

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 допускаемых 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 газовоздушных 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 SO₂ – аммиачные, известковые и марганцевые; от H₂S – 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 °С. 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.

Классификация газоочистного и пылеулавливающего оборудования

- *Установки очистки газа* по ГОСТ 17.2. 1.04 - 77 - это комплекс сооружений, оборудования и аппаратуры, предназначенный для отделения от поступающих из промышленного источника газа или превращение в безвредное состояние веществ загрязняющих атмосферу. В зависимости от агрегатного состояния улавливаемого или обезвреживаемого вещества установки подразделяются на газоочистные и пылеулавливающие.
- *Аппарат очистки газа* - элемент установки, в котором непосредственно осуществляет избирательный процесс улавливания или обезвреживания веществ, загрязняющих атмосферу.

В зависимости от метода очистки газоочистные аппараты подразделяют на 7 групп:

- 1 группа (С) - сухие механические пылеуловители (гравитационные, сухие инерционные и ротационные);
- 2 группа (М) - мокрые пылеуловители (инерционные, конденсационные), скрубберы (механические, ударно-инерционные, полые, насадочные, центробежные), скрубберы Вентури;
- 3 группа (Ф) - промышленные фильтры (рукавные, волокнистые, карманные, зернистые), с регенерацией (импульсной обратной промывкой ультразвуком), с механическим и вибровстряхиванием;
- 4 группа (Э) - электрические пылеуловители (сухие и мокрые электрофильтры);
- 5 группа (Х) - аппараты сорбционные (химической) очистки газа от газообразных примесей (адсорберы, абсорберы);
- 6 группа (Т) - аппараты термической и термокаталитической очистки газов от газообразных примесей (печи сжигания, каталитические реакторы);
- 7 группа (Д) - аппараты других методов очистки.

- Работа газоочистных установок в промышленных условиях характеризуются *степенью очистки*, которая определяется по одному из следующих соотношений:
- $\Gamma = M2 / M1 = (M1 - M3) / M1 = M2 / (M2 + M3) = (C_{вх} Q1 - C_{вых} Q2) / C_{вх} Q1$,
 - где M1, M2, M3 - масса примесей, содержащихся в газе до поступления в аппарат; уловленных в аппарате и содержащихся в очищенном потоке, соответственно, кг;
 - C_{вх}, C_{вых} - средние концентрации примесей в отходящих газах до и после очистки, соответственно, г/м³;
 - Q1, Q2 - объемные расходы отходящих газов до и после очистки, приведенные к нормальным условиям.
- Иногда эффективность работы газоочистного оборудования вычисляют по упрощенной формуле
- $\Gamma = 1 - (C_{вых} / C_{вх})$,
 - но только в случае одинаковых газовых потоков до и после очистки.

- Кроме того, газоочистное оборудование характеризуется:
 - величиной аэродинамического сопротивления,
 - технологическими условиями очистки (температура).
 - Влажность газового потока, дисперсность и плотность пыли.
 - Способность ее к коагуляции и гидратации, заряд частиц пыли,
 - физико-химические свойства примесей,
 - пожаро- и взрывоопасность.
 - Объемный расход очищаемого газа,
 - металло- и энергоемкостью,
 - расходом орошающей жидкости,
 - себестоимостью очистки 100 м³ газа.

Основные требования к эксплуатации газоочистного оборудования состоят в следующем:

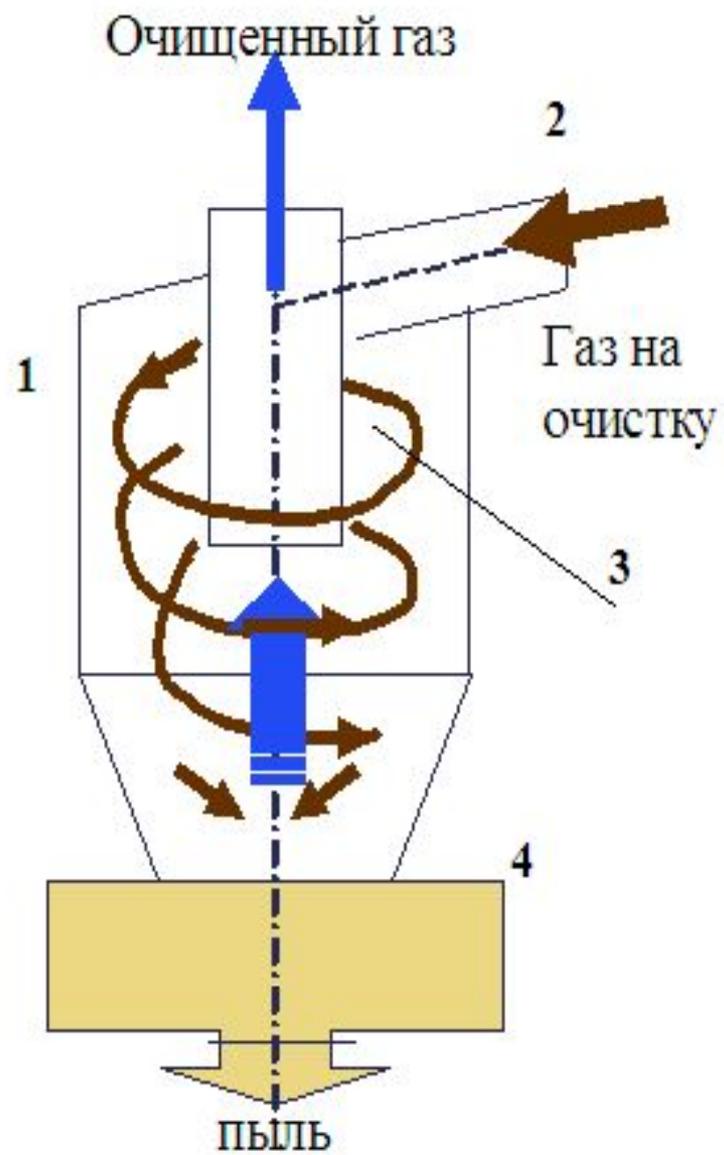
- надежная и бесперебойная работа на проектных показателях;
- все установки очистки газа должны быть зарегистрированы в органах Минприроды РБ, иметь паспорт, журнал учета работы и неисправностей;
- установки должны подвергаться проверке на эффективность периодически (не реже одного раза в год) с оформлением соответствующего акта.

- Установки, предназначенные для очистки выбросов с токсичными примесями, проверяют на эффективность не реже 2-х раз в год.
- При переходе установки на новый режим работы (постоянный), при работе на измененном режиме более 3-х месяцев, после капремонта или реконструкции установки, после строительства.

*Устройства для очистки
технологических выбросов в
атмосферу от аэрозолей.*

*Сухие пылеуловители
(циклоны)*

- Сухие пылеуловители предназначены для грубой механической очистки от крупной и тяжелой пыли. Принцип работы – оседание частиц под действием центробежной силы и силы тяжести. Широкое распространение получили циклоны различных видов: одиночные, групповые, батарейные.
- На схеме изображена упрощенная конструкция одиночного циклона. Пылегазовый поток вводится в циклон через входной патрубок 2, закручивается и совершает вращательно-поступательное движение вдоль корпуса 1. Частицы пыли отбрасываются под действием центробежных сил к стенке корпуса, а затем под действие силы тяжести собираются в пылевой бункер 4, откуда периодически удаляются. Газ, освободившись от пыли, разворачивается на 180° и выходит из циклона через трубу 3.



