

УДК 504.5(07)

ББК 20.1

Ц 59

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения
высшего образования
«Майкопский государственный технологический университет»
в поселке Яблоновском**

Кафедра экономических, гуманитарных и естественнонаучных дисциплин

Цикуниб С.М.

Методические указания

по выполнению практических работ по дисциплине
«Защита окружающей среды от химических загрязнений»

для студентов всех форм обучения
по специальности 20.05.01 – Пожарная безопасность

поселок Яблоновский
2015

Рецензенты:

Авагян Ю.Г. к.т.н., доцент кафедры торговли и общественного питания, Краснодарский филиала ФБГОУ ВО «РЭУ» им. Г.В.Плеханова

Балашова И.Ю. Заместитель директора по УВР филиала ФГБОУ ВО «МГТУ» в п. Яблоновском, к.э.н., доцент.

Составитель - к.т.н., доцент Цикуниб С.М.

Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине «Защита окружающей среды от химических загрязнений» для студентов всех форм обучения по специальности 20.05.01 – Пожарная безопасность: Цикуниб С.М. Майкоп. гос. технол. ун-т. Кафедра экономических, гуманитарных и естественнонаучных дисциплин – пос. Яблоновский: Изд. Филиал Майкоп.гос. технол. ун-т в пос. Яблоновском, 2015. Режим доступа: <http://mkgtu.ru>.

Настоящие методические указания разработаны на кафедре экономических, гуманитарных и естественнонаучных дисциплин, предназначено для студентов всех форм обучения по специальности 20.05.01 – Пожарная безопасность.

Цель методических указаний - оказать учебно-методическую помощь специалистам, для повышения качества усвоения учебного материала и формирования устойчивых компетенций по дисциплине «Защита окружающей среды от химических загрязнений».

Печатается по решению научно-методической комиссии по специальности «20.05.01 – Пожарная безопасность», протокол №1 от 28.08.2015

Содержание

Введение.....	4
1. Практическая работа №1 «Методы защиты окружающей среды».....	4
2. Практическая работа №2 «Методы очистки пылевоздушных выбросов».....	7
3. Практическая работа №3 «Классификация способов очистки сточных вод».....	17
4. Практическая работа №4 «Методы защиты литосферы».....	19
5. Практическая работа №5 «Гидромеханические процессы очистки газовых выбросов и жидкостных сбросов».....	20
Заключение.....	25
Список использованной литературы.....	25

Введение

Защита окружающей среды является составной частью концепции устойчивого развития человеческого общества, означающей длительное непрерывное развитие, обеспечивающее потребности ныне живущих людей без ущерба удовлетворению потребностей будущих поколений. Концепция устойчивого развития не сможет реализоваться, если не будут разработаны конкретные программы действий по предотвращению загрязнения окружающей среды, включающие в себя также организационные, технические и технологические разработки по развитию ресурсо-, энергосберегающих и малоотходных технологий, снижению газовых выбросов и жидкостных сбросов, переработки и утилизации хозяйственных отходов, уменьшению энергетического воздействия на окружающую среду, усовершенствованию и использованию средств защиты окружающей среды.

Практическая работа №1 «Методы защиты окружающей среды»

Цель работы: познакомиться с методами защиты окружающей среды

Организационно-технические методы охраны окружающей среды можно условно разделить на активные и пассивные методы.

Активные методы защиты окружающей среды представляют собой технологические решения по созданию ресурсосберегающих и малоотходных технологий.

Пассивные методы защиты окружающей среды делятся на две подгруппы:

- 1) рациональное размещение источников загрязнения;
- 2) локализация источников загрязнения.

Рациональное размещение предполагает территориальное рациональное размещение объектов экономики, снижающее нагрузку на окружающую среду, а локализация по существу является флегматизацией источников загрязнений и средством снижения их выбросов. Локализация достигается применением различных средозащитных технологий, технических систем и устройств.

В основе многих средозащитных технологий лежат физические и химические превращения. В физических *процессах* изменяются лишь форма, размеры, агрегатное состояние и другие физические свойства веществ. Их строение и химический состав сохраняются. Физические процессы доминируют

при дроблении, измельчении полезных ископаемых, в различных способах обработки металлов давлением, при сушке и в других аналогичных случаях.

Химические процессы изменяют физические свойства исходного сырья и его химический состав. С их помощью получают металлы, спирты, удобрения, сахара и т.п., которые в чистом виде в сырье не присутствуют.

Специфическую группу составляют *биохимические процессы* - химические превращения, протекающие с участием субъектов живой природы. Биохимические процессы составляют основу жизнедеятельности всех живых организмов растительного и животного мира. На их использовании построена значительная часть сельскохозяйственного производства и пищевой промышленности, например, биотехнология.

В зависимости от основных закономерностей, характеризующих протекание средозащитных процессов, последние подразделяют на следующие группы:

- механические;
- гидромеханические;
- массообменные,
- химические;
- физико-химические;
- тепловые процессы;
- биохимические и др.

В отдельную группу выделены процессы защиты от энергетических воздействий, в основном базирующиеся на принципах отражения и поглощения избыточной энергии основных технологических процессов природопользования.

К механическим процессам, основой которых является механическое воздействие на твердые и аморфные материалы, относят измельчение (дробление), сортирование (классификация), прессование и смешивание сыпучих материалов. Движущей силой этих процессов являются силы механического давления или центробежная сила.

К гидромеханическим процессам, основой которых является гидростатическое или гидромеханическое воздействие на среды и материалы, относят перемешивание, отстаивание (осаждение), фильтрование, центрифугирование. Движущей силой этих процессов является гидростатическое давление или центробежная сила.

К массообменным (диффузионным) процессам, в которых большую роль наряду с теплопередачей играет переход вещества из одной фазы в другую за счет диффузии, относят абсорбцию, адсорбцию, десорбцию, экстрагирование, ректификацию, сушку и кристаллизацию. Движущей силой этих процессов

является разность концентраций переходящего вещества во взаимодействующих фазах.

