



Экологическая безопасность

АТМОСФЕРА

Атмосфера

- Газовая оболочка
- Состав атмосферы (об.%):
 - Азот - 78,084
 - Кислород – 20,964
 - Аргон – 0,934
 - Углекислый газ – 0,034
 - Ne, He, Kr, H₂ - ~ 0,001
 - Водяной пар 0,2 – 2,6
 - Озон – 0,001 – 0,0001 – в стратосфере
 - И др.

Экологические функции атмосферы

- Терморегулирующие
 - Предохраняет Землю от резких колебаний температуры, способствует перераспределению тепла у поверхности, участвует в формировании климата
- Жизнеобеспечивающие
 - Участвует в обмене и круговороте веществ в биосфере благодаря наличию жизненно важных веществ (O, C, N)
- Защитные
 - Защищает живые организмы от губительных УФ, рентгеновских и космических лучей

- Под загрязнением атмосферного воздуха понимается любое изменение его состава и свойств, которое оказывает негативное воздействие на здоровье человека и животных, состояние растений и экосистем
- По происхождению загрязнение делится на естественное (вызванное природными процессами) и антропогенное (связанное с выбросами загрязняющих веществ в процессе деятельности человека)

Источники загрязнения

- **Естественные**
- Вулканическая деятельность
- Выветривание горных пород
- Ветровая эрозия
- Дым от лесных пожаров и др.
- **Антропогенные**
- Тепловые станции, котельные установки
- Предприятия черной и цветной металлургии
- Химическое производство
- Выбросы автотранспорта и др.

Классификация выбросов вредных веществ в атмосферу по агрегатному состоянию

- Газообразные (SO_2 , NO_x , CO , углеводороды).
- Жидкие (кислоты, щелочи, растворы солей).
- Твердые (сажа, органическая и неорганическая пыль, смолистые вещества, свинец и его соединения и др.).

Экологические последствия загрязнения атмосферы

- Возможное потепление климата (парниковый эффект)
- Нарушение озонового слоя
- Выпадение кислотных дождей
- Ухудшение здоровья

Парниковый эффект

Наблюдаемое в настоящее время потепление большинство ученых связывают с накоплением в атмосфере парниковых газов: CO_2 , CH_4 , хлорфторуглеродов (фреонов), озона, оксидов азота и др. Парниковые газы атмосферы (CO_2) пропускают внутрь большую часть солнечного излучения, но препятствуют длинноволновому излучению с поверхности Земли.

Нарушение озонового слоя

- Озон защищает все живое от жесткого УФ-излучения, под влиянием которого растения теряют способность к фотосинтезу, наблюдается увеличение заболеваний раком кожи у людей и др.
- Предполагают, что это явление имеет антропогенное происхождение и связано с повышением содержания хлорфторуглеродов (фреонов) в атмосфере.
- 1 атом хлора в цепной реакции способен разрушить до 100000 молекул озона.

Кислотные дожди

- Образуются при промышленных выбросах в атмосферу диоксида серы и оксидов азота, которые, соединяясь с атмосферной влагой, образуют серную и азотную кислоты.
- Наибольшую опасность кислотные осадки представляют при попадании в водоемы и почвы.

Средства защиты атмосферы

- Экологизация технологических процессов
 - Создание малоотходных технологий, уменьшение загрязнения от тепловых установок, использование альтернативных источников энергии, уменьшение загрязнения от автотранспорта
- Очистка газовых выбросов от вредных примесей
- Рассеивание газовых выбросов в атмосфере
- Устройство санитарно-защитных зон, архитектурно-планировочные решения

Нормирование атмосферных загрязняющих веществ

Стандарты **качества** устанавливаются для *атмосферного воздуха*.

Стандарты **выбросов** – для *источников загрязнения*.

К стандартам качества атмосферного воздуха относятся **ПДК** – нормативы предельно допустимых концентраций.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) - такое максимальное содержание вредного вещества в единице объема газа (м^3), которое за определенный период не оказывает прямого или косвенного вредного воздействия на человека, $\text{мг}/\text{м}^3$.