- Циклоны наиболее часто применяют в промышленности для осаждения твердых аэрозолей. Газовый поток подается в цилиндрическую часть циклона тангенциально, описывает спираль по направлению к дну конической части и затем устремляется вверх через турбулизованное ядро потока у оси циклона на выход.
- Циклоны характеризуются высокой производительностью по газу, простотой устройства, надежностью в работе.
- Степень очистки от пыли зависит от размеров частиц.
- Для циклонов высокой производительности, в частности батарейных циклонов (производительностью более 20000 м³/ч), степень очистки составляет около 90% при диаметре частиц $d > 30$ мкм.

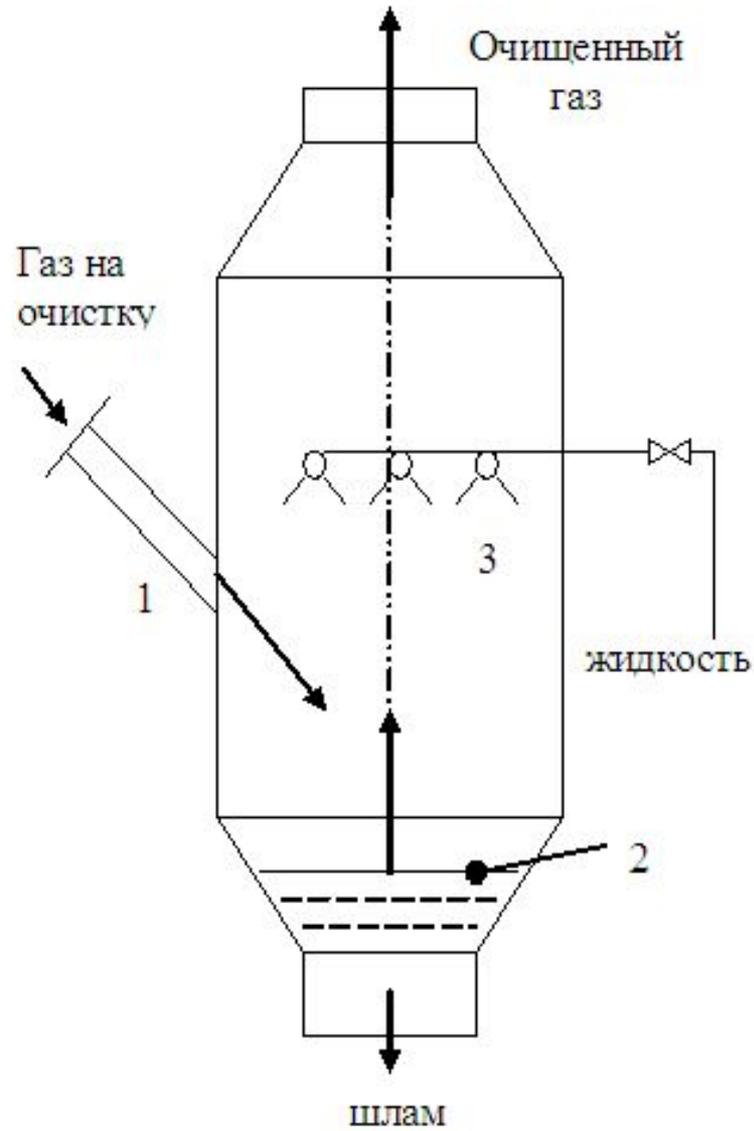
- Для частиц с $d = 5,30$ мкм степень очистки снижается до 80%, а при $d = 2,5$ мкм она составляет менее 40%. Диаметр частиц, улавливаемых циклоном на 50%, можно определить по эмпирической формуле

$$d = \sqrt{\frac{9 \mu D_{ц}}{2 \pi N_{об} \omega_{г} (\rho_{ч} - \rho_{г})}}$$

- где μ – вязкость газа, Па*с; $D_{ц}$ – диаметр выходного патрубка циклонов, м; $N_{об}$ – эффективное число оборотов газа в циклоне; $\omega_{г}$ – средняя входная скорость газа, м/с; $\rho_{ч}$, $\rho_{г}$ – плотность частиц и газа, кг/м³.

- Гидравлическое сопротивление высокопроизводительных циклонов составляет около 1080 Па.
- Циклоны широко применяют при грубой и средней очистке газа от аэрозолей.
- Другим типом центробежного пылеуловителя служит ротоклон, состоящий из ротора и вентилятора, помещенного в осадительный кожух.
- Лопастни вентилятора, вращаясь, направляют пыль в канал, который ведет в приемник пыли.

Мокрые пылеуловители (скрубберы)



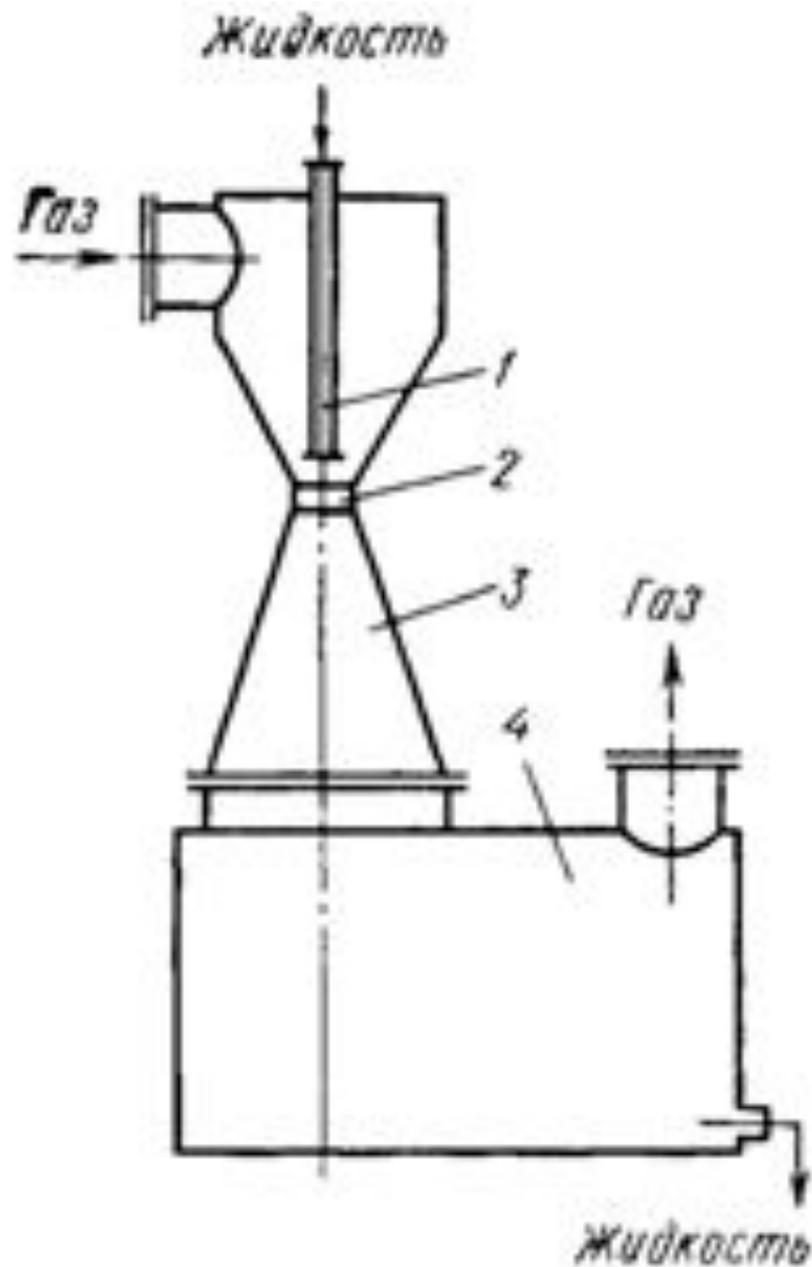
- Мокрые пылеуловители характеризуются высокой эффективностью очистки от мелкодисперсной пыли размером до 2 мкм. Работают по принципу осаждения частиц пыли на поверхность капель под действием сил инерции или броуновского движения.
- Запыленный газовый поток по патрубку 1 направляется на зеркало жидкости 2, на котором осаждаются наиболее крупные частицы пыли. Затем газ поднимается навстречу потоку капель жидкости, подаваемой через форсунки, где происходит очистка от мелких частиц пыли.