Химические процессы, протекающие с изменением физических свойств и химического состава исходных веществ, характеризуются пре-вращением одних веществ в другие, изменением их поверхностных и межфазных свойств. К этим процессам можно отнести процессы катализа, нейтрализации, окисления и восстановления. Движущей силой химических процессов является разность химических (термодинамических) потенциалов.

Физико-химические процессы характеризуются взаимосвязанной совокупностью химических и физических процессов. К физико-химическим процессам разделения, основой которых являются физико-химические превращения веществ, можно отнести коагуляцию и флокуляцию, флотацию, ионный обмен, обратный осмос и ультрафильтрацию, дезодорацию и дегазацию, электрохимические методы, в частности, электрическую очистку газов. Движущей силой этих процессов является разность физических и термодинамических потенциалов разделяемых компонентов на границах фаз.

К тепловым процессам, основой которых является изменение теплового состояния взаимодействующих сред, относят нагревание, охлаждение, выпаривание и конденсацию.

Биохимические процессы, в основе которых лежат каталитические ферментативные реакции биохимического превращения веществ в процессе жизнедеятельности микроорганизмов, характеризуются протеканием биохимических реакций и синтезом веществ на уровне живой клетки. Движущей силой этих процессов является энергетический уровень (потенциал) живых организмов.

Указанная классификация не является жесткой и неизменной. В реальной действительности многие процессы осложнены протеканием смежно-параллельных процессов. Например, массообменные и химические процессы часто сопровождаются тепловыми процессами. Так, ректификацию, сушку и кристаллизацию можно отнести к комбинированным тепло-массообменным процессам. Процессы абсорбции, адсорбции часто сопровождаются химическими превращениями. Химические процессы нейтрализации и окисления можно одновременно рассматривать как массообменные процессы. Биохимические процессы сопровождаются одновременно тепло- и массообменом, а физико-химические процессы - массообменными процессами.

Практическая работа №2

«Методы очистки пылевоздушных выбросов»

Цель работы: познакомиться с методами очистки пылевоздушных выбросов

Под обезвреживанием газовых выбросов понимают отделение от газа или превращение в безвредное состояние загрязняющих примесей.

Дисперсные загрязнители в отличие от газообразных фиксируются в атмосфере визуально уже при небольших концентрациях. Поэтому отсутствие шлейфа взвешенных частиц и прозрачность выброса являются простейшими критериями его чистоты. Вероятно, по той же причине представление об очистке выбросов как исключительно о пыле- или золоулавливании, бытует иногда даже в кругах специалистов, занимающихся проблемами экологии.

Полвека назад подобное решение проблемы защиты воздушного бассейна казалось вполне состоятельным. Трагический опыт катастроф последних десятилетий на химических и радионуклидных производствах показал, что в самом прозрачном выбросе может таиться смертельная угроза. Однако этот опыт пока не нашел должного отражения в технической литературе и практике проектирования.

Обезвреживание выбросов предполагает либо удаление вредных примесей из инертного газа-носителя, либо превращение их в безвредные вещества. Оба принципа могут быть реализованы через различные физические и химические процессы, для осуществления которых требуются определенные условия. Расчеты процессов и аппаратов пылегазоочистки при их проектировании должны быть направлены на создание условий, обеспечивающих максимально полное обезвреживание выбросов.

Для обезвреживания аэрозолей (пылей и туманов) используют сухие, мокрые и электрические методы.

В основе сухих методов лежат гравитационные, инерционные, центробежные механизмы осаждения или фильтрационные механизмы.

При использовании мокрых методов очистка газовых выбросов осуществляется путем тесного взаимодействия между жидкостью и запыленным газом на поверхности газовых пузырей, капель или жидкой пленки. Электрическая очистка газов основана на ионизации молекул газа электрическим разрядом и электризации взвешенных в газе частиц.

При обработке выбросов, содержащих твердые аэрозольные загрязнители, низких величин проскока (1...2% и менее) можно достичь, как правило, только двухступенчатой очисткой. Для предварительной очистки могут быть применены жалюзийные решетки и циклонные аппараты (иногда

для небольших выбросов - пылеосадительные камеры), а для окончательной - пористые фильтры, электрофильтры или мокрые пылеосадители.

Жидкие аэрозоли (туманы) могут быть скоагулированы посредством изменения параметров состояния (охлаждения и повышения давления) с целью осаждения в последующем с использованием как правило мокрых способов улавливания в мокрых скрубберах, пористых и электрических фильтрах, в абсорберах.

Мокрые способы очистки твердых и жидких аэрозолей имеют существенный недостаток - необходимость отделения уловленного загрязнителя от улавливающей жидкости. По этой причине мокрые способы следует применять только при отсутствии других методов очистки, отдавая предпочтение способам с минимальным расходом жидкости.

Невозможно указать точные границы применимости тех или иных физических и химических процессов к какому-либо из принципов обезвреживания выбросов или строго соотнести их с определенными агрегатными состояниями загрязнителей. Так, процессы гравитационного и инерционного осаждения дисперсной части выбросов могут быть использованы и для отделения газов с высокой плотностью, например, галогенидов тяжелых металлов. В то же время процессы охлаждения и конденсации, широко используемые для газоразделения, применяются и для укрупнения субмикронных конденсационных аэрозолей ("вымораживание" полициклических ароматических углеводородов, коагуляция туманов).

Проблемы, возникающие при разработке и проектировании очистных систем, тесно связаны и со всеобщими законами (цикличность, безотходность и др.), и с конкретными закономерностями природных технологий. Так, например, взвешенные частицы могут оседать под влиянием гравитационных, инерционных, когезионных, электростатических и других сил. Вклад каждой из них в результирующее действие зависит от большого числа факторов, связанных с параметрами частиц, среды, конструктивными особенностями аппаратов. Возможности математического аппарата недостаточны для всестороннего количественного учета характеристик реальных процессов. Многие из факторов взаимосвязаны, а результирующие зависимости имеют настолько сложный характер, что не всегда удается найти логическое объяснение полученным результатам. Поэтому даже в расчетах простейших очистных устройств - пылеосадительных камер и жалюзийных решеток, приходится основываться на экспериментальные данные и производственный опыт.

