

**РАН 0450 Защита окружающей
среды в горной промышленности**
Mining Environmental Protection

**Защита атмосферы в горной
промышленности**
Лекция 4

Анна Голубцова
anna.golubtsova86@gmail.com

**TTÜ Virumaa Kolledz
Kohtla-Järve 2011**

Состав атмосферы

- Основные составные части атмосферного воздуха подразделяют на три группы:
- **Постоянные**
 - Те газы, чей состав (%) в атмосфере практически неизменчив
 - N_2 , (78%) O_2 (21%), Ar (0,93%) и другие благородные газы (He, Ne, Kr, Xe, Rn)
- **Переменные**
 - В составе атмосферы есть **водный пар** и CO_2 (0,033%)
- **Случайные**
 - компоненты, которые попадают в атмосферу как правило в очень разных количествах
 - CO, NO_x , O₃, C_nH_m , NH_3 , H_2 , SO_2 ит.

Продолжительность жизни веществ в атмосфере

Вещество	Уравнение	Средняя продолжительность жизни
Гелий	He	10^7 лет
Азот	N ₂	$10^6 - 2 \cdot 10^7$ лет
Кислород	O ₂	$5 \cdot 10^3 - 10^4$ лет
Диоксиды углероды	CO ₂	5-10 лет
Водород	H ₂	4-8 лет
Метан	CH ₄	4-7 лет
Оксонитрид азота	N ₂ O	2,5-4 лет
Озон	O ₃	0,3-2 лет
Монооксиды углерода	CO	0,2-0,5 лет
Диоксиды азотыа	NO ₂	8-11 суток
Вода	H ₂ O	10 суток
Сульфат-ион	SO ₄ ²⁻	10 суток
Оксиды азота	NO	9 суток
Аммоний	NH ₃	5-6 суток
Нитрат-ион	NO ₃ ⁻	5 суток
Диоксиды серы	SO ₂	2-4 суток
Сероводород	H ₂ S	0,5-4 суток
Хлороводород	HCl	4 суток

Загрязнение атмосферы

- **Источником загрязнения атмосферы** могут быть природный или техногенный процесс, который рассеивает в атмосферу загрязняющие вещества
 - **Природные источники** загрязнения: вулканы, лесные и степные пожары, деятельность живых организмов, процессы разложения органического вещества, реакции в атмосфере.
 - **Антропогенные или техногенные источники** загрязнения: теплоэлектростанции, промышленные предприятия, транспорт, сельское хозяйство, животноводство, бытовые отходы и т.д.

Основные загрязняющие вещества и источники

Загрязняющее вещество	ТЭС	Транспорт	Нефтепромышленность	Химическая промышленность	Производство металлов	Сжигание отходов
Пыль	X	x			x	X
CO	x	x				X
CO ₂	x	x				X
SO ₂	x	x	X	x		X
NO _x	x	x	X	x		X
VOCs	x	x	X	x		X
Тяжелые металлы	x	x		x	x	X
CFCs					x	X

Основные загрязняющие

вещества

<i>Загрязняющее е вещество</i>	<i>Признаки</i>	<i>Пометки</i>
SO_2	Бесцветный, с кислым запахом, в воде дает H_2SO_3	Повреждает растения, стройматериалы, дыхательные пути
SO_3	Растворим в воде с образованием H_2SO_4	Очень коррозионный Väga korrodeeriv
H_2S	При низких концентрациях с запахом тухлых яиц, при высоких – без запаха	ОЧЕНЬ ЯДОВИТЫЙ!
N_2O	Без запаха, используют в аэрозоле как подающий газ Lõhnatu, kasutatakse aerosooli kandegaasina	Относительно инертный, но парниковый газ
NO	Бесцветный	Возникает в процессе горения, окисляется на воздухе до NO_2

<i>Загрязняющее вещество</i>	<i>Признаки</i>	<i>Пометки</i>
NO₂	Коричневого.....оранжевого цвета	Компонент фотохимического смога; ядовитый
CO	Без запаха и цвета	Продукт неполного сгорания, ядовитый
CO₂	Без цвета и запаха	Парниковый газ
O₃	С характерным острым запахом, химически очень активен	Компонент фотохимического смога, повреждает растения и материалы
CnHm	Очень широкий спектр ароматики	В выхлопных газах машин
NF	Бесцветный, кислотный, реактивный	Удобрения и алюминиевая промышленность. Ядовитый

Основные загрязняющие атмосферу вещества

- Летучая зола

- Сланцевая летучая зола является щелочной
- Действует как нейтрализатор кислотных отходов
- Влияет на здоровье человека и на экосистемы, PM_{10} , $PM_{2,5}$
- Состав летучей золы:

- $CaO \approx 39\%$
- $SiO_2 \approx 30\%$
- $Al_2O_3 \approx 8\%$
- $MgO \approx 5\%$
- $Fe_2O_3 \approx 4\%$
- $SO_3 \approx 4\% \text{ jt}$

Проблемы связанные с загрязнением атмосферы

- Глобальное потепление климата
- Уменьшение озонового слоя
- Кислотные дожди
- Смог
- Влияние на здоровье человека
- Влияние на растительность и животных
- Влияние на материал
- Эстетическое и психологическое влияние