- *Башни с насадкой* (насадочные скрубберы) отличаются простотой конструкции и эксплуатации, устойчивостью в работе, малым гидравлическим сопротивлением ($DP=300-800$ Па) и сравнительно малым расходом энергии. В насадочном скруббере возможна очистка газов с начальной запыленностью до $5-6$ г/м³. Эффективность одной ступени очистки для пылей с $d > 5$ мкм не превышает $70-80\%$. Насадка быстро забивается пылью, особенно при высокой начальной запыленности.

- *Орошаемые циклоны* (центробежные скрубберы) применяют для очистки больших объемов газа. Они имеют сравнительно небольшое гидравлическое сопротивление – 400-850 Па. Для частиц размером 2-5 мкм степень очистки составляет ~50%. Центробежные скрубберы высокопроизводительны благодаря большой скорости газа; во входном патрубке $w_{г}=18,20$ м/с, а в сечении скруббера $w_{г} = 4,5$ м/с.

- *Пенные аппараты* применяют для очистки газа от аэрозолей полидисперсного состава. Интенсивный пенный режим создается на полках аппарата при линейной скорости газа в его полном сечении 1-4 м/с. Пенные газоочистители обладают высокой производительностью по газу и сравнительно небольшим гидравлическим сопротивлением (DP одной полки около 600 Па). Для частиц с диаметром $d > 5$ мкм эффективность их улавливания на одной полке аппарата 90-99%; при $d < 5$ мкм $h = 75-90\%$. Для повышения h устанавливают двух- и трехполочные аппараты.

- *Скрубберы Вентури* — высокоинтенсивные газоочистительные аппараты, но работающие с большим расходом энергии. Скорость газа в сужении трубы (горловине скруббера) составляет 100—200 м/с, а в некоторых установках — до 1200 м/с. При такой скорости очищаемый газ разбивает на мельчайшие капли завесу жидкости, впрыскиваемой по периметру трубы. Это приводит к интенсивному столкновению частиц аэрозоля с каплями и улавливанию частиц под действием сил инерции.



Реактор полного смешения – скруббер Вентури:
1 – сопло;
2 – горловина;
3 – камера смешения;
4 – разделительная камера

- Скруббер Вентури — универсальный малогабаритный аппарат, обеспечивающий улавливание тумана на 99—100%, частиц пыли с $d = 0,01, 0,35$ мкм — на 50–85% и частиц пыли с $d = 0,5-2$ мкм — на 97%. Для аэрозолей с $d = 0,3-10$ мкм эффективность улавливания определяется в основном силами инерции и может быть оценена по формуле

$$\eta = 1 - e^{-K L \sqrt{j}}$$

- где K — константа;
- L — объем жидкости, подаваемой в газ, дм³/м³;
- j — инерционный параметр, отнесенный к скорости газа в горловине;
- при $h \approx 90\%$ j является однозначной функцией перепада давления в скруббере.

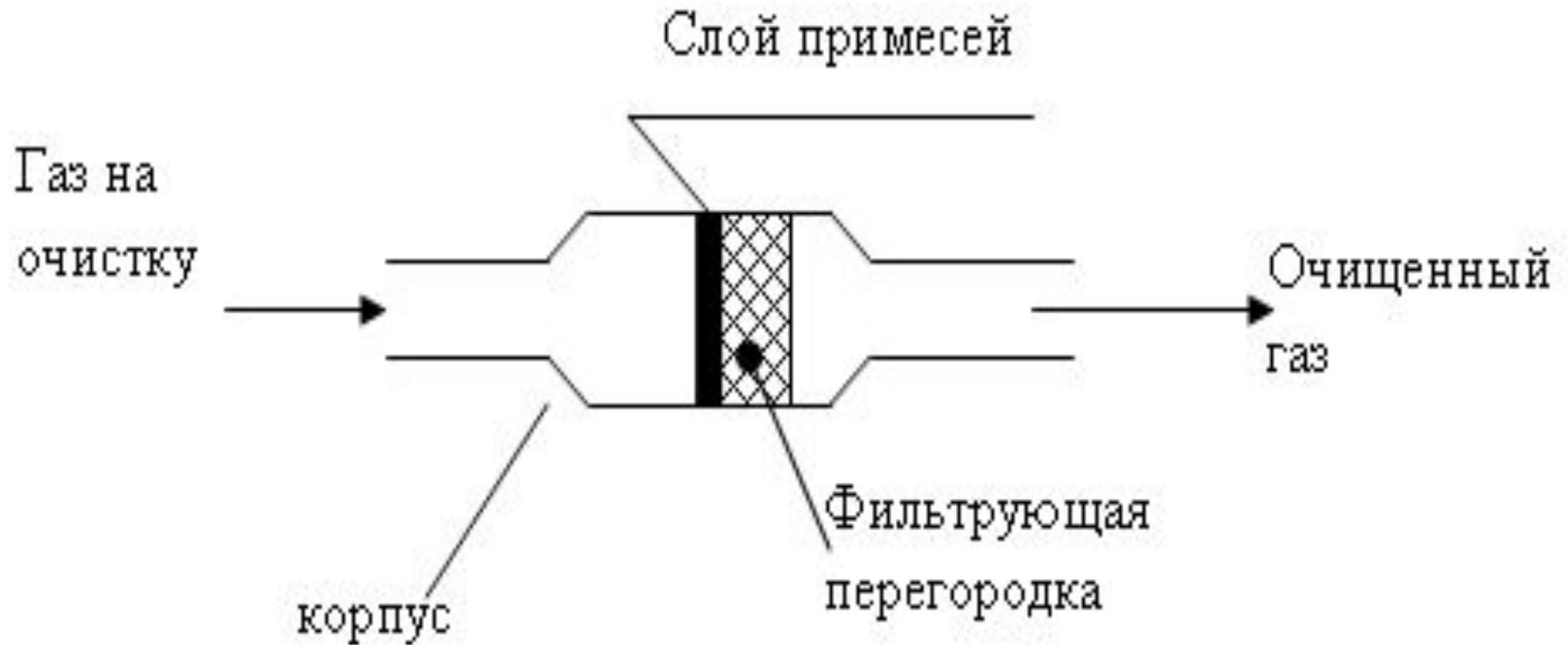
- Главный дефект скруббера Вентури — большой расход энергии по преодолению высокого гидравлического сопротивления, которое в зависимости от скорости газа в горловине может составлять 0,002-0,013 МПа. Помимо того, аппарат не отличается надежностью в эксплуатации, управление им сложное.

- Основной недостаток всех методов *мокрой* очистки газов от аэрозолей — это образование больших объемов жидких отходов (шлама). Таким образом, если не предусмотрены замкнутая система водооборота и утилизация всех компонентов шлама, то мокрые способы газоочистки по существу только переносят загрязнители из газовых выбросов в сточные воды, т. е. из атмосферы в водоемы.