Наиболее сложны для очистки выбросы, загрязнители которых представляют многофазную систему. Поскольку большинство современных

очистных аппаратов не приспособлено для одновременного обезвреживания дисперсных и гомогенных загрязнителей, то в общем случае подобные выбросы должны пройти последовательно 4 стадии обработки: предварительную и тонкую очистку от аэрозоля и затем предварительное и окончательное обезвреживание газообразного загрязнителя. В частности, если газообразный загрязнитель хорошо растворяется в воде, может быть организована предварительная обработка выбросов мокрыми способами, которая позволит понизить концентрации как дисперсных, так и гомогенных загрязнителей.

Если твердые или жидкие аэрозоли по элементному составу не содержат других элементов, кроме углерода, водорода и кислорода (пыль растительного происхождения, шерстяные волокна, туманы минеральных масел и др.), то они могут быть обезврежены в одну стадию - непосредственным сжиганием в топках котлов и печей.

Способы очистки газовых выбросов

Дисперсные и газовые загрязнители нередко являются следствием одних производственных процессов, вместе перемещаются в коммуникациях, тесно взаимодействуют в очистных аппаратах и атмосфере, совместно наносят ущерб окружающей среде и человеку. Поэтому необходимо учитывать весь комплекс присутствующих в технологическом выбросе загрязнителей. Нельзя принимать за средство очистки запыленных газов пылесадительное устройство, выбрасывающее в атмосферу вредные газообразные вещества. Недопустимы и такие средства, в которых обезвреживание исходных газовых загрязнителей сопровождается образованием и выбросом ядовитых туманов и дымов других веществ.

Судя по составам реальных отбросных газов и масштабам загрязнения окружающей среды, разрабатывать устройства пылеочистки без учета газообразных загрязнителей возможно только для вентиляционных выбросов механических цехов. Выбросы практически всех других производств требуют удаления и дисперсных и газовых загрязнителей, причем иногда это можно сделать в одном очистном устройстве.

1) Для обезвреживания выбросов по принципу удаления токсичных примесей наряду с физическими удачно используются и химические процессы. Посредством последних можно изменять в широких пределах физические свойства примесей (например, превращая исходные газообразные загрязнители в соединения с высокой температурой кипения) с целью облегчения их дальнейшего улавливания.

2) Для реализации второго принципа обезвреживания - превращения загрязнителей в безвредные вещества необходимо сочетание химических и физических процессов. С этой целью чаще всего используются процессы

термической деструкции и термического окисления. Они применимы для загрязнителей всех агрегатных состояний, но ограничены составом обрабатываемого вещества.

Термической обработке с целью обезвреживания могут быть подвергнуты лишь вещества, молекулы которых состоят из атомов углерода, водорода и кислорода. В противном случае установки термообезвреживания переходят в разряд источников загрязнения атмосферы, и нередко - крайне опасных.

Классификация средств обезвреживания газообразных загрязнителей заключается в разделении по применяемым процессам. В основном для газоочистки используются средства химической технологии. Поэтому классификация средств обезвреживания выбросов практически совпадает с классификацией процессов и аппаратов химической промышленности, вырабатывающих вредные выбросы как отходы основного производства.

Для обезвреживания отходящих газов от газо- и парообразных токсичных веществ применяют методы:

- ✓ абсорбционные,
- ✓ адсорбционные,
- ✓ каталитические,
- ✓ термические,
- ✓ конденсационные.

Абсорбционные методы основаны на поглощении газов или паров жидкими поглотителями. Адсорбционные методы основаны на поглощении примесей твердыми пористыми телами. Каталитические методы очистки основаны на химических превращениях токсичных примесей в нетоксичные на поверхности твердых катализаторов. Термические методы основаны на сжигании горючих вредных примесей. В основе конденсационных методов лежит явление уменьшения давления насыщенного пара растворителя при понижении температуры.

С целью улавливания газообразных примесей применяют процессы конденсации, сорбции (абсорбции и адсорбции), хемосорбции, а превращают загрязнители в безвредные соединения посредством термохимических (термическая деструкция, термическое и термокаталитическое окисление) и химических процессов. Соответствующие аппараты называются конденсаторами, абсорберами, адсорберами, установками (печами) термодеструкции (пиролиза, крекинга, риформинга), термоокисления (дожигания), термокаталитическими установками (печами, реакторами), химическими реакторами.

Для очистки выбросов от газообразных загрязнителей чаще всего применяют методы конденсации, абсорбции, адсорбции и

термообезвреживания. Если температура кипения загрязнителей при атмосферном давлении невысока (ориентировочно ниже 100°C), то глубокая очистка посредством охлаждения и повышения давления потребует чрезмерно высоких расходов энергии, и конденсационную очистку можно использовать только как предварительную. Абсорбционной обработке могут быть подвергнуты выбросы, загрязнители которых хорошо растворяются в абсорбенте. Если при этом концентрация загрязнителя в выбросах превышает $(1...2) \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$, то технически возможно достичь степени очистки более 90%.

В качестве абсорбента чаще всего используются вода или органические жидкости, кипящие при высокой температуре. В аппаратах с органическими абсорбентами можно обрабатывать выбросы, не содержащие твердых примесей, которые практически не поддаются отделению от поглотительной жидкости. Для некоторых газовых загрязнителей можно успешно применить химическую абсорбцию (хемосорбцию) - процесс, в котором подлежащий удалению загрязнитель вступает в химическую реакцию с поглотителем и образует нейтральное или легко удаляемое из процесса соединение. Такие процессы специфичны и разрабатываются конкретно для каждого вида выбросов и набора загрязнителей.