- **Максимальная разовая доза ПДК (ПДК м.р)** - максимальная концентрация вредного вещества, при кратковременном воздействии которого (до 20мин) не наблюдается вредного действия этого вещества на организм человека.
- **Среднесуточная ПДК (ПДК с. с)** - максимальная концентрация вредного вещества, которая не оказывает отрицательного действия на организм человека при постоянном воздействии в течение суток и неопределенно долгого времени (год и более).

- В рабочей зоне используют величину – ПДКр.з. Согласно ГОСТ ССБТ 12.1.005-88, **ПДК рабочей зоны (ПДКр.з)** - такая концентрация вредного вещества, которая при ежедневной (41 час) рабочей неделе в течение всего рабочего стажа не вызывает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, при этом такие отклонения не должны проявляться в жизни последующих поколений.
- Рабочая зона - это пространство высотой 2 м над уровнем пола и площадь пола, на которой находятся места постоянного или периодического пребывания работающих.

Для регулирования выбросов вредных веществ в атмосферу используют предел допустимой экологической нагрузки, оказываемой предприятием на окружающую среду в единицу времени. Он устанавливается для источников загрязнения (предприятий) и является научно-техническим нормативом. Для атмосферного воздуха - это величины ***предельно допустимого выброса (ПДВ)*** - *максимальная величина выброса вредных соединений от данного источника в совокупности с другими источниками данного района, которая не создаст в приземной зоне таких концентраций вредных веществ, которые превышали бы величины их ПДК, г/с (для предприятия в целом в т/год).*

ПДВ должны входить в экологический паспорт предприятия.

Мероприятия по уменьшению загрязнения атмосферы от промышленных предприятий

Основными направлениями природоохранных мероприятий являются:

- 1) очистка отходящих газообразных выбросов на действующих предприятиях. Подавляющее большинство действующих предприятий используют процессы с открытыми циклами производства. В этом случае отходящие газы перед выбросом в атмосферу подвергают очистке;
- 2) создание безотходных технологий с замкнутыми циклами и комплексным использованием сырья, где выбросы вредных газов в атмосферу отсутствуют;
- 3) уменьшение загрязнения внутренней производственной среды;
- 4) озеленение и полив территории предприятия.

Очистка отходящих газообразных выбросов на действующих предприятиях

Газовые выбросы классифицируют по следующим принципам:

- по организации отвода и контроля - организованные и неорганизованные;
- по температуре – нагретые (t^0 газопылевой смеси $> t^0$ воздуха) и холодные;
- по признакам очистки – выбрасываемые без очистки (организованные и неорганизованные) и после очистки (организованные).

Уменьшение загрязнения от промышленных предприятий

Существует ряд мероприятий, направленных одновременно на уменьшение загрязнения внутренней и наружной среды. Рассмотрим некоторые из них.

I. Уменьшение загрязнения внутренней производственной среды может достигаться:

- заменой токсичных веществ, обращающихся в технологическом процессе, нетоксичными или малотоксичными, т.е. совершенствованием технологического процесса;
- использованием выбросов для других процессов и производств, т.е. созданием малоотходных технологий;
- герметизацией аппаратуры и коммуникаций, проведением технологических процессов в вакууме.
- гидроподавлением – разбрызгиванием на источник пыли воды;
- проведением технологических процессов с выделением особо токсичных веществ в изолированных помещениях с применением роботов и манипуляторов.

При невозможности герметизации в местах выделения вредных веществ устраивают вентиляционные укрытия и отсосы.

II. Очистка технологических и вентиляционных выбросов.

Улавливание взвешенных частиц.

- Для улавливания взвешенных частиц применяются сухие и мокрые пылеуловители.
- В основе работы сухих аппаратов лежат гравитационные, инерционные, центробежные или фильтрационные механизмы осаждения.
- В основе работы электрофильтров – сообщение взвешенным частицам электрического заряда и их осаждение на электроде.
- В мокрых пылеуловителях используется контакт запылённых газов с жидкостью.

Оборудование для очистки выбросов

- Устройства для очистки газовых выбросов от аэрозолей (пыли, золы, сажи).
- Устройства для очистки выбросов от газо- и парообразных примесей (NO , NO_2 , SO_2 , SO_3 и др.).