Фильтры

- Предназначены для тонкой очистки газов за счет осаждения частиц пыли (до 0,05 мкм) на поверхности пористых фильтрующих перегородок.
- Фильтрация основана на прохождении очищаемого газа через различные фильтрующие ткани (хлопок, шерсть, химические волокна, стекловолокно и др.) или через другие фильтрующие материалы (керамика, металлокерамика, пористые перегородки из пластмассы и др.).
- Наиболее часто для фильтрации применяют специально изготовленные волокнистые материалы — стекловолокно, шерсть или хлопок с асбестом, асбоцеллюлозу.
- В зависимости от фильтрующего материала различают тканевые фильтры (в том числе рукавные), волокнистые, из зернистых материалов (керамика, металлокерамика, пористые пластмассы).

Схема фильтрующей установки



- *Тканевые* фильтры, чаще всего рукавные, применяются при температуре очищаемого газа не выше 60-65°С.
- В зависимости от гранулометрического состава пылей и начальной запыленности степень очистки составляет 85-99%.
- Гидравлическое сопротивление фильтра DP около 1000 Па; расход энергии ~ 1 кВт*ч на 1000 м3 очищаемого газа.
- Для непрерывной очистки ткани продувают воздушными струями, которые создаются различными устройствами – соплами, расположенными против каждого рукава, движущимися наружными продувочными кольцами и др.
- Сейчас применяют автоматическое управление рукавными фильтрами с продувкой их импульсами сжатого воздуха.

- *Волокнистые* фильтры, имеющие поры, равномерно распределенные между тонкими волокнами, работают с высокой эффективностью; степень очистки $\eta = 99,5, 99,9 \%$ при скорости фильтруемого газа $0,15-1,0$ м/с и $DP=500-1000$ Па.
- На фильтрах из стекловолокнистых материалов возможна очистка агрессивных газов при температуре до $275^{\circ}C$.
- Для тонкой очистки газов при повышенных температурах применяют фильтры из керамики, тонковолокнистой ваты из нержавеющей стали, обладающие высокой прочностью и устойчивостью к переменным нагрузкам; однако их гидравлическое сопротивление велико – 1000 Па.

- Фильтрация – весьма распространенный прием тонкой очистки газов.
- Ее преимущества – сравнительная низкая стоимость оборудования (за исключением металлокерамических фильтров) и высокая эффективность тонкой очистки.
- Недостатки фильтрации высокое гидравлическое сопротивление и быстрое забивание фильтрующего материала пылью.

- **Электростатическая очистка газов** служит универсальным средством, пригодным для любых аэрозолей, включая туманы кислот, и при любых размерах частиц.
- Метод основан на ионизации и зарядке частиц аэрозоля при прохождении газа через электрическое поле высокого напряжения, создаваемое коронирующими электродами. Осаждение частиц происходит на заземленных осадительных электродах.
- Промышленные электрофилтры состоят из ряда заземленных пластин или труб, через которые пропускается очищаемый газ.
- Между осадительными электродами подвешены проволочные коронирующие электроды, к которым подводится напряжение 25–100 кВ.

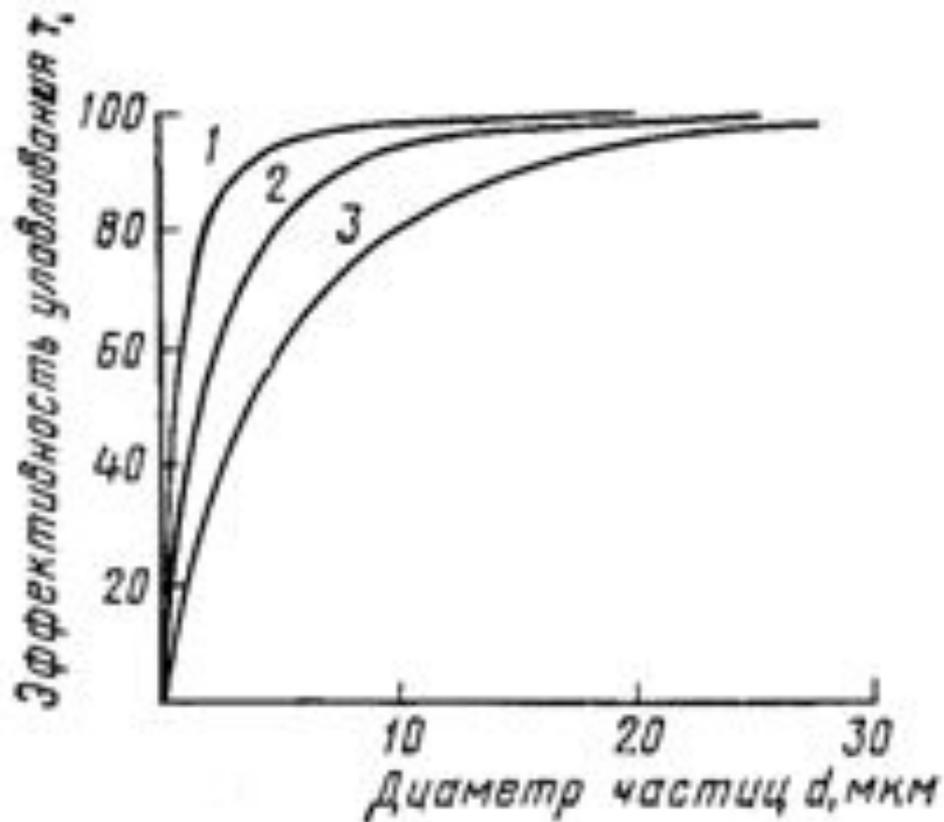
- Теоретическое выражение для степени улавливания аэрозолей в трубчатых электрофильтрах имеет вид

$$\eta = 1 - e^{-\nu}$$

$$\nu = \frac{2ul}{r\omega_r}$$

- где u – скорость дрейфа частиц к электроду;
- l — длина электрода;
- r — радиус осадительного электрода;
- ω_r — скорость очищаемого газа.

Кривые зависимости степени улавливания пыли в электрофильтре от размеров частиц



- 1 – $pEEo = 160$;
- 2 – $pEEo = 80$;
- 3 – $pEEo = 40$;

- На рис. приведены идеальные кривые зависимости степени улавливания аэрозолей в электрофильтре от размеров частиц.
- Кривые на этом рисунке отвечают разным значениям произведения ρEEO ,
 - где ρ — коэффициент,
 - для непроводящих частиц $\rho = 1,5-2$, для проводящих частиц $\rho=3$;
 - E - напряженность электрического поля;
 - EO - критическое значение напряженности поля.