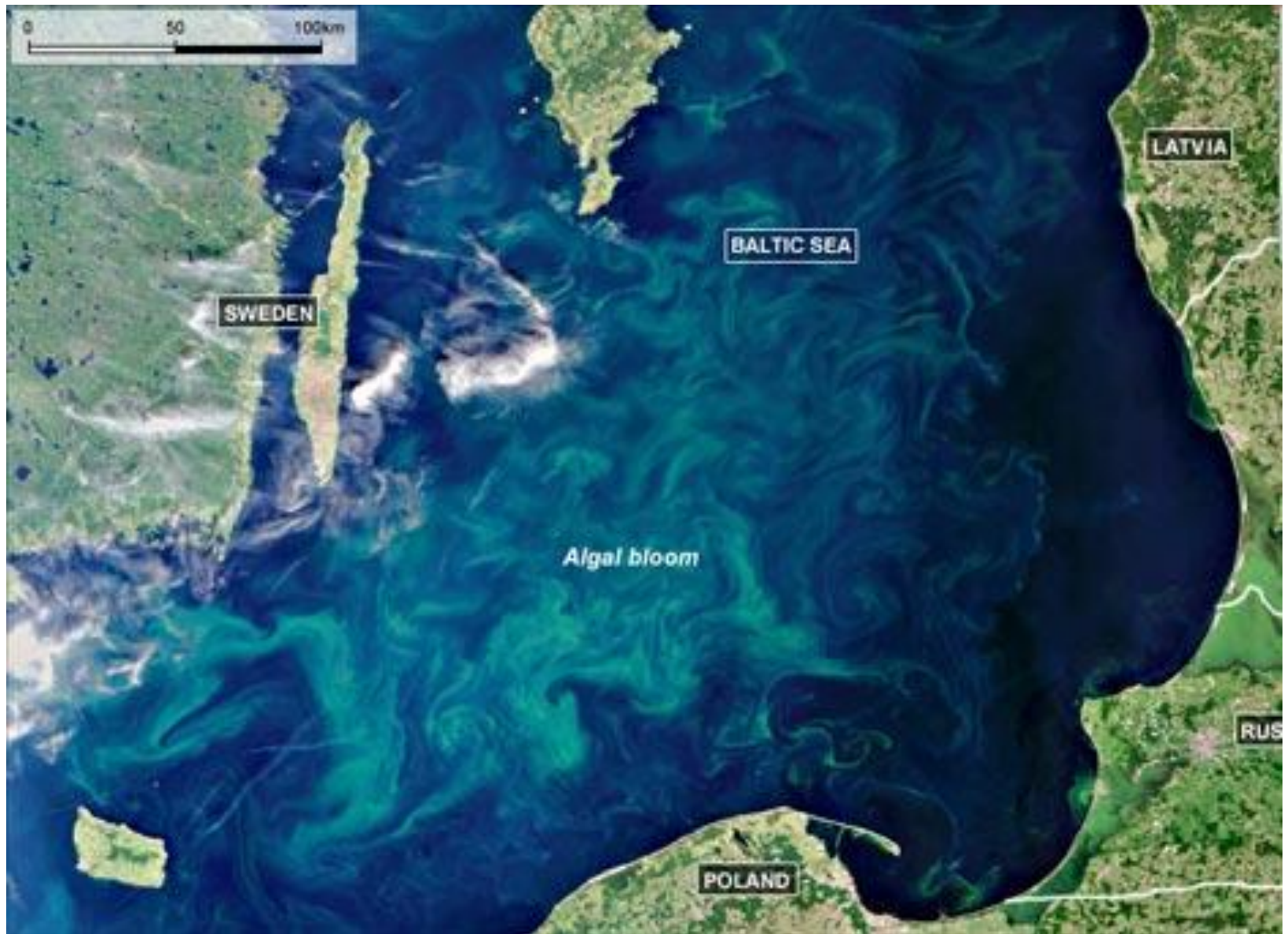


СМОГ
Лос-Анджелес, 2004





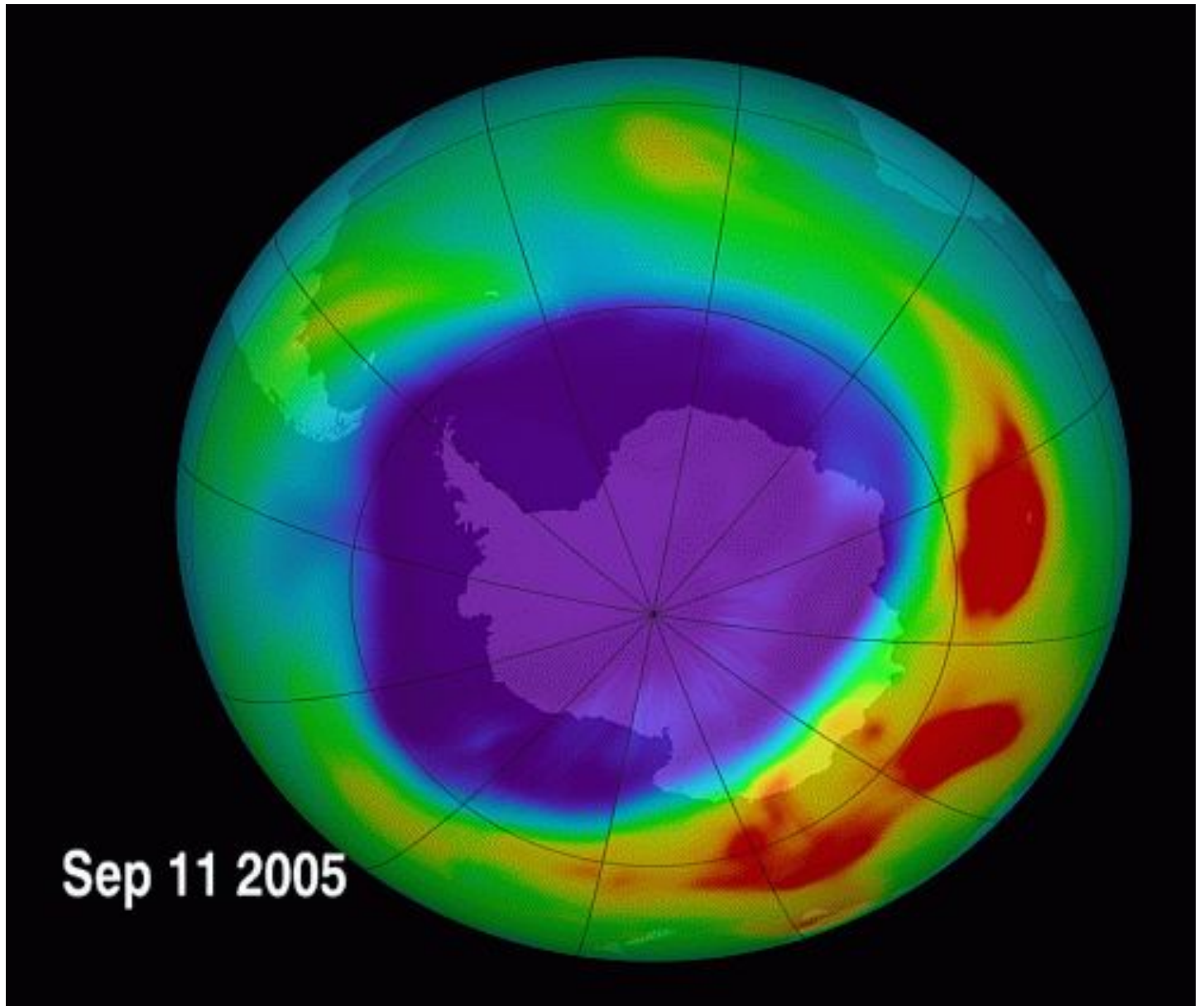