Методы газоочистки

1. Механические методы газоочистки.

1. Сухая пыль
2. Мокрая пыль, капли жидкости, туманы

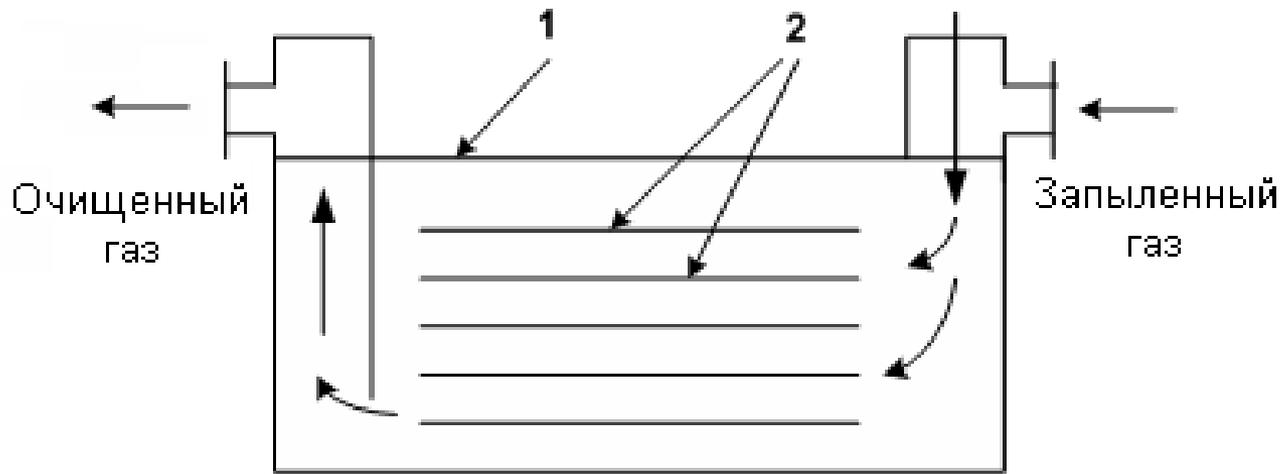
2. Физико-химические методы очистки.

1. Абсорбционные методы
2. Адсорбционные методы

3. Рассеивание вредных веществ отведением выбросов на большую высоту и устройство санитарных зон

Механические обеспыливающие устройства – в которых пыль отделяется под действием сил тяжести, инерции или центробежной силы

Многополочная пылеосадительная камера



1 – корпус; 2 - полки

Запыленный газ поступает в корпус камеры, где установлены горизонтальные полки, расстояние между которыми 100...300 мм. Газ проходит по каналам между полками, на них оседает пыль.

Максимальное содержание пыли $0,02\text{кг/м}^3$, размер улавливаемых частиц 50...500мкм, механизм осаждения - гравитационный, эффективность 30...40%, достоинства - простота изготовления и эксплуатации, недостатки - громоздкость, низкая эффективность

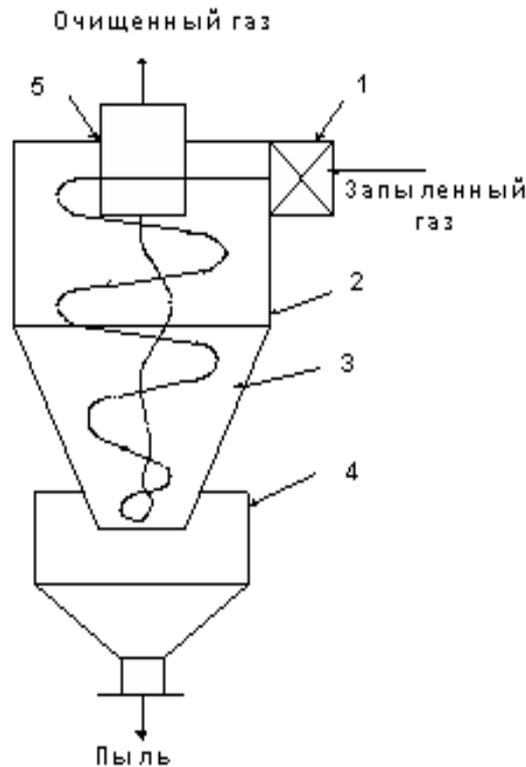
Более высокую степень очистки газов обеспечивает *жалюзийный инерционный пылеуловитель*



Максимальное содержание пыли $0,02 \text{ кг/м}^3$, размер улавливаемых частиц $20 \dots 50 \text{ мкм}$, механизм осаждения инерционный, эффективность 60% , достоинства - простота изготовления и эксплуатации, нет движущихся частей, недостатки - износ пластин при высокой концентрации пыли, большое гидравлическое сопротивление – около 500 Па .