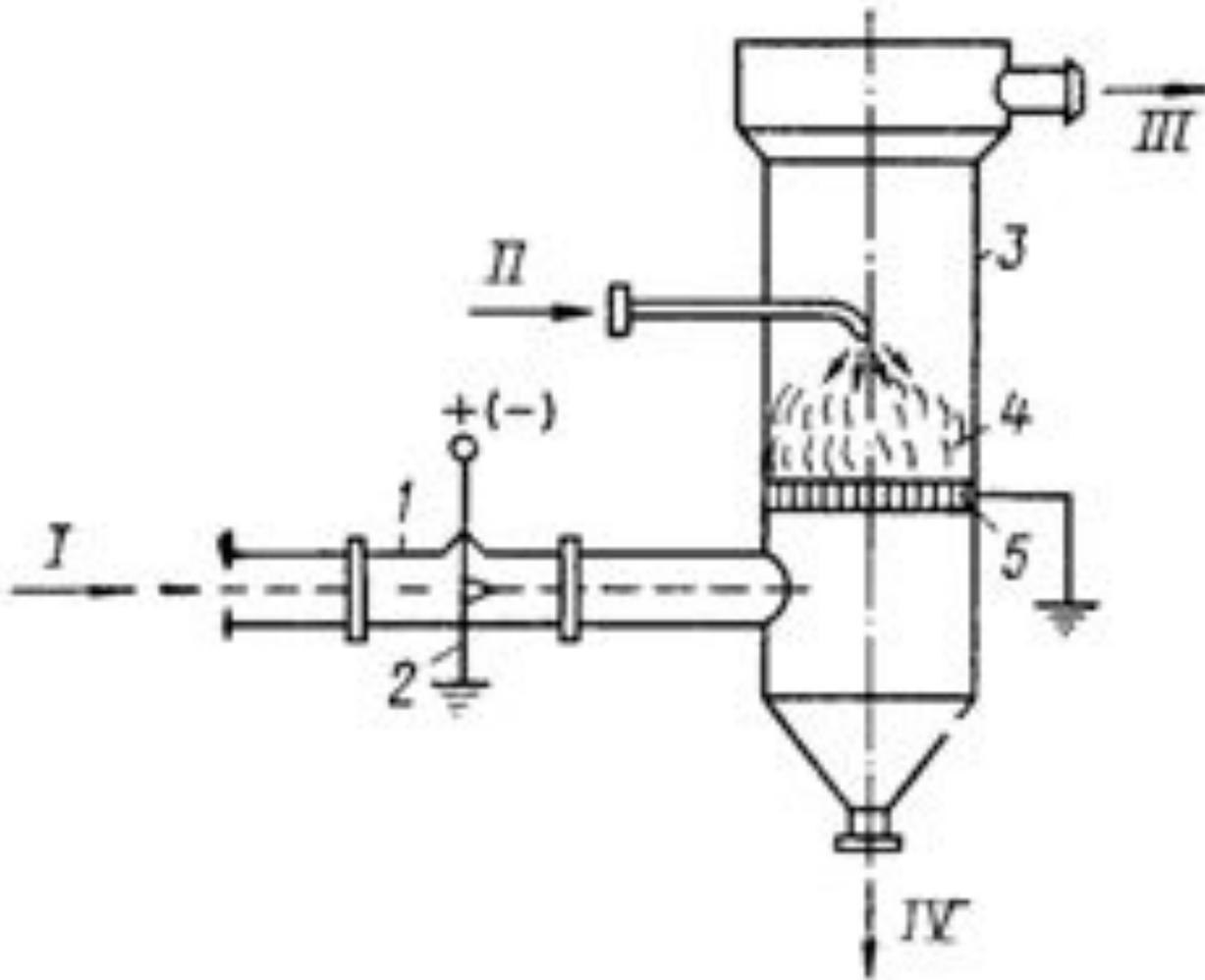
- Фактическая зависимость степени улавливания аэрозолей h от диаметра частиц d для промышленных электрофильтров определяется экспериментально.
- Очистка осложнена прилипанием частиц к электроду, аномальным (пониженным) сопротивлением слоя пыли на электродах и др.
- При очистке от пыли сухих газов электрофильтры могут работать в широком диапазоне температур (от 20 до 500 °С) и давлений.
- Их гидравлическое сопротивление невелико – 100-150 Па.
- Степень очистки от аэрозолей – выше 90, достигая 99,9% на многопольных электрофильтрах при $d > 1$ мкм.

- Недостаток этого метода – большие затраты средств на сооружение и содержание очистных установок и значительный расход энергии на создание электрического поля.
- Расход электроэнергии на электростатическую очистку – 0,1-0,5 кВт на 1000 м³ очищаемого газа.

- *Звуковая и ультразвуковая коагуляция*, а также *предварительная электризация* пока мало применяются в промышленности и находятся в основном в стадии разработки.
- Они основаны на укрупнении аэрозольных частиц, облегчающем их улавливание традиционными методами.
- Аппаратура звуковой коагуляции состоит из генератора звука, коагуляционной камеры и осадителя.
- Звуковые и ультразвуковые методы применимы для агрегирования мелкодисперсных аэрозольных частиц (тумана серной кислоты, сажи) перед их улавливанием другими методами.
- Начальная концентрация частиц аэрозоля для звуковой коагуляции должна быть не менее 2 г/м³ (для частиц $d = 1-10$ мкм).

- Коагуляцию аэрозолей методом предварительной электризации производят, например, пропусканием газа через электризационную камеру с коронирующими электродами, где происходит зарядка и коагуляция частиц, а затем через мокрый газоочиститель, в котором газожидкостный слой служит осадительным электродом.
- Осадительным электродом может служить пенный слой в пенных аппаратах, слой газожидкостной эмульсии в насадочных скрубберах и других мокрых газопромывателях, в которых решетки или другие соответствующие детали должны быть заземлены.

Схема мокрого пылеулавливания с предварительной электризацией



- 1 – камера электризации;
- 2 – коронирующий электрод;
- 3 – пенный аппарат;
- 4 – газожидкостный (пенный) слой;
- 5 – заземленная решетка;
- I – очищаемый газ;
- II – вода;
- III – очищенный газ;
- IV – слив шлама

Очистка газов от парообразных и газообразных примесей.

- Газы в промышленности обычно загрязнены вредными примесями, поэтому очистка широко применяется на заводах и предприятиях для технологических и санитарных (экологических) целей.
- Промышленные способы очистки газовых выбросов от газо- и парообразных токсичных примесей можно разделить на три основные группы:
 - 1) *абсорбция жидкостями;*
 - 2) *адсорбция твердыми поглотителями ;*
 - 3) *каталитическая очистка.*
- В меньших масштабах применяются *термические методы сжигания (или дожигания) горючих загрязнений, способ химического взаимодействия примесей с сухими поглотителями и окисление примесей озоном.*

- **Абсорбция жидкостями** применяется в промышленности для извлечения из газов диоксида серы, сероводорода и других сернистых соединений, оксидов азота, паров кислот (HCl , HF , H_2SO_4), диоксида и оксида углерода, разнообразных органических соединений (фенол, формальдегид, летучие растворители и др.).
- Абсорбционные методы служат для технологической и санитарной очистки газов. Они основаны на избирательной растворимости газо- и парообразных примесей в жидкости (физическая абсорбция) или на избирательном извлечении примесей химическими реакциями с активным компонентом поглотителя (хемосорбция).