Самым универсальным средством очистки выбросов от газообразных загрязнителей на настоящее время остается адсорбция, а наиболее универсальным адсорбентом - активированный уголь. Посредством адсорбции принципиально возможно извлечь из выбросов любой загрязнитель в широком диапазоне концентраций. Однако высококонцентрированные загрязнители (ориентировочно с концентрациями более $5 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$) удобнее подвергать предварительной обработке (конденсацией, абсорбцией) для снижения их концентраций. Необходима также предварительная обработка (осушка) сильно увлажненных газов.

К сожалению, часто в качестве универсального средства очистки выбросов рассматривается термообезвреживание, каковым оно на самом деле не является. В термоокислительных процессах необратимо теряется качество воз-духа, использованного для горения, а продукты окисления, выбрасываемые в атмосферу, содержат некоторое количество новых токсичных веществ - оксида углерода CO и оксидов азота NO. Вообще область применения термообезвреживания ограничена только соединениями, в молекулах которых нет других элементов, кроме углерода C, водорода H и кислорода O. Получить нетоксичные продукты реакции любых других соединений с кислородом принципиально невозможно. Термоокислительная обработка выбросов, загрязненных углеводородами или КПУ (кислородными производными

углеводородов), ограничивается также по затратам топлива на создание требуемых температур в зоне реакции (400...550°C для термокаталитической обработки и 800...1200°C для непосредственного термоокисления, т.е. сжигания в пламени). Чтобы обеспечить максимальное окисление исходных загрязнителей до относительно нейтральных CO_2 и H_2O , процесс термообезвреживания должен быть полностью контролируемым. Поэтому он должен осуществляться в топочных устройствах, соответствующих по параметрам расчетным условиям, обеспечивающим полное окисление загрязнителей. По этой же причине сжигание органических соединений в открытом пламени не может быть отнесено к способу термического обезвреживания. Канцерогенная копоть факелов химических предприятий, с легкостью преодолевающая санитарно-защитную зону, показывает, что это серьезный источник загрязнения окружающей среды, а не средство защиты атмосферы.

К перспективным способам обработки больших объемов выбросов с невысокими концентрациями органических газообразных загрязнителей можно отнести схему термообезвреживания с предварительным концентрированием загрязнителей посредством адсорбции. Такая схема может быть технически и экономически приемлемой при начальной концентрации загрязнителя выше 50 мг/м³. Теплоту, выделяющуюся при сгорании загрязнителей, можно достаточно легко утилизировать. Если концентрация горючих загрязнителей может быть доведена ориентировочно до $(5...6) \cdot 10^3$ кг/м³, то термообработку можно организовать с незначительным добавлением топлива, а при более высоких концентрациях можно ожидать и экономической эффективности работы установки.

Представляются перспективными способы обработки отбросных газов, основанные на переводе парообразных загрязнителей в конденсированное состояние и последующей фильтрации образовавшегося аэрозоля. Если загрязнители имеют невысокое давление насыщенных паров, то может быть приемлемой конденсация посредством повышения давления и понижения температуры выбросов. Пары загрязнителей легкокипящих веществ могут быть подвергнуты обработке химическими реагентами таким образом, чтобы продукты реакции имели низкие давления насыщенных паров. При этом способы химической обработки необходимо подбирать так, чтобы была возможна утилизация улавливаемого продукта.

В практике газоочистки применяют три основных способа очистки выбросов в атмосферу от вредных паров и газов: абсорбция жидкостями, адсорбция твердыми поглотителями, каталитические методы очистки.

Абсорбция — избирательное поглощение одного или нескольких компонентов из газовой смеси жидкими поглотителями.

Газовую среду, из которой извлекают компонент, называют *газом-носителем*, жидкий поглотитель — *абсорбентом*, поглощаемый компонент — *абсорбтивом*.

Скорость абсорбции зависит от ряда факторов, главным образом, давления и температуры. С ростом давления и температуры скорость абсорбции повышается.

Процесс, обратный абсорбции, называется *десорбцией*. Если изменяются условия, например, происходит понижение давления над жидкостью или снижается температура, процесс становится обратимым и происходит выделение газа из жидкости. Таким образом, может быть осуществлен циклический процесс абсорбции-десорбции. Это позволяет выделить поглощенный компонент. Сочетая абсорбцию с десорбцией, можно многократно использовать почти без потерь жидкий поглотитель (абсорбент) в замкнутом контуре аппаратов: абсорбер-десорбер-абсорбер (круговой процесс), выделяя поглощенный компонент в чистом виде.

Абсорбционную очистку выбросов в атмосферу применяют как для извлечения ценного компонента из газа, так и для санитарной очистки газа. Считают, что целесообразно применять абсорбцию, если концентрация данного компонента в газовом потоке составляет свыше 1 %.

Абсорбция — наиболее распространенный процесс очистки газовых смесей во многих отраслях, например, в химической промышленности. Абсорбцию широко применяют для очистки выбросов от сероводорода, других сернистых соединений, паров соляной, серной кислот, цианистых соединений, органических веществ (фенола, формальдегида и др.).

Различают абсорбцию физическую и химическую. При физической абсорбции молекулы абсорбента и молекулы абсорбтива не вступают между собой в химическое взаимодействие. При химической абсорбции молекулы абсорбента вступают в химическую реакцию с молекулами абсорбтива, образуя новое химическое соединение.

Процесс абсорбции осуществляется в специальных аппаратах — абсорберах. Для интенсификации процесса абсорбции необходимы аппараты с развитой поверхностью контакта абсорбента с газом-носителем.

Адсорбция — процесс избирательного поглощения одного или нескольких компонентов из газовой среды с помощью адсорбентов — твердых материалов с большой удельной поверхностью.

Газовая среда, из которой происходит поглощение компонента, называется газом-носителем, твердое вещество, поглощающее компонент —

адсорбентом, поглощаемое вещество — *адсорбтивом*, поглощенное вещество — *адсорбатом*.