Смог Лондонского типа, 1952 г



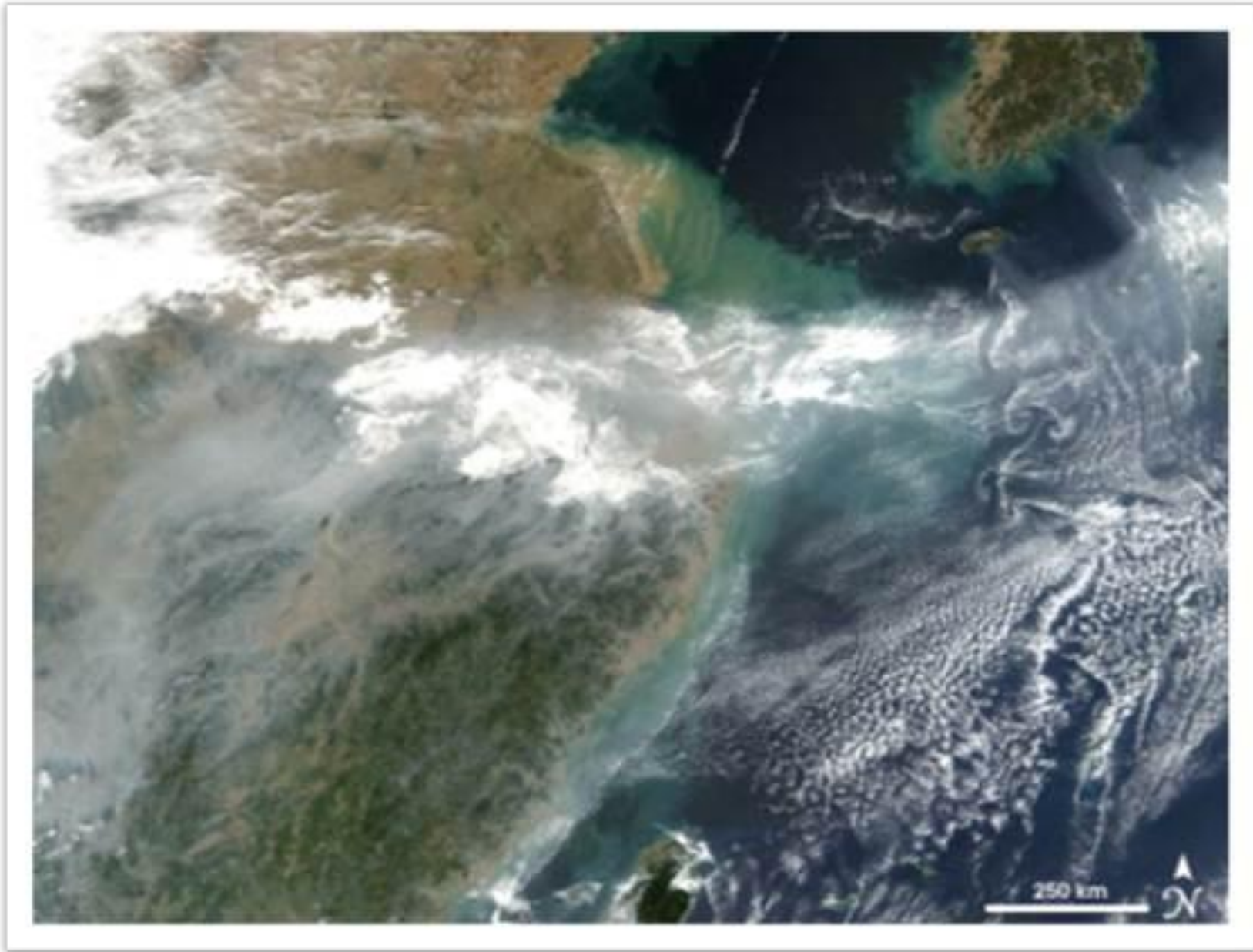
Эвтрофикация.
Балтийское море, 11 июля 2010 г ¹²