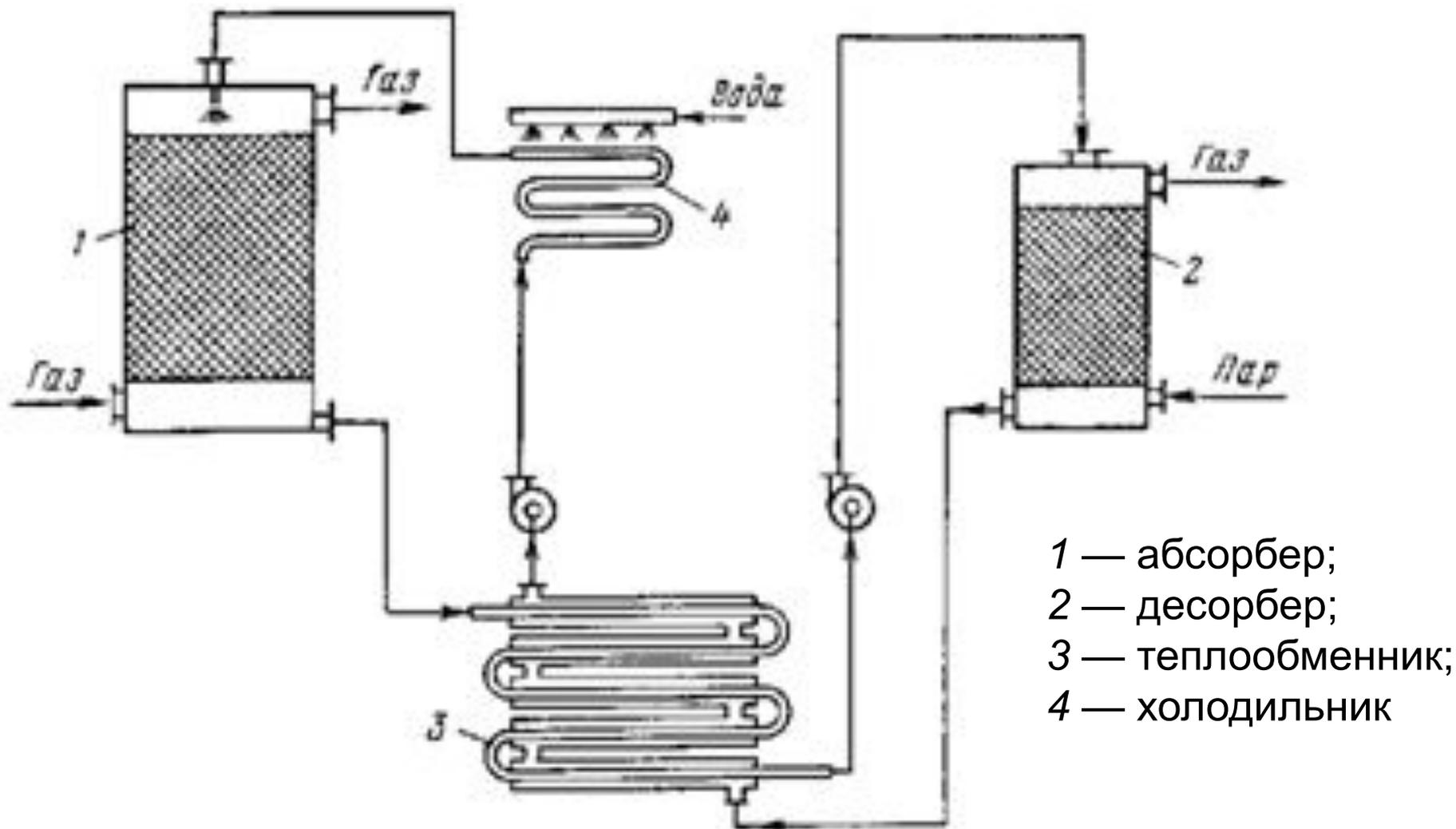
- Абсорбционная очистка – непрерывный и, как правило, циклический процесс, так как поглощение примесей обычно сопровождается регенерацией поглотительного раствора и его возвращением в начале цикла очистки.
- При физической абсорбции (и в некоторых хемосорбционных процессах) регенерацию абсорбента проводят нагреванием и снижением давления, в результате чего происходит десорбция поглощенной газовой примеси и ее концентрированно

- Показатели абсорбционной очистки: степень очистки (КПД) и коэффициент массопередачи k зависят от растворимости газа в абсорбенте, технологического режима в реакторе (w, T, p) и от других факторов, например от равновесия и скорости химических реакций при хемосорбции.
- В хемосорбционных процессах, где в жидкой фазе происходят химические реакции, коэффициент массопередачи увеличивается по сравнению с физической абсорбцией.
- Большинство хемосорбционных процессов газоочистки обратимы, т. е. при повышении температуры поглотительного раствора химические соединения, образовавшиеся при хемосорбции, разлагаются с регенерацией активных компонентов поглотительного раствора и с десорбцией поглощенной из газа примеси.
- Этот прием положен в основу регенерации хемосорбентов в циклических системах газоочистки.
- Хемосорбция в особенности применима для тонкой очистки газов при сравнительно небольшой начальной концентрации примесей.

- Абсорбенты, применяемые в промышленности, оцениваются по следующим показателям:
 - 1) абсорбционная емкость, т. е. растворимость извлекаемого компонента в поглотителе в зависимости от температуры и давления;
 - 2) селективность, характеризуемая соотношением растворимостей разделяемых газов и скоростей их абсорбции;
 - 3) минимальное давление паров во избежание загрязнения очищаемого газа парами абсорбента;
 - 4) дешевизна;
 - 5) отсутствие коррозирующего действия на аппаратуру.

- В качестве абсорбентов применяют воду, растворы аммиака, едких и карбонатных щелочей, солей марганца, этаноламина, масла, суспензии гидроксида кальция, оксидов марганца и магния, сульфат магния и др.
- Очистная аппаратура аналогична уже рассмотренной аппаратуре мокрого улавливания аэрозолей.
- Наиболее распространен насадочный скруббер, применяемый для очистки газов от диоксида серы, сероводорода, хлороводорода, хлора, оксида и диоксида углерода, фенолов и т. д.
- В насадочных скрубберах скорость массообменных процессов мала из-за малоинтенсивного гидродинамического режима этих реакторов, работающих при скорости газа $w_{г} = 0,02-0,7$ м/с.

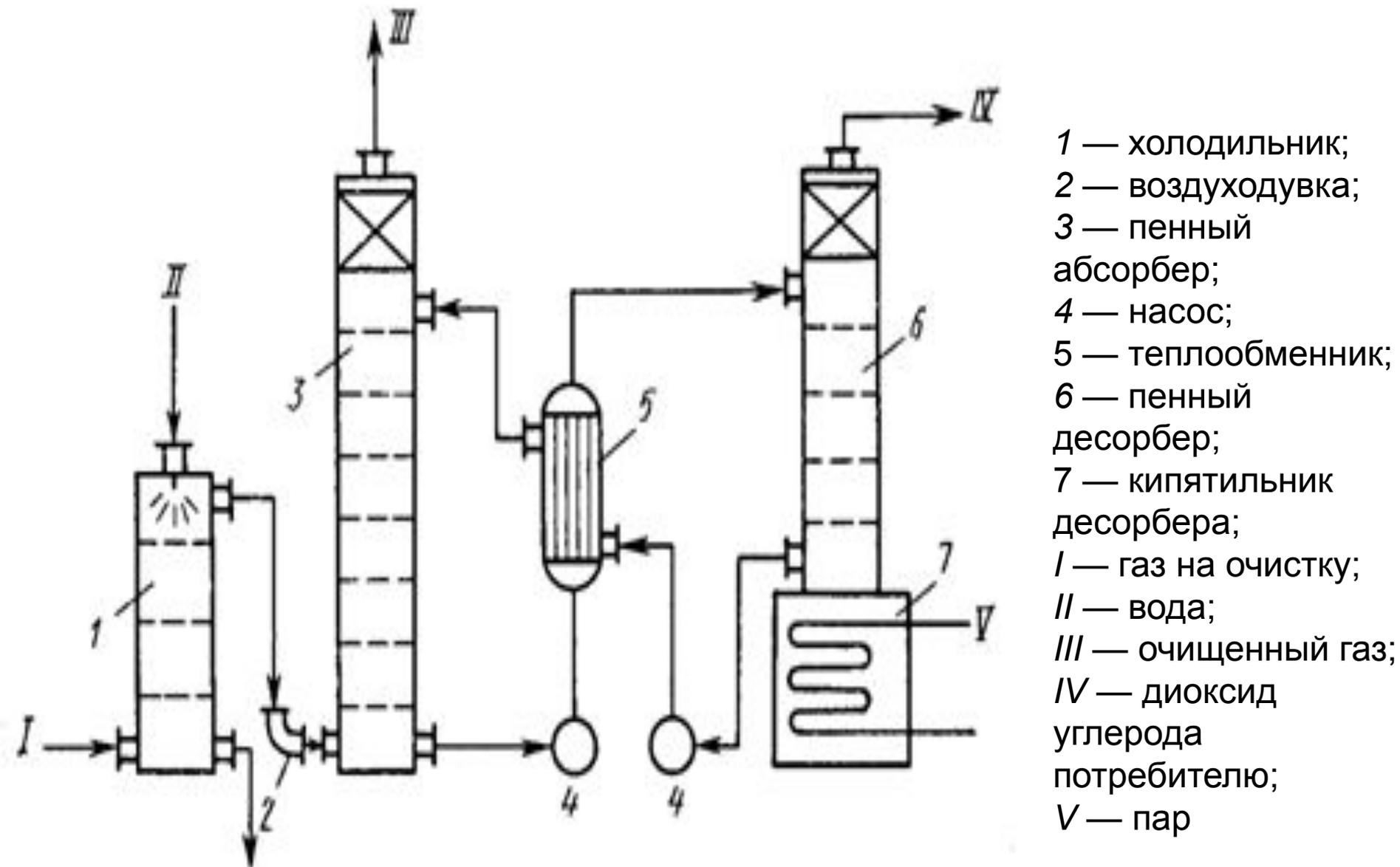
Схема установки для абсорбционно-десорбционного метода разделения газов