Различают физическую и химическую адсорбцию (хемосорбцию). При *физической* адсорбции между молекулами адсорбента и молекулами адсорбируемого вещества не происходит химического взаимодействия. Процесс физической адсорбции может быть обратимым, т. е. чередуются стадии *адсорбции* и *десорбции* (выделения поглощенного компонента из адсорбента).

При *химической* адсорбции молекулы адсорбента и адсорбтива химически взаимодействуют. Десорбция практически неосуществима.

При химической адсорбции выделяется значительно больше теплоты, чем при физической адсорбции.

Ниже рассматривается физическая адсорбция, находящая применение в промышленности в значительной мере из-за возможности осуществить обратный процесс (десорбцию).

Каталитические методы очистки основаны на взаимодействии удаляемых веществ с вводимым в очищаемую газовую среду веществом в присутствии катализатора. В результате реакций находящиеся в газе примеси превращаются в другие соединения, представляющие меньшую опасность, или легко отделяются от газа.

Благодаря применению катализаторов можно достичь высокой степени очистки газа, достигающей в ряде случаев 99,9 %. Каталитическая очистка применяется в основном при небольшой концентрации удаляемого компонента в очищаемом газе.

Каталитическая очистка позволяет обезвреживать оксиды азота, оксид углерода, другие вредные газовые загрязнения.

Катализатор должен обладать активностью, пористой структурой, а также стабильностью, селективностью, прочностью. Под стабильностью понимают устойчивость к длительному воздействию температуры и компонентов газовой смеси. Основное достоинство каталитических методов очистки: возможность достижения высокой степени очистки. При температуре 100...150°C процессы рассматриваются как необратимые, что позволяет получать газ с весьма низким содержанием примесей.

Основные недостатки: обычно установки для каталитической очистки сложны, громоздки; в качестве эффективных катализаторов приходится применять дорогостоящие вещества — платину, палладий, рутений; используют и более дешевые — никель, хром, медь, но они менее эффективны. В целом наблюдается тенденция расширения применения каталитической очистки. Эти методы нуждаются в дальнейшем совершенствовании.

Дожигание представляет собой метод очистки газов путем термического окисления углеводородных компонентов до CO_2 и H_2O . В ходе процесса дожигания другие компоненты газовой смеси, например, галоген- и серосодержащие органические соединения, также претерпевают химические изменения и в новой форме могут эффективно удаляться или извлекаться из газовых потоков.

Очевидно, что возможность дальнейшей переработки отходов средствами основной технологии весьма ограничена, чем изначально предопределяется невысокое качество очистки выбросов. Такой подход к проблеме требует существенного пересмотра. Одним из действенных шагов могло бы стать включение операций обезвреживания отходов в основной технологический процесс, как лимитирующих количество и качество выпускаемой продукции.

Неограниченный рост ассортимента и объема производимой в современном мире продукции ведет к усложнению и удорожанию технологий обработки отходов. Можно предполагать, что уже в ближайшем будущем станут вполне приемлемыми по затратам методы, используемые сегодня в малотоннажных производствах - газоразделение посредством хроматографирования на молекулярных ситах, центрифугирования тяжелых компонентов, термодиффузии, обезвреживание загрязнителей плазменной деструкцией.

Методы очистки воздуха от вредных веществ (пыли, газов и аэрозолей).
Сооружения и установки.

В целях профилактики неблагоприятного воздействия вредных веществ на организм человека и состояния санитарно-гигиеничных условий среды, используют:

- максимально возможную герметизацию источников выделения вредных веществ.
- вентиляцию
- автоматизацию и механизацию технологических процессов.
- уборку помещения и оборудования от осевшей пыли
- контроль содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны в сроки установленные госсанэпидемнадзором.
- обеспечение работающих средствами индивидуальной
- защиты органов дыхания, кожного покрова и др.

Вентиляция — организованный воздухообмен, который обеспечивает удаление из помещения воздуха, загрязненного избыточным теплом и вредными веществами и тем самым нормализует воздушную среду в помещении.

Работоспособность системы вентиляции определяется показателем кратности воздухообмена (K).

$K = V/V_n$, где

V - кол-во воздуха, удаляемого из помещения в течение часа [$\text{м}^3/\text{ч}$]

V_n - объем помещения, м^3

$K = [1/\text{ч}]$

Классификация систем вентиляции

1. По принципу организации воздухообмена

2. По способу подачи воздуха

1. Естественная

- ветровой напор;

- тепловой напор

2. Механическая

- приточная;

- вытяжная;

- приточно-вытяжная

3. Смешанная

- естественная + механическая

3. По принципу организации воздухообмена

1. Общеобменная

2. Местная

Для обеспечения естественной вентиляции в лабораториях используются устройство, называемое **диффлектором** (ветровой напор).

Система очистки воздуха

Для системы вытяжной вентиляции. В системе приточной вентиляции обеспечивает защиту работающих и создание условий для эксплуатации ВТ, а в системе вытяжной вентиляции устройство обеспечивает защиту воздуха населенных мест от вредных воздействий.

В зависимости от использования средств, **очистку подразделяют** на:

- грубую (концентрация более $100 \text{ мг}/\text{м}^3$ вредных в-в);
- среднюю (концентрация $100 - 1 \text{ мг}/\text{м}^3$ вредных в-в);
- тонкую (концентрация менее $1 \text{ мг}/\text{м}^3$ вредных в-в).

Очистку воздуха от пыли и создание оптимальных параметров микроклимата на РМ, обеспечивает система **кондиционирования**.

Очистка воздуха, удаляемого из помещения, осуществляется с помощью 2-х типов устройств:

- пылеуловители; - фильтры.

Очистка воздуха при использовании пылеуловителя осуществляется за счет действия сил тяжести и сил инерции.

По конструктивным особенностям пылеуловители бывают:

- циклонные;
- инерционные;
- пылеосадительные камеры.