Балтийская Электростанция

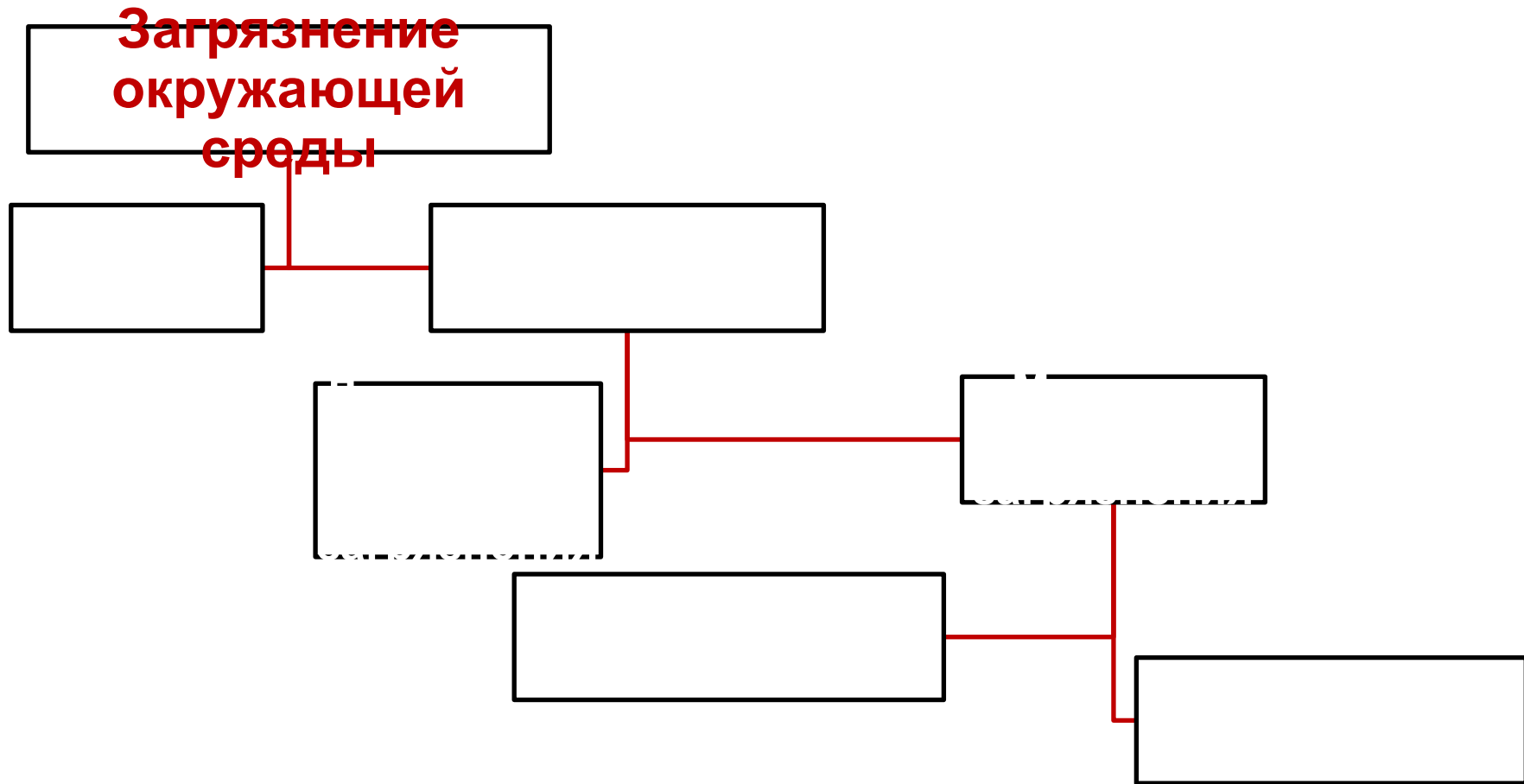


Озоновая дыра



Трансграничный перенос загрязнений

Виды загрязнения окружающей среды



Источники загрязнения

- Местные (Стационарные):
 - Вентиляция шахт
 - Взрывные работы
 - Открытые склады полезных ископаемых, горных пород и пустых пород
 - Отвалы
 - Обоганительные фабрики
 - Возгорания закрытых шахт, карьеров и торфяных болот
 - Движущиеся
 - Транспорт

Взрывные работы



Harku karjäär, paekivi lõhketööd

Отвалы



Обогащительная фабрика



Гора пустых пород шахты Виру



Котельня



Возгорание торфяного болота



Движущиеся источники загрязнения



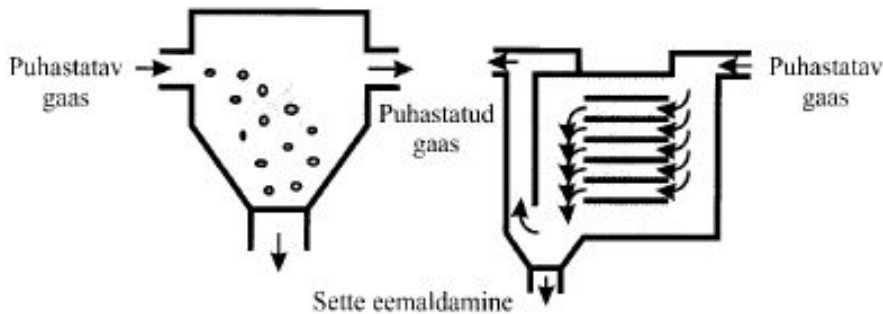
Очистка газов

- **Удаление пыли**
 - **Осаждение** (пылеосадительные камеры, пылевые мешки, циклоны)
 - **Мокрая очистка** (мокрые скрубберы, Скрубберы Вентури)
 - **Фильтрация** (мешочные фильтры, фильтры с гранулированным сыпучим материалом и др)
 - **Электроочистка** (Электрофильтры)

Осаждение

- **Сущность метода:**
 - Осаждение частиц пыли под действием силы тяжести, инерционной силы и центрифугальной силы.
- **Аппараты**
 - Пылеосадительные камеры
 - Инерционные пылеуловители (пылевые мешки)
 - Циклоны

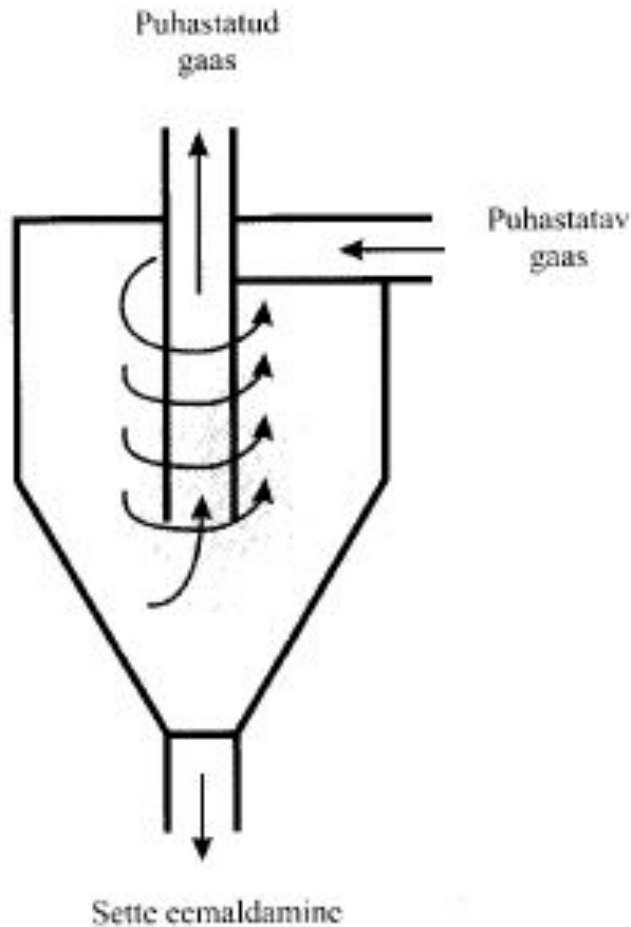
Пылеосадительные камеры



Joonis 25. Tolmusadestuskambrid

- Самые старые газоочистители работают под силой тяжести и это пылеосадительные камеры или газовые проходы
- **Пылеосадительные камеры** подходят только для отделения толстой пыли ($> 20 \mu\text{m}$). Тонкую пыль (1μ и меньше) они не отделяют.