- Объемы аппаратов поэтому велики и установки громоздки. Для очистки выбросов от газообразных и парообразных примесей применяют и интенсивную массообменную аппаратуру — пенные аппараты, безнасадочный форсуночный абсорбер, скруббер Вентури, работающие при более высоких скоростях газа.
- Пенные абсорберы работают при $w_{г} = 1-4$ м/с и обеспечивают сравнительно высокую скорость абсорбционно-десорбционных процессов;
- их габариты в несколько раз меньше, чем насадочных скрубберов.
- При достаточном числе ступеней очистки (многополочный пенный аппарат) достигаются высокие показатели глубины очистки: для некоторых процессов до 99,9%.
- Особенно перспективны для очистки газов от аэрозолей и вредных газообразных примесей пенные аппараты со стабилизатором пенного слоя. Они сравнительно просты по конструкции и работают в режиме высокой турбулентности при линейной скорости газа до 4-5 м/с.

- Примером безотходной абсорбционно-десорбционной циклической схемы может служить поглощение диоксида углерода из отходящих газов растворами моноэтаноламина с последующей регенерацией поглотителя при десорбции CO_2 .
- На рис. приведена схема абсорции CO_2 в пенных абсорберах; десорбция CO_2 проводится также при пенном режиме.
- Установка безотходна, так как чистый диоксид углерода после сжижения передается потребителю в виде товарного продукта.

Схема абсорбционной очистки газов от CO_2 с получением товарного диоксида углерода



- 1 — холодильник;
- 2 — воздуходувка;
- 3 — пенный абсорбер;
- 4 — насос;
- 5 — теплообменник;
- 6 — пенный десорбер;
- 7 — кипятыльник десорбера;
- I — газ на очистку;
- II — вода;
- III — очищенный газ;
- IV — диоксид углерода потребителю;
- V — пар

- Абсорбционные методы характеризуются непрерывностью и универсальностью процесса, экономичностью и возможностью извлечения больших количеств примесей из газов.
- Недостаток этого метода в том, что насадочные скрубберы, барботажные и даже пенные аппараты обеспечивают достаточно высокую степень извлечения вредных примесей (до ПДК) и полную регенерацию поглотителей только при большом числе ступеней очистки. Поэтому технологические схемы мокрой очистки, как правило, сложны, многоступенчаты и очистные реакторы (особенно скрубберы) имеют большие объемы.
- Любой процесс мокрой абсорбционной очистки выхлопных газов от газо- и парообразных примесей целесообразен только в случае его цикличности и безотходности. Но и циклические системы мокрой очистки конкурентоспособны только тогда, когда они совмещены с пылеочисткой и охлаждением газа.

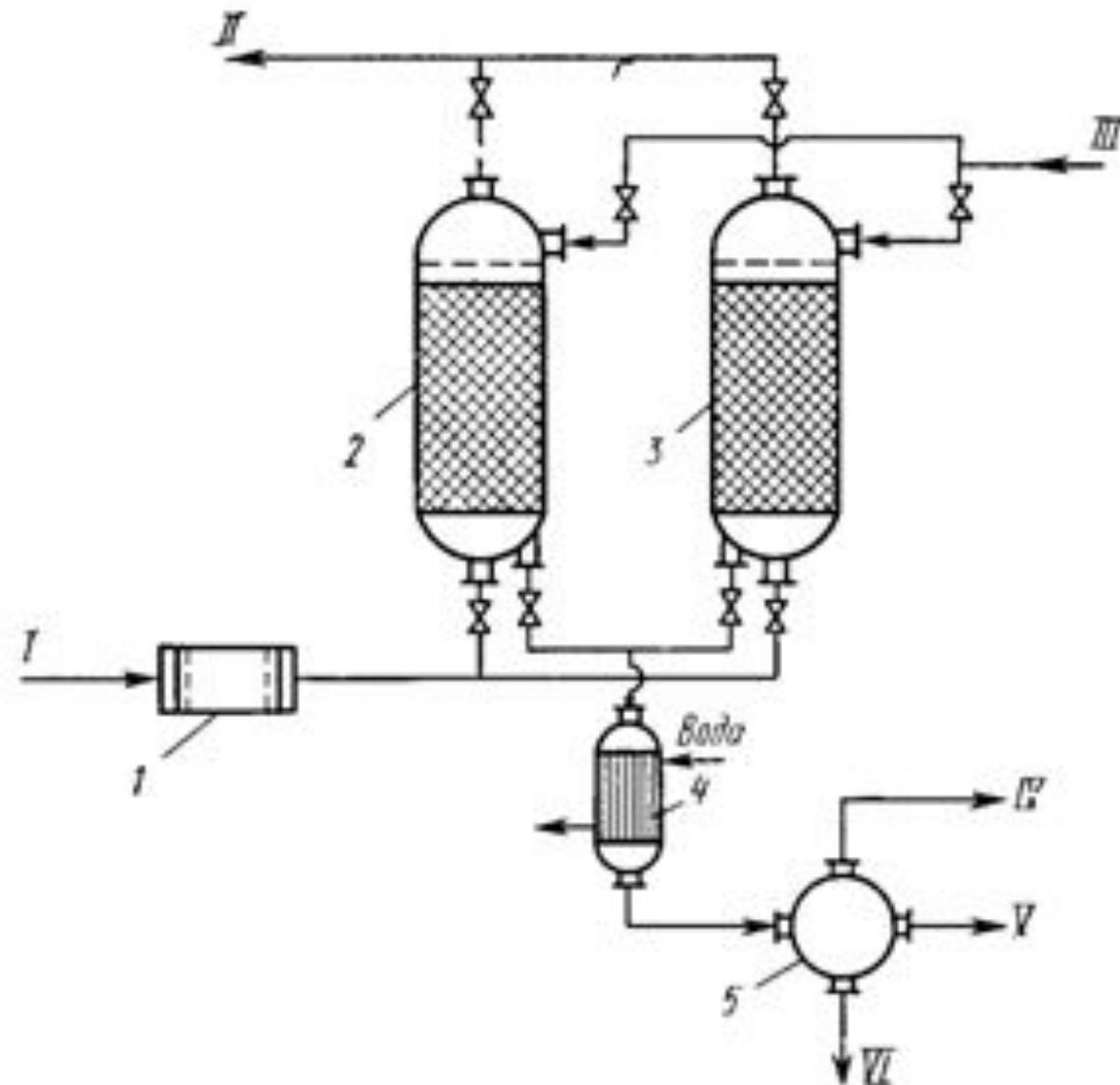
- **Адсорбционные методы** применяют для различных технологических целей — разделение парогазовых смесей на компоненты с выделением фракций, осушка газов и для санитарной очистки газовых выхлопов.
- В последнее время адсорбционные методы выходят на первый план как надежное средство защиты атмосферы от токсичных газообразных веществ, обеспечивающее возможность концентрирования и утилизации этих веществ.
- Адсорбционные методы основаны на избирательном извлечении из парогазовой смеси определенных компонентов при помощи адсорбентов — твердых высокопористых материалов, обладающих развитой удельной поверхностью $S_{уд}$ ($S_{уд}$ — отношение поверхности к массе, m^2/g).
- Промышленные адсорбенты, чаще всего применяемые в газоочистке, — это активированный уголь, силикагель, алюмогель, природные и синтетические цеолиты (молекулярные сита).