Фильтры — устройства, в которых для очистки воздуха используются материалы (пр-во), способные осаживать или задерживать пыль.

- бумажные; тканевые; электрические; ультрозвуковые; масляные; гидравлические; комбинированные

Способы очистки воздуха

1. Механические (пыли, туманов, масел, газообразных примесей)
 1. Пылеуловители;
 2. Фильтры
2. Физико-химические (очистка от газообразных примесей)
 1. Сорбция
 1. адсорбция (актив. уголь);
 2. абсорбция (жидкость)
 2. Каталитические (обезвреживание газообразных примесей в присутствии катализатора)

Контроль параметров воздушной среды

Осуществляется с помощью приборов:

- Термометр (температура);
- Психрометр (относительная влажность);
- Анемометр (скорость движения воздуха);
- Актинометр (интенсивность теплового излучения);

Газоанализатор (концентрация вредных веществ).

Практическая работа №3 **«Классификация способов очистки сточных вод»**

Цель работы: изучить классификацию способов очистки сточных вод.

Для создания замкнутых систем водоснабжения промышленные сточные воды подвергаются очистке до необходимого качества механическими, химическими, физико-химическими, биологическими и термическими методами. Указанные методы очистки подразделяются на рекуперационные и деструктивные. Рекуперационные методы предусматривают извлечение из сточных вод и дальнейшую переработку всех ценных веществ. В деструктивных методах загрязняющие вещества подвергаются разрушению

путем окисления или восстановления, а продукты разрушения удаляются из воды в виде газов или осадков.

Основные методы очистки различной природы используются как для очистки сточной воды от суспендированных и эмульгированных примесей, так и для очистки от растворенных примесей. В свою очередь, первая группа очистки гетерогенных систем подразделяется на методы очистки от грубодисперсных примесей, куда входят способы отстаивания, процеживания и фильтрации, флотации, центробежного осаждения; и на методы очистки от мелкодисперсных примесей путем коагуляции, флокуляции и электрофлотации.

В первую группу также можно отнести методы устранения и уничтожения примесей путем закачки в скважины, захоронения и термического уничтожения.

Вторая группа включает методы очистки воды от минеральных примесей путем дистилляции, ионного обмена, обратного осмоса, электролиза; методы очистки от органических примесей, включающие регенеративные способы экстракции, ректификации, адсорбции, обратного осмоса и ультрафильтрации, и деструктивные способы: биохимические, жидко- и парофазного окисления, радиационного и электрохимического окисления; а также методы очистки от растворенных газов, включая способы отдувки, нагрева и реагентные.

Механические методы удаления взвешенных частиц из сточных вод основаны на законах гидромеханических процессов. Физико- химические методы очистки сточных вод используют для удаления из сточных вод тонкодисперсных твердых и жидких взвешенных частиц, растворимых газов, минеральных и органических веществ. Механизмы этих методов основаны на использовании законов физико- химической гидромеханики, физической и коллоидной химии, электрохимии, процессов химической технологии.

Химические методы применяют для удаления растворимых веществ в замкнутых системах водоснабжения. Биохимические методы применяют для очистки хозяйственно- бытовых и промышленных сточных вод от растворенных органических и неорганических веществ. Процесс биохимической очистки основан на способности микроорганизмов использовать загрязняющие вещества для своего питания в процессе жизнедеятельности.

Термические методы применяют для обезвреживания сточных вод, содержащих минеральные соли.

Выбор метода очистки производится с учетом санитарных и технологических требований к качеству очищенных вод, количества сточных вод, наличия необходимых энергетических и материальных ресурсов, эффективности процесса обезвреживания.

Практическая работа №4

«Методы защиты литосферы»

Цель работы: изучить методы защиты литосферы.

Защита литосферы включает не только утилизацию отходов путем их размещения на полигонах и свалках, но и переработку жидких и твердых отходов с использованием различных методов. Механическое обезвреживание осадков промышленных стоков может производиться экстенсивными и интенсивными методами. Экстенсивные методы осуществляются в различного рода уплотнителях, интенсивное обезвреживание и сгущение производится при помощи фильтрования, центрифугирования, гидроциклонирования и т.п.

В практике обработки осадков промышленных сточных вод чаще всего применяются химические (реагентные) методы обработки.

При использовании термоокислительного метода все органические вещества, загрязняющие сточные воды, полностью окисляются кислородом воздуха при высоких температурах до нетоксичных соединений. К этим методам относят метод *жидкофазного окисления*, метод *парофазного каталитического окисления* и *пламенный* или «огневой» метод.

Относительно широкое распространение в области обработки осадков городских сточных вод получила сушка (барабанные сушилки, сушка во встречных струях).

Многие процессы утилизации твердых отходов основаны на использовании методов выщелачивания (экстрагирования), растворения и кристаллизации перерабатываемых материалов.

В практике рекуперации твердых отходов промышленности используют методы обогащения перерабатываемых материалов: гравитационные, магнитные, электрические, флотационные, и специальные.

При утилизации и переработке твердых отходов используют различные методы термической обработки исходных твердых материалов и полученных продуктов: это различные приемы пиролиза, переплава, обжига и огневого обезвреживания (сжигания) многих видов твердых отходов на органической основе.

Практическая работа №5

«Гидромеханические процессы очистки газовых выбросов и жидкостных сбросов»

Цель работы: изучить классификацию процессов очистки газовых выбросов и жидкостных сбросов.

Основные закономерности движения и осаждения аэрозолей

В основу действия пылеулавливающих и сепарационных устройств положен определенный физический механизм. В пылеуловителях и сепарационных устройствах находят применение следующие способы отделения взвешенных частиц от взвешивающей среды, т. е. воздуха (газа): осаждение в гравитационном поле, осаждение под действием сил инерции, осаждение в центробежном поле, фильтрование, осаждение в электрическом поле, мокрая газоочистка и др.