Циклоны



- Очищают также от тонкой пыли используется центрифугальная сила (заставляет запыленный газ вращаться)
- **Циклоны** широко используют в цементной, угольной и металлургической

ЦИКЛОНЫ

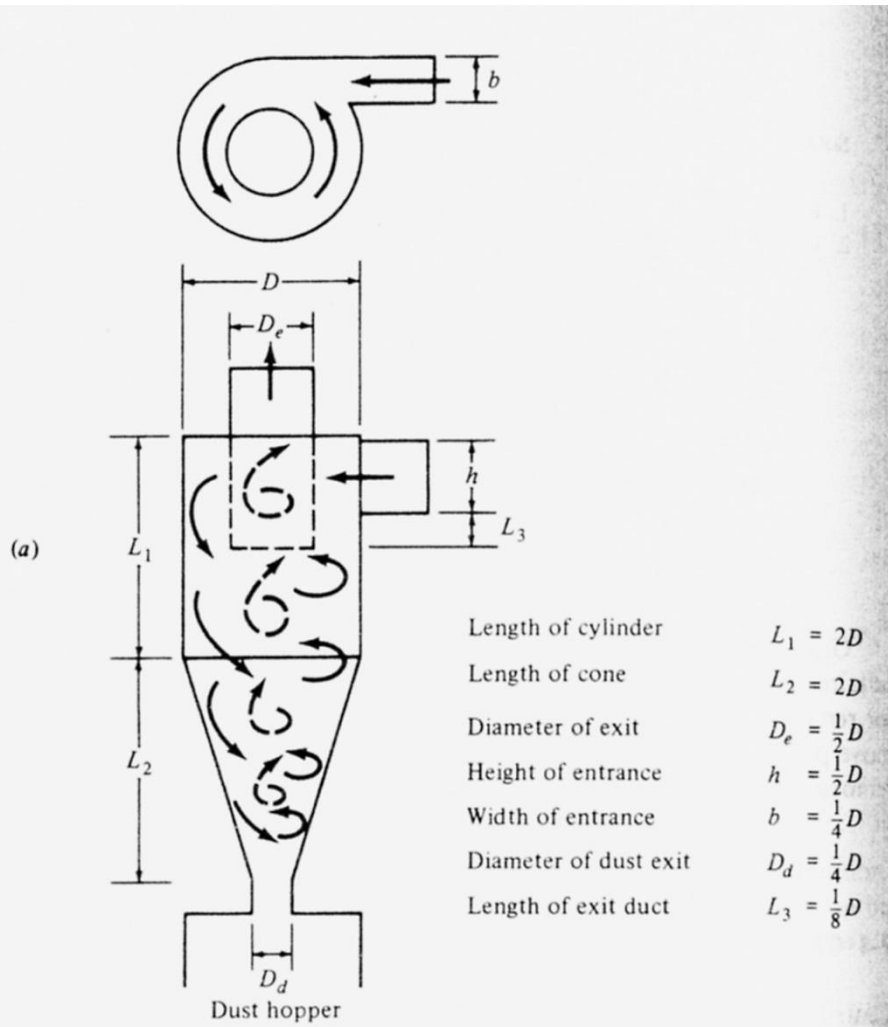
- **Преимущества:**

- Простое и работоустойчивое строение
- Необходимость небольшой площади
- Низкое до тõõdukas напряжение (rõhukadu)
- Возможность обрабатывать газы с большим содержанием пыли

- **Недостатки:**

- не отделяет пыль ($< 1 \mu\text{m}$)
- Не очищает клейкую пыль
- Чувствительны к колебаниям потока газа

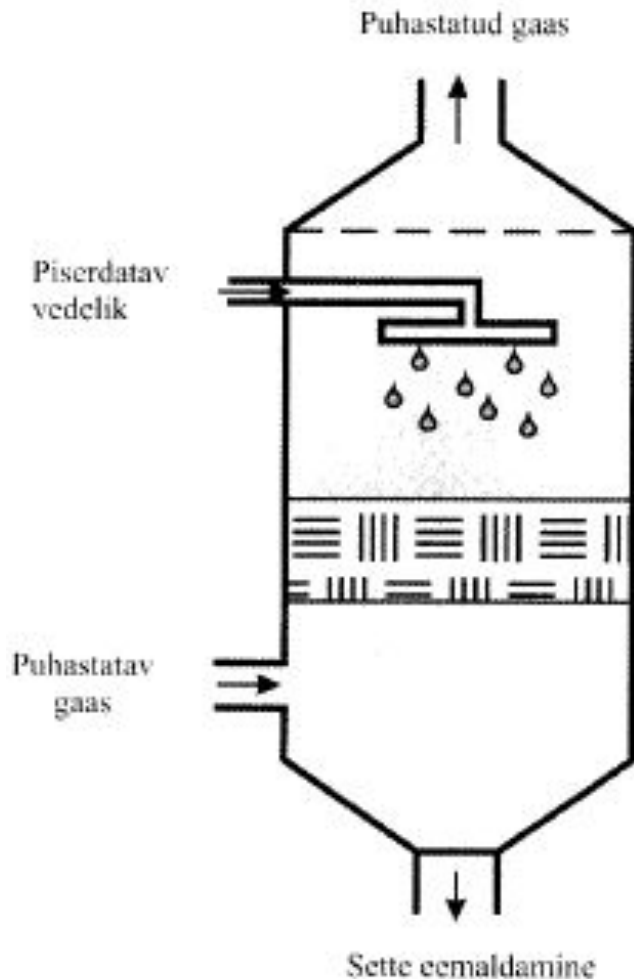
ЦИКЛОНЫ



Мокрая очистка

- **Сущность метода:**
 - Удаление твердых взвешенных частиц из газа при столкновении между газом и жидкостью
- **Аппараты:**
 - мокрые скрубберы, Скрубберы Вентури, пенные аппараты