Такие аппараты имеют жалюзийную решетку, состоящую из пластин или колец. Очищаемый газ делает резкие повороты. При резком изменении направления движения газового потока частицы пыли будут стремиться двигаться в прежнем направлении. Частицы пыли ударяются о кольца жалюзи и отбрасываются к оси конуса, а освобожденный газ (в основном от крупных частиц пыли) проходит через зазоры в конусе и удаляется. Другой поток запыленного газа направляется в циклон, где его очищают от пыли и вновь возвращают в жалюзийный пылеуловитель. Чтобы достигнуть инерционного эффекта, скорость потока должна быть достаточно высокой - до 15 м/с .

Из аппаратов *центробежного действия* наибольшее распространение получили *циклоны*



- 1 – входной патрубок; 2 - цилиндрическая камера;
3 – коническая камера; 4 – пылеосадительная камера;
5 - выхлопная труба

Газопылевая смесь подводится к корпусу циклона тангенциально, поэтому частички пыли, вращаясь около внутренней поверхности корпуса, осаждаются под действием центробежных сил и удаляются снизу, а очищенный газ через расположенную в центре трубу уходит в атмосферу.

Для повышения эффективности пылеулавливания применяют гидроциклоны, в которых внутренняя поверхность корпуса смачивается водой.

Одним из наиболее совершенных способов очистки газов от пыли является их **фильтрация**.

Этот способ обеспечивает более высокую степень очистки, чем сухое или мокрое пылеулавливание, и стабильную работу в широком диапазоне температур, физико-химических свойств улавливаемых частиц и расхода газа.

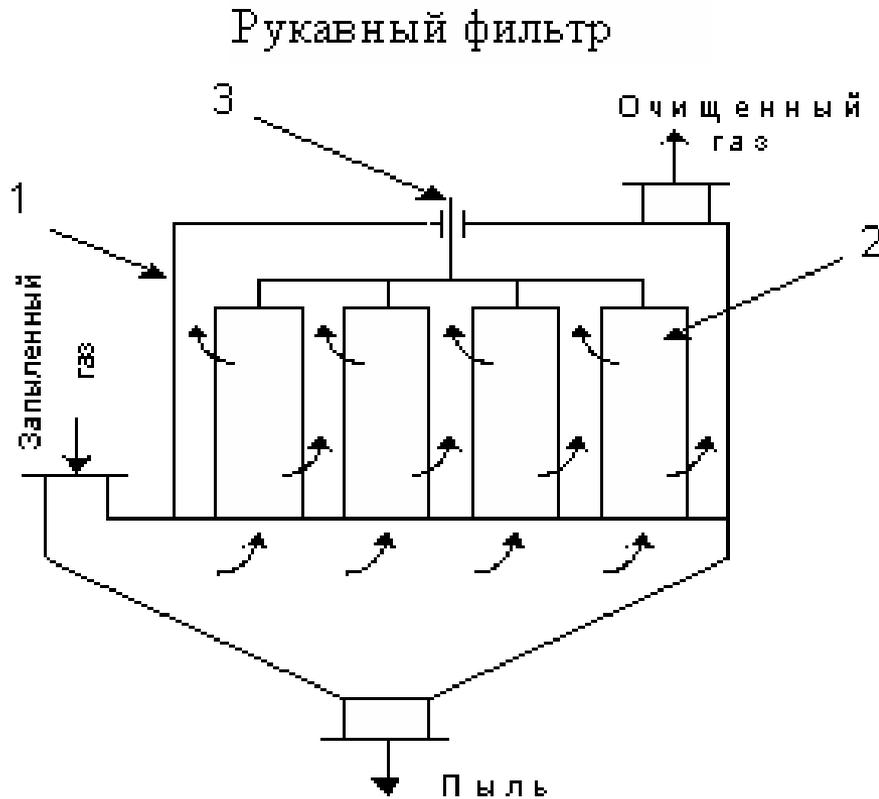
Фильтрующие перегородки весьма разнообразны по своей структуре, но в основном они состоят из волокнистых или зернистых элементов и условно подразделяются на следующие типы:

- 1) гибкие пористые перегородки – тканевые материалы из природных, синтетических или минеральных волокон; нетканые волокнистые материалы (войлоки, клееные материалы, бумага, картон); ячеистые листы (губчатая резина, мембранные фильтры, пенополиуретан);
- 2) полужесткие пористые перегородки – слои волокон, стружка, вязаные сетки, которые располагаются на опорных устройствах или зажаты между ними;
- 3) жесткие пористые перегородки – зернистые материалы (пористая керамика или пластмасса, спеченные или спрессованные порошки металлов, пористые стекла, и т.д.), металлические сетки и перфорированные листы.

В зависимости от назначения и величины входной и выходной концентрации фильтры условно разделяют на три класса:

- 1) фильтры тонкой очистки (высокоэффективные или абсолютные фильтры) - предназначены для улавливания с очень высокой эффективностью (более 99 %) в основном субмикронных частиц из промышленных газов с низкой входной концентрацией (менее 1 мг/м³) и скоростью фильтрования менее 10 см/с. Такие фильтры применяют для улавливания особо токсичных частиц, а также для ультратонкой очистки воздуха при проведении некоторых технологических процессов. Они не подвергаются регенерации. К такому типу фильтров относятся фильтры Петрянова, где используются ультратонкие полимерные волокна;
- 2) воздушные фильтры – используют в системах приточной вентиляции и кондиционирования воздуха. Работают при концентрации пыли менее 50 мг/м³, при высокой скорости фильтрации – до 2,5...3,0 м/с. Фильтры могут быть как регенерируемые, так и нерегенерируемые. Обычно это фильтры с полужесткими перегородками, состоящие из ячеек-кассет;
- 3) Промышленные фильтры (тканевые, зернистые, грубоволокнистые) для очистки промышленных газов концентрацией до 60 г/м³. Фильтры регенерируются.

Наибольшее распространение в промышленной газоочистке получили применение **тканевые рукавные фильтры**



Фильтр представляет собой корпус, внутри которого находятся тканевые мешки (рукава). Нижние открытые концы рукавов закреплены на патрубках трубной решетки. Верхние закрытые концы рукавов подвешены на общей раме. Запыленный газ вводится в аппарат через штуцер и попадает внутрь рукавов. Проходя через ткань, газ очищается от пыли и выходит из аппарата через верхний штуцер. Пыль оседает на внутренней поверхности и в порах ткани. Рукава очищают встряхиванием, продувая затем их воздухом. Пыль оседает в бункер и удаляется из аппарата шнеком.

***Мокрые (гидравлические) способы очистки* ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ.**

Мокрый способ очень эффективен и требует значительно меньше затрат, чем сухая очистка. Наряду с пылями можно улавливать газообразные и парообразные компоненты, и т.д. Мокрая очистка сопровождается охлаждением, увлажнением и иногда окислением газа.

Иногда мокрые пылеуловители *по затратам энергии* подразделяют на:

- низконапорные (гидравлическое сопротивление не более 1,5 кПа). Это форсуночные скрубберы, барботеры, мокрые центробежные аппараты и др.;
- средненапорные (гидравлическое сопротивление 1,5...3000 кПа) - динамические скрубберы, газопромыватели ударно-инерционного действия (ротоклоны), эжекторные скрубберы;
- высоконапорные (гидравлическое сопротивление более 3000 кПа) - скрубберы Вентури, с подвижной насадкой.

Электрические методы очистки. Улавливание туманов.

Одним из наиболее эффективных и совершенных способов очистки промышленных газов от пыли является их очистка на электрофильтрах под действием электрических сил. Принцип действия электрофильтра заключается в том, что пылевидным частицам сообщается заряд (на поверхность частиц адсорбируются ионы).