Гравитационное осаждение. Частицы аэрозоля осаждаются из потока загрязненного газа (воздуха) под действием силы тяжести. Для этого необходимо создать соответствующий режим движения загрязненного газа в аппарате с учетом размера частиц, их плотности и т. д.

Инерционное осаждение. Инерционное осаждение основано на том, что частицы аэрозоля и взвешивающая среда ввиду значительной разности плотностей обладают различной инерцией. Частицы аэрозоля, двигаясь по инерции, отделяются от газовой среды.

Осаждение под действием центробежной силы. Происходит при криволинейном движении пылегазового потока. Под действием возникающих центробежных сил частицы аэрозоля отбрасываются на периферию аппарата и осаждаются.

Эффект зацепления при фильтровании. Частицы аэрозоля, взвешенные в воздушной (газовой) среде, задерживаются в узких извилистых каналах и порах при прохождении аэрозольного потока через фильтровальные материалы.

Осаждение в электрическом поле. Проходя электрическое поле, частицы аэрозоля получают заряд. Двигаясь к электродам противоположного знака, они осаждаются на них.

Мокрая газоочистка. Смачивание поверхности элементов аппаратов водой или другой жидкостью способствует задержанию частиц на данной поверхности.

В практике пылеулавливания и сепарации аэрозольных частиц находят применение и другие методы: *термофорез, фотофорез, укрупнение частиц в акустическом поле, воздействие магнитного поля, биологическая очистка* и др.

В пылеулавливающем и сепарационных устройстве, наряду с основным механизмом улавливания, обычно используются и другие закономерности. Благодаря этому общая и фракционная эффективность аппарата достигает более высокого уровня.

Фильтрация сточных вод

В процессе очистки сточных вод приходится иметь дело с большим количеством воды, поэтому применяют фильтры, для работы которых не требуется высоких давлений. Исходя из этого, используют фильтры с сетчатыми элементами (микрофильтры и барабанные сетки) и фильтры с фильтрующим зернистым слоем.

Механизм извлечения частиц из воды на фильтрах с зернистой перегородкой:

- 1) процеживание с механическим извлечением частиц;
- 2) гравитационное осаждение;
- 3) инерционное захватывание;
- 4) химическая адсорбция;
- 5) физическая адсорбция;
- 6) адгезия;
- 7) коагуляционное осаждение;
- 8) биологическое выращивание.

В общем случае эти механизмы могут действовать совместно и процесс фильтрации состоит из 3-х стадий:

- 1) перенос частиц на поверхность вещества, образующего слоя;
- 2) прикрепление к поверхности;
- 3) отрыв от поверхности.

По характеру механизма задерживания взвешенных частиц различают 2 вида фильтрации:

- 1) фильтрация через пленку (осадок) загрязнений, образующихся на поверхности зерен загрузки;
- 2) фильтрация без образование пленки загрязнений.

В первом случае задерживаются частицы, размер которых больше пор материала, а затем образуется слой загрязнений, который является также фильтрующим материалом. Такой процесс характерен для медленных фильтров, которые работают при малых скоростях фильтрации. Во втором случае фильтрация происходит в толще слоя загрузки, где частицы задерживаются на зернах фильтрующего материала адгезионными силами. Такой процесс характерен для скоростных фильтров. Величина сил адгезии зависит от крупности и формы зерен, от шероховатости поверхности и ее

химического состава, от скорости потока и температуры жидкости, от свойств примесей.

Прилипшие частицы постоянно испытывают влияние движущегося потока, который срывает их с поверхности фильтрующего материала. При равенстве числа частиц, поступающих в единицу времени на поверхность фильтрующего слоя и покидающих ее, наступает насыщение поверхности и она перестает осветлять сточные воды.

Взвешенные вещества при прохождении через слой материала уменьшают порозность и изменяют поверхность. Сопротивление фильтрующего слоя возрастает по мере прохождения сточной воды.

Фильтры с зернистым слоем подразделяют на *медленные* и *скоростные*, открытые и закрытые. Высота слоя в открытых фильтрах равна 1...2 м, в закрытых 0,5...1 м. Напор воды в закрытых фильтрах создается насо-сами.

Медленные фильтры используют для фильтрования некоагулируемых сточных вод. Скорость фильтрования зависит в них от концентрации взвешенных частиц: до 25 мг/л скорость принимают 0,2...0,3 м/ч; при 25...30 мг/л – 0,1...0,2 м/ч.

Скоростные фильтры бывают одно и многослойными. У однослойного фильтра слой состоит из одного и того же материала, у многослойных – из различных материалов (например, из антрацита и песка).

Выбор типа фильтра для очистки сточных вод зависит от количества фильтруемых вод, концентрации загрязнений и степени их дисперсности,

физико-химических свойств твердой и жидкой фаз и от требуемой степени очистки.

Процессы мокрой газоочистки

Процесс мокрого пылеулавливания основан на контакте запыленного газового потока с жидкостью, которая захватывает взвешенные частицы и уносит их из аппарата в виде шлама.

Технологический анализ, ведущий к разработке моделей функционирования газоочистных устройств, базируется на представлениях о механизмах процессов. Механизмы процессов - это основные варианты контактов газ - жидкость, при которых происходит удаление частиц из газа. Существуют следующие механизмы процессов:

- 1) улавливание каплями жидкости, двигающимися через газ;
- 2) улавливание цилиндрами (обычно твердыми, типа проволок);
- 3) улавливание пленками жидкости (обычно текущими по твердым поверхностям);
- 4) улавливание в пузырях газа (обычно поднимающихся в жидкости);

5) улавливание при ударе газовых струй о жидкие или твердые поверхности.

При каждом аппаратном механизме частицы отделяются от газа благодаря одному или нескольким механизмам улавливания: гравитационной седиментации, центробежному осаждению, инерции и касанию, броуновской диффузии, термофорезу, диффузиофорезу, электростатическому осаждению. Скорость осаждения может быть увеличена благодаря укрупнению частиц вследствие агломерации и конденсационного роста.