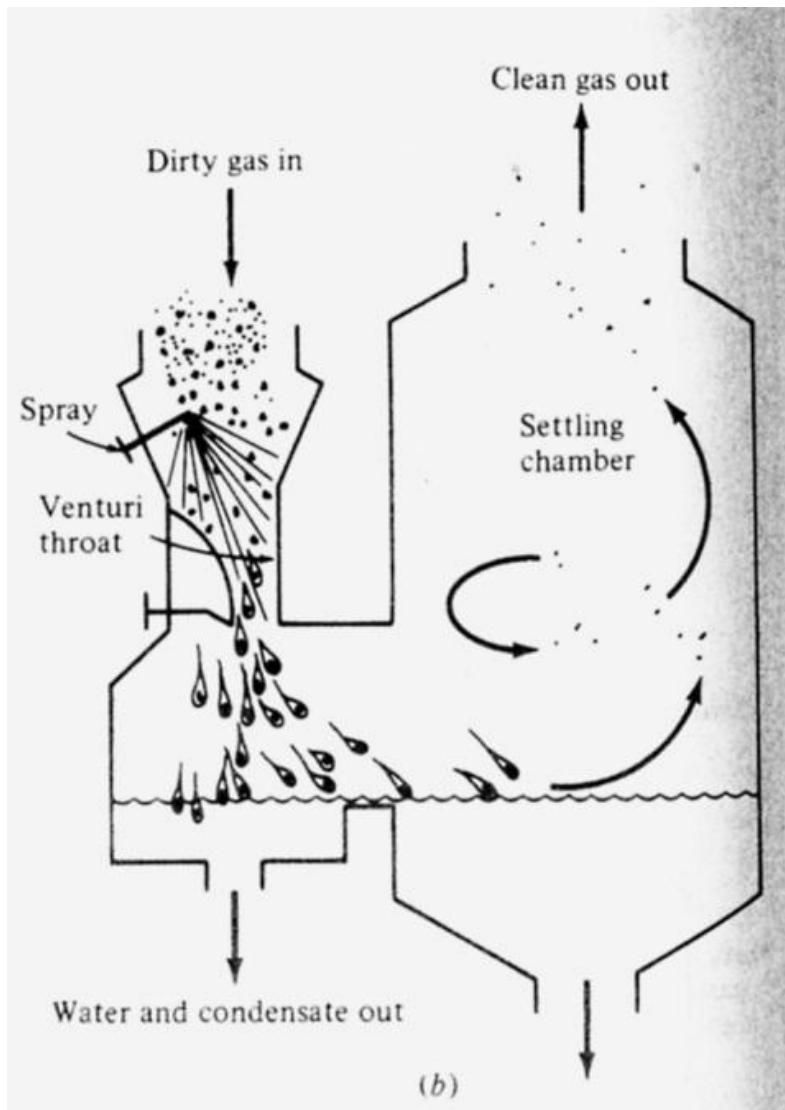
Мокрая очистка



Joonis 29. Märgpuhastusseade

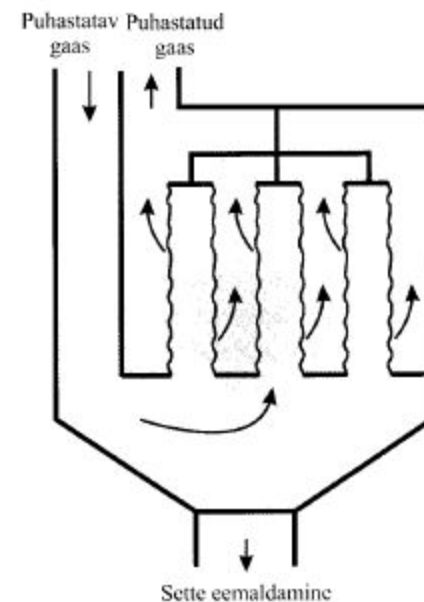
- Газообразные загрязняющие вещества невозможно удалить осаждением, центрифугированием или фильтрованием. Для этого (чаще для удаление твердых взвешенных частиц) используют так называемые аппараты мокрой очистки
- Это устройства, где содержащийся SO_2 , NO_x , HF и др. вводятся в контакт с раствором, с которым данный газ хорошо реагирует
- Растворимость в воде и в водном растворе всех газов улучшается с понижением температуры

Скруббер Вентури



Фильтрация

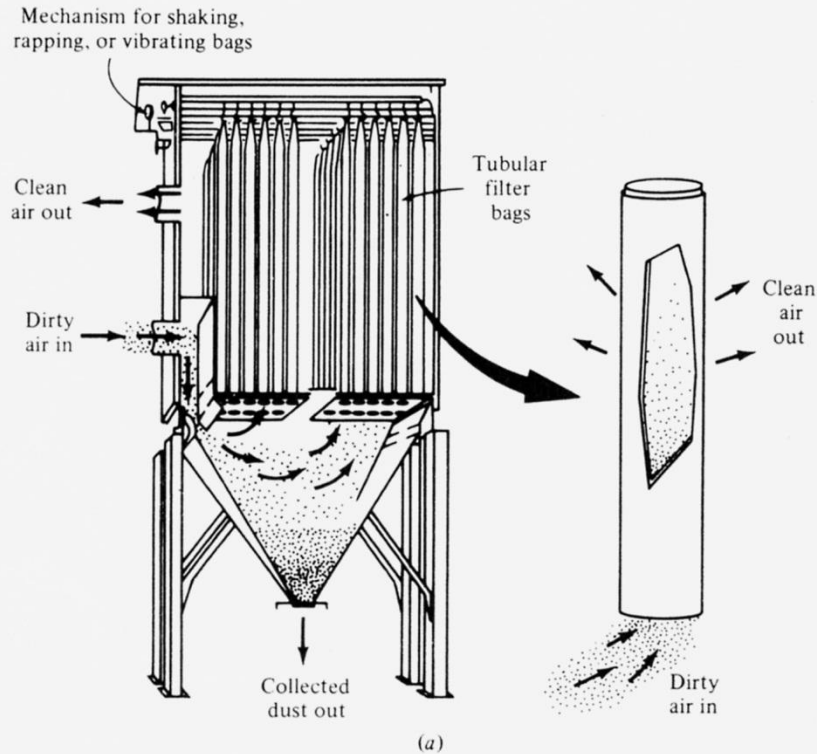
- **Сущность метода:**
 - Газ, содержащий твердые взвешенные частицы направляют через пористый материал, где улавливаются частицы пыли
- **Аппараты:**
 - Мешочные фильтры, фильтры с гранулированным сыпучим материалом, керамические трубки и др



Joonis 28. Filterpüüdja

Фильтрация

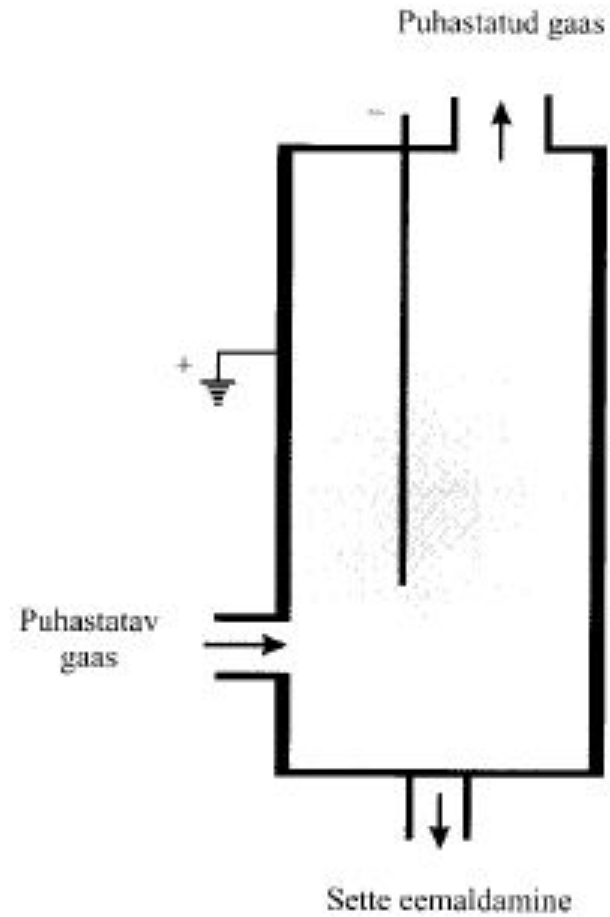
- **Тканевые фильтры** впервые начали использовать угольных теплоэлектростанциях
- Фильтры работают как пылесос – запыленный газ или выдувается или всасывается через плотные тканевые «пальцы» («рукава»)
- Опавшая пыль собирается в бункер, откуда удаляется
- Чтобы очистить горячие дымовые газы, материалом для фильтра начали использовать синтетические материалы, стекловолокно и металлокерамику