Под воздействием электрического поля заряженные частицы двигаются к осадительным электродам. Зарядка частиц происходит по двум механизмам:

- воздействие электрического поля (частицы бомбардируются ионами), для частиц более 0,5 мкм;
- диффузия ионов, для частиц менее 0,2 мкм.

Для частиц 0,2...0,5 мкм эффективны оба механизма.

Таким образом, электроочистка включает в себя процессы образования ионов, зарядки пылевых частиц, транспортирование их к осадительным электродам и периодическое разрушение слоя накопившейся пыли на электродах и сброс ее в пылесборный бункер.

По конструктивным признакам электрофильтры различают:

- 1) по направлению хода газов – на вертикальные и горизонтальные;
- 2) по форме осадительных электродов – с пластинчатыми, С-образными, трубчатыми и шестигранными электродами;
- 3) по форме коронирующих электродов – игольчатые, круглого или штыкового сечения;
- 4) по числу последовательно расположенных электрических полей – на одно- и многопольные;
- 5) по расположению зон зарядки и осаждения – на одно и двухзонные;
- 6) по числу параллельно работающих секций – на одно- и многосекционные.

Размер улавливаемых частиц - 0,01...100 мкм, эффективность до 99,9 %. С помощью электрофильтров очищают большие объемы газов от пыли при достаточно высоких температурах – до 4500 С в агрессивных средах.

Улавливание туманов

- При улавливании туманов используются мокрые электрофильтры, волокнистые и сеточные. Туманы образуются при производстве серной кислоты, фосфорной кислоты, при концентрировании различных кислот и солей, при испарении масел и т.д. вследствие термической конденсации паров или в результате химического взаимодействия веществ, находящихся в аэродисперсной системе.
- Принцип действия волокнистых фильтров-туманоуловителей основан на захвате частиц жидкости волокнами при пропускании туманов через волокнистый слой. При контакте с поверхностью волокна происходит коалесценция (слияние) уловленных частиц и образование пленки жидкости, которая движется внутри слоя волокон и затем распадается на отдельные капли, которые удаляют с фильтра.

Физико-химические методы очистки

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 – процесс избирательного поглощения одного или нескольких компонентов из газовой смеси **жидкими поглотителями**.

Это непрерывный и, как правило, циклический процесс, так как поглощение примесей обычно сопровождается регенерацией поглотительного раствора и его возвращением в начале цикла очистки.

Адсорбционные методы применяют для разделения парогазовых смесей на компоненты с выделением фракций, осушки газов и для санитарной очистки газовых выхлопов.

Адсорбционная очистка – процесс избирательного поглощения одного или нескольких компонентов из газовой или жидкой смеси **твёрдыми поглотителями**.

Адсорбционные методы являются надёжным средством защиты атмосферы от токсичных газообразных веществ, они обеспечивают возможность концентрирования и утилизации этих веществ.

Среди современных способов удаления газообразных загрязнителей из газовых выбросов становятся очень популярными **каталитические установки**.

Каталитические методы очистки отходящих газов основаны на каталитическом окислении или восстановлении компонентов газообразной смеси, где органические вещества окисляются до углекислого газа и воды, сероводород до серы, SO_2 до SO_3 (с последующим получением серной кислоты), CO до CO_2 и т.д.

Катализатор обеспечивает превращения взаимодействующих веществ, но сам участия в химических реакциях не принимает. В большинстве случаев токсичные вещества попросту подвергаются деструктивной очистке на катализаторе, т.е. разрушаются.

Достоинствами каталитического метода являются глубокое обезвреживание отходящих газов. Процессы каталитического окисления, как правило, экзотермичны, и выделяющееся тепло можно использовать. Одним из серьезных **недостатков** данного метода является возможность необратимого отравления катализаторов серой и щелочными металлами.

Высокотемпературное обезвреживание газов

Для обезвреживания газов от легкоокисляемых токсичных, а также от дурнопахнущих примесей используют методы прямого сжигания, или **высокотемпературное обезвреживание газов**. Их преимуществами являются относительная простота аппаратного оформления и универсальность использования, так как при сжигании практически не важен состав обезвреживаемой смеси.