Рассмотрим основные механизмы и зависимости, характеризующие осаждение пылевых частиц на каплях. При мокрой пылеочистке частицы удаляют по одному или нескольким основным механизмам. Рассмотрим существенные при орошении аэрозолей механизмы удаления частиц.

1. *Гравитационная седиментация.* Этот механизм не имеет большого значения применительно к скрубберам.

2. *Центробежное осаждение.* Частицы могут быть выброшены из газового потока центробежной силой, обусловленной изменением направления течения. Крупномасштабные изменения направления течения, какие наблюдаются в циклонах, малоэффективны для удаления частиц диаметром менее 5 мкм.

3. *Инерционный захват и касание.* При обтекании малого объекта газовым потоком инерция вынуждает частицы продолжать перемещаться по направлению к объекту, причем некоторые из них осаждаются на нем. Фактически это то же самое, что центробежное осаждение, и различие в определениях дается по традиции. Инерционный захват обусловлен изменениями направления течения в малом масштабе. Поскольку инерционное осаждение эффективно для улавливания частиц диаметром порядка всего десятых микрометра, это наиболее важный механизм захвата частиц в мокрой газоочистке.

4. *Броуновская диффузия.* Когда частицы достаточно малы, например, имеют диаметр менее 0,1 мкм, они смещаются под ударами газовых молекул подобно самим молекулам. Поэтому эти частицы диффундируют случайным образом через газ вследствие броуновского движения. В общем инерционное осаждение и броуновская диффузия являются главными механизмами улавливания частиц скрубберами. Для частиц диаметром свыше 0,3 мкм более важно инерционное осаждение, его эффективность растет с увеличением размера частиц. При диаметре частиц, меньшем 0,3 мкм, начинает преобладать диффузия, эффективность которой растет с уменьшением размера.

5. *Термофорез.* При наличии теплопередачи от газа к жидкости должен существовать соответствующий градиент температуры, тогда частицы

смещаются к холодной поверхности из-за разности интенсивности бомбардировки газовыми молекулами с разных направлений. Этот эффект редко имеет большое значение в скрубберах.

6. *Диффузиофорез*. Массоперенос в скруббере, который может заключаться в конденсации водяного пара на холодной поверхности воды, приводит к появлению силы, под действием которой частицы осаждаются на поверхности. Такое осаждение может быть значительным, а доля удаленных частиц примерно равной доле конденсата.

7. *Электростатическое осаждение*. Если частицы несут электростатический заряд, то они могут быть осаждены из газового потока под действием градиента заряда. Этот механизм обеспечивает высокую эффективность улавливания частиц всех размеров.

8. *Конденсация на частицах*. Хотя этот процесс сам по себе не является механизмом улавливания, увеличение массы частиц вследствие пленочной конденсации водяного пара на них повышает эффективность инерционного осаждения. Это явление может происходить одновременно с диффузиофорезом и термофорезом при конденсации в скрубберах. Комбинацию этих механизмов обозначают как градиентно-силовое-конденсационное (ГСК) улавливание.

9. *Коагуляция*. Частицы могут слипаться при столкновениях вследствие броуновского движения или турбулентности. Коагуляция или агломерация может приводить к увеличению размера частиц и повышению эффективности осаждения, но не по диффузионному механизму.

При обтекании газопылевым потоком шаровой капли жидкости траектории движения газа и пылевых частиц расходятся вследствие различной величины сил инерции, действующих на газ и на частицы с разной массой. Крупные частицы в меньшей мере, чем газ, изменяют свое направление при подходе к капле и осаждаются на ней (рис. 3.16). Схема близка к процессу инерционного осаждения и фильтрационного осаждения частиц на элементах волокнистого фильтра, имеющих цилиндрическую форму. Объясняется это тем, что в этих случаях рассматривается двухфазный поток и действуют силы инерции.

Мелкие частицы, следуя вместе с газом, огибают каплю и уходят с потоком газа. У этих частиц инерция недостаточна для преодоления сопротивления газа.

ПРИМЕЧАНИЕ. Практические работы зачитывается после защиты и выполнения тестовых заданий, которые необходимо получить у преподавателя.

Заключение

Загрязнения окружающей среды является серьезной проблемой для всех стран мира. По мере роста народонаселения и масштабов производства экологические последствия становятся все более серьезными и распространенными, а нетронутые природные пространства непрерывно сокращаются. Стало ясно, что снижение качества окружающей среды уже нельзя считать приемлемым компромиссом.

Список использованной литературы

1. ЭБС «Znanium. com» Промышленная экология: учебное пособие / М.Г. Ясовеев и др.; под ред. М.Г. Ясовеева. - М.: ИНФРА-М; Мн.: Новое знание, 2013. - 292 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/>
2. ЭБС «Znanium.com» Ветошкин, А.Г. Технология защиты окружающей среды (теоретические основы): учебное пособие/ А.Г. Ветошкин, К.Р. Таранцева, А.Г. Ветошкин - М.: ИНФРА-М, 2015. - 362 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/>
3. ЭБС «Znanium.com» Бажайкин, А.Л. Комментарий к ФЗ "Об охране окружающей среды" / А.Л. Бажайкин, М.М. Бринчук; под общ. ред. О.Л. Дубовик - М.: Норма: ИНФРА-М, 2013. - 560 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/>
4. ЭБС «Znanium.com» Таранцева, К.Р. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учебное пособие / К.Р. Таранцева, А.А. Таранцев. - М.: ИНФРА-М, 2014. - 412 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/>
5. Техносферная безопасность: физико-химические процессы в техносфере [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.В.Гусакова - М.: ИНФРА-М, 2015. - 185 с. - ЭБС «Znanium. com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=461112>
6. Физико-химические процессы в техносфере [Электронный ресурс]: учебник/Трифонов К. И., Девисилов В. А. - М.: Форум, ИНФРА-М, 2015. - 256 с. - ЭБС «Znanium. com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=488268>