Тканевой фильтр

Электроочистка

- **Сущность метода:**
 - Твердые взвешенные частицы удаляют из газа под действием электростатической силы
- **Аппараты:**
 - Электрофильтры



Joonis 30. Elektrofiler

Электрофилтры

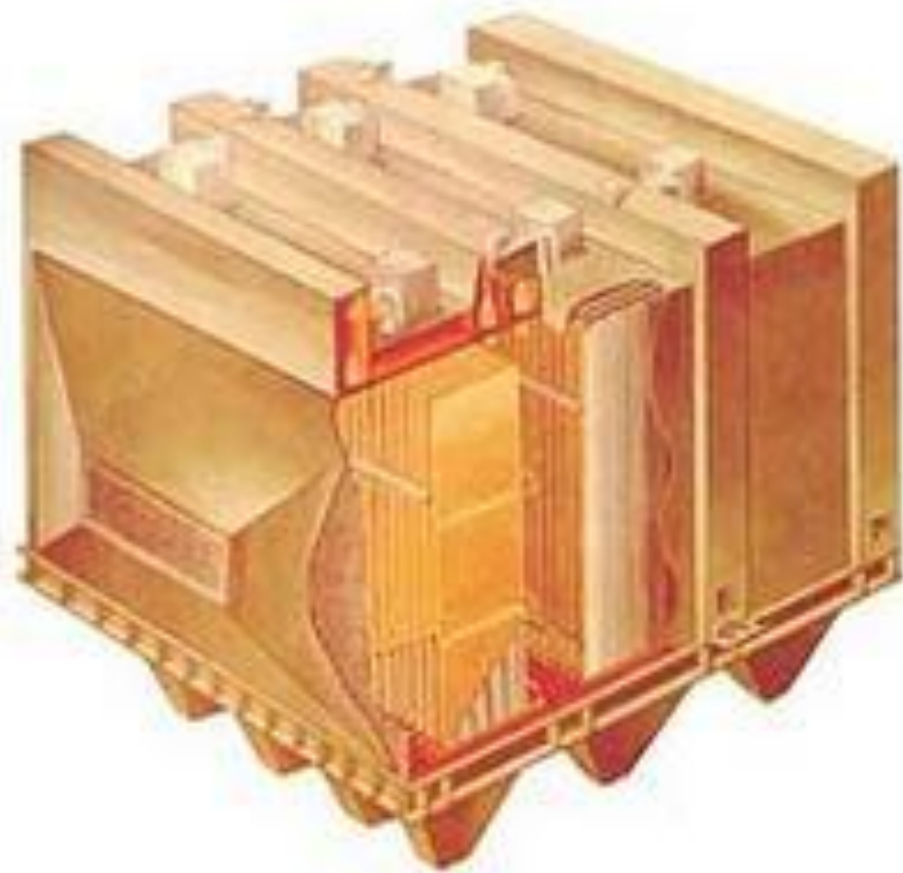
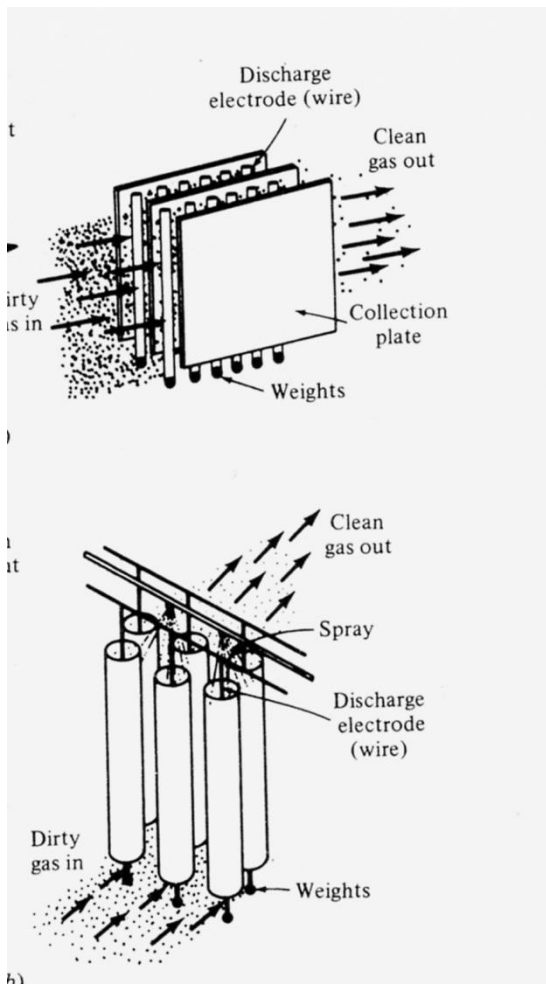
Достоинства:

- Очень небольшая сопротивляемость (потеря энергии)
- Температура газов может быть до 500-550° С.
- Также можно удалять из газов капельки жидкости (мокрые электрофилтры)

Недостатки:

- Относительно высокая цена
- Низкая эффективность в случае капелек жидкости и твердых взвешенных частиц с низкой электропроводностью
- Вопросы повышенной безопасности работающих аппаратов с высоким напряжением