- Основные требования к промышленным сорбентам — высокая поглотительная способность, избирательность действия (селективность), термическая устойчивость, длительная служба без изменения структуры и свойств поверхности, возможность легкой регенерации. Чаще всего для санитарной очистки газов применяют активный уголь благодаря его высокой поглотительной способности и легкости регенерации.
- Адсорбцию газовых примесей обычно ведут в полочных реакторах периодического действия без теплообменных устройств; адсорбент расположен на полках реактора.
- Когда необходим теплообмен (например, требуется получить при регенерации десорбат в концентрированном виде), используют адсорберы с встроенными теплообменными элементами или выполняют реактор в виде трубчатых теплообменников; адсорбент засыпан в трубки, а в межтрубном пространстве циркулирует теплоноситель.

- Очищаемый газ проходит адсорбер со скоростью 0,05–0,3 м/с. После очистки адсорбер переключается на регенерацию.
- Адсорбционная установка, состоящая из нескольких реакторов, работает в целом непрерывно, так как одновременно одни реакторы находятся на стадии очистки, а другие — на стадиях регенерации, охлаждения и др.
- Регенерацию проводят нагреванием, например выжиганием органических веществ, пропусканием острого или перегретого пара, воздуха, инертного газа (азота). Иногда адсорбент, потерявший активность (экранированный пылью, смолой), полностью заменяют.
- Наиболее перспективны непрерывные циклические процессы адсорбционной очистки газов в реакторах с движущимся или взвешенным слоем адсорбента, которые характеризуются высокими скоростями газового потока (на порядок выше, чем в периодических реакторах), высокой производительностью по газу и интенсивностью работы.

- Общие достоинства адсорбционных методов очистки газов:
 - 1) глубокая очистка газов от токсичных примесей;
 - 2) сравнительная легкость регенерации этих примесей с превращением их в товарный продукт или возвратом в производство; таким образом осуществляется принцип безотходной технологии.
- Адсорбционный метод особенно рационален для удаления токсических примесей (органических соединений, паров ртути и др.), содержащихся в малых концентрациях, т. е. как завершающий этап санитарной очистки отходящих газов.

Схема адсорбционной газоочистной установки

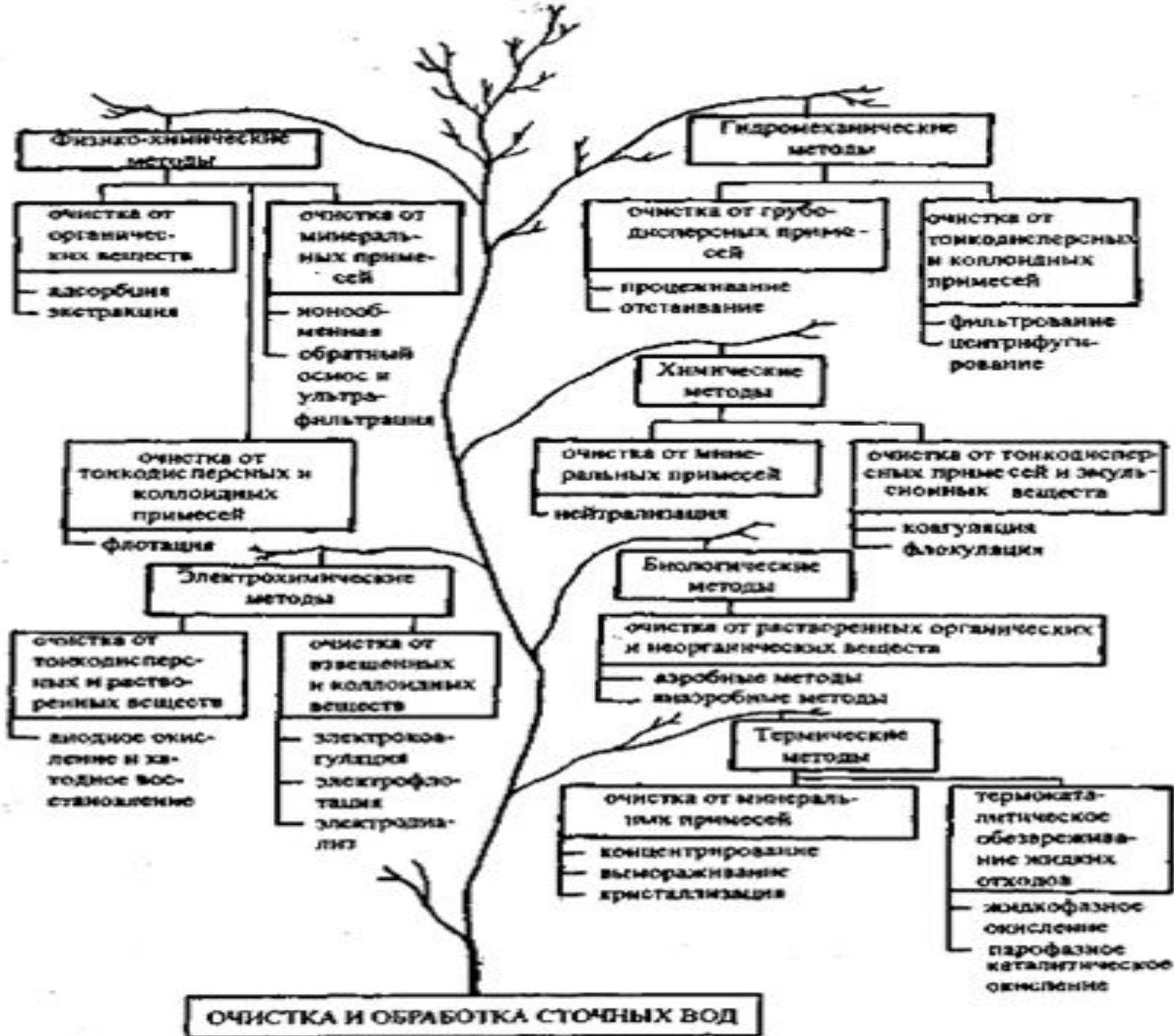


- / — фильтр;
- 2, 3 — адсорберы;
- 4 — конденсатор;
- 5 — сепаратор;
- / — очищаемый газ;
- // — очищенный газ;
- /// — водяной пар;
- IV — неконденсируемые пары;
- V — сконденсированный адсорбтив в хранилище;
- VI — водный конденсат

- Недостатки большинства адсорбционных установок — периодичность процесса и связанная с этим малая интенсивность реакторов, высокая стоимость периодической регенерации адсорбентов.
- Применение непрерывных способов очистки в движущемся и кипящем слое адсорбента частично устраняет эти недостатки, но требует высокопрочных промышленных сорбентов, разработка которых для большинства процессов еще не завершена.

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!