Простейший метод - факельное сжигание возможен, когда концентрация горючих загрязнителей близка к нижнему пределу воспламенения. В этом случае примеси служат топливом, температура процесса 750...900°С и теплоту горения примесей можно утилизировать.

Рассеивание вредных веществ отведением выбросов на большую высоту и устройство санитарных зон

Довольно часто загрязненные выбросы отводят на большую высоту. При этом выбрасываемые вредные вещества (обычно оксиды азота и сернистый ангидрид отходящих дымовых газов тепловых электростанций), достигая приземного пространства, рассеиваются, их концентрации снижаются до предельно допустимых.

Некоторые вредные вещества на большой высоте переходят в иное состояние (конденсируются, вступают в реакции с другими веществами), а такие, как, например, ртуть, осаждаются на поверхности земли, листве, строениях, и при повышении температуры снова испаряются в воздух.

Основными показателями, определяющими максимальные концентрации загрязняющих веществ в приземном пространстве, являются их количество, содержащееся в выбросе, и высота выброса.

Наиболее распространено отведение на большую высоту загрязняющих веществ с помощью труб, которые в отдельных случаях достигают высоты 35 м и более. Эту высоту вычисляют по формуле согласно санитарным нормам.

Для отведения выбросов на большую высоту используют не только высокие трубы, но и так называемые факельные выбросы, представляющие собой конические насадки на выхлопном отверстии, через которые загрязненные газы выбрасываются вентилятором с большой скоростью (20...30 м/с). Применение факельных выбросов создает меньшие единовременные затраты, но вызывает больший расход электроэнергии при эксплуатации.

Санитарно-защитные зоны

Для уменьшения концентрации вредных веществ на территории, которая окружает промышленные предприятия, устраивают **санитарно-защитные зоны (СЗЗ)**.

Они предназначены также для защиты этих территорий от запахов сильнопахнущих веществ, вредных веществ, повышенных уровней шума, вибрации, ультразвука, электромагнитных волн, радиочастот, статического электричества и ионизирующих излучений, источниками которых являются промышленные предприятия.

Санитарно-защитная зона начинается непосредственно от источника выделения вредных веществ: трубы, шахты и т. д. Для установления размеров санитарно-защитных зон в зависимости от характера и масштабов производственных вредностей введена санитарная классификация промышленных предприятий.

Категорирование класса предприятия

- Согласно СП 2.2.1.1312-03 «Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий» существуют **пять классов** предприятий.
- К I и II классу относятся крупные предприятия атомной, химической, нефтеперерабатывающей, металлургической, машиностроительной и некоторых других отраслей промышленности, тепловые электрические станции, которые оказывают особо неблагоприятные воздействия на окружающую среду.
- Предприятия имеют санитарно-защитную зону:
 - I класса 1000м,
 - II - 500м,
 - III - 300м (лакокрасочные производства),
 - IV - 100м (производство синтетических моющих средств),
 - V - 50м (производство лекарств).

Санитарно-защитная зона (СЗЗ)

- Это полоса, отделяющая источники промышленного загрязнения от жилых или общественных зданий для защиты населения от влияния вредных факторов производства.

Ширина СЗЗ устанавливается в зависимости от класса производства, степени вредности и количества выделенных в атмосферу веществ (50 – 1000 м).

Зеленые насаждения СЗЗ

Зеленые насаждения обогащают воздух кислородом, способствуют рассеиванию вредных веществ и поглощают их. Под озелененную площадь предприятия рекомендуется отводить 60...75 % общей площади СЗЗ.

По характеру защитного действия посадки разделяют на фильтрующие и изолирующие.

- ***Фильтрующими*** называют посадки, продуваемые и ажурные по структуре, которые выполняют роль механического и биологического фильтра. Это основные посадки для СЗЗ занимают около 90 % всей озелененной площади.
- ***Изолирующими*** называют посадки плотной структуры, которые создают на пути загрязненного воздушного потока механическую преграду. При нормальных погодных условиях они снижают содержание газо- и парообразных примесей на 25...35 % благодаря отклонению, рассеиванию и поглощению.