Электрофилтры



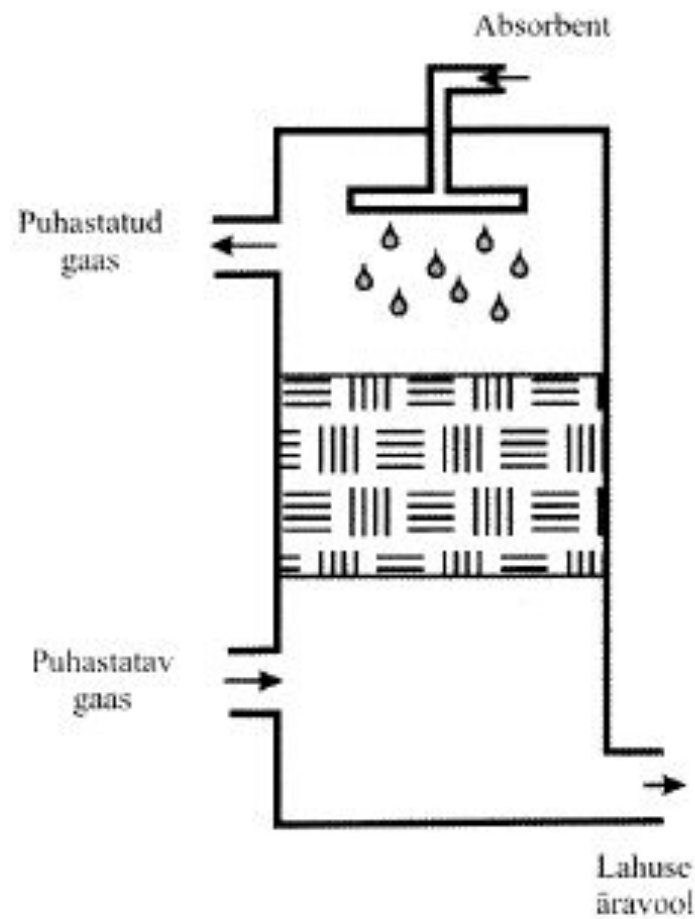
Пластинчатый и трубчатый электрофилтры

Очистка газов

- **Удаление газообразных примесей**
 - **Абсорбция** (скрубберы, тарелочные скрубберы, абсорберы)
 - **Адсорбция** (адсорбенты: уголь активированный, силикагель, алюмогель, цеолиты, соединения кальция)
 - **Каталитическая очистка** (катализаторы; металлы (платину, палладий, медь) или их соединения (оксиды меди, марганца и др.))
 - **Термическое дожигание** (печи с факельными горелками)
 - **Биохимическая очистка** (при помощи микроорганизмов)

Абсорбция

- **Сущность метода:**
 - Очищаемый газ обрабатывают растворителем, затем одна или несколько примесей поглощаются в нем
- **Аппараты:**
 - скрубберы, тарелочные скрубберы, абсорберы
- **Область использования:**
 - В данном растворителе удаление хорошо растворяющихся газов (NH_3 , HCl , H_2S , SO_2 др)

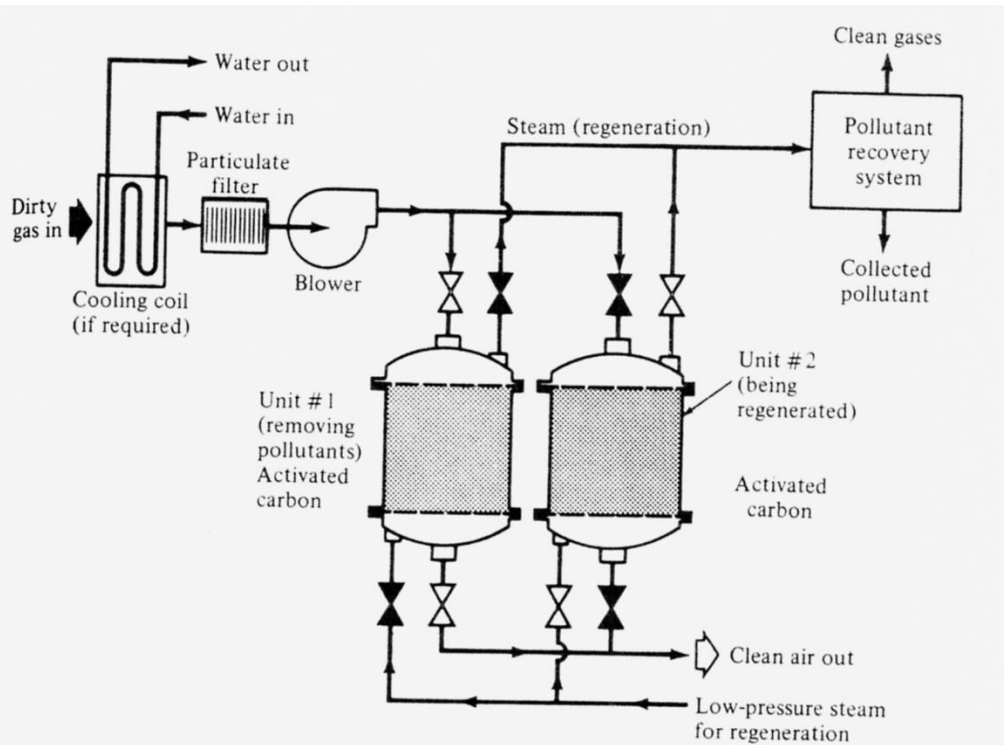


Joonis 31. Absorptsioonkolonn

Адсорбция

- **Сущность метода:**
 - Метод основан на свойстве пористых веществ (уголь активированный, силикагель, алюмогель, цеолиты) связывать на своей поверхности выборочно определенные вещества
- **Аппараты:**
 - Адсорберы с неподвижным и движимым наполнителем
 - Адсорбенты: уголь активированный, силикагель, алюмогель, цеолиты, соединения кальция)
- **Область применения:**
 - Удаление летучих растворителей, паров, сероводорода, аммиака, углеводородов и др.

Адсорбция



- Гранулированный активированный уголь адсорбирует примерно 8 кг ацетона (растворитель используемый в электронике и фармацевтической промышленности) на 100 кг свежего угля

Система адсорберов со слоем активированного угля

Каталитическая очистка

- **Сущность метода:**
 - В неочищенном газе содержащиеся вредные компоненты изменяются в катализаторе на менее вредные или безвредные вещества
- **Аппараты:**
 - Каталитические реакторы
 - Катализаторы: металлы (платину, палладий, медь) или их соединения (оксиды меди, марганца)
- **Область применения:**
 - Окисление углеводородов и CO, очистка выхлопных газов

Каталитическая очистка



Каталитическая схема аппарата газоочистки

- Катализаторы могут понижать температуру сгорания
- Катализатор обычно в виде цилиндрических или шарообразных гранул диаметром 1,5-15 мм.
- Каталитическое сжигание это процесс без «пламени», лежит в промежутках температур 500-1000°E (260 – 600°С)

Термическое дожигание

- **Сущность метода:**
 - Сжигание газа
- **Аппараты:**
 - Печи с факельными горелками
- **Область применения:**
 - применяют главным образом при высокой концентрации примесей (превышающей пределы воспламенения) и значительном содержании в газах кислорода

Печи с факельными горелками



Метод можно использовать, если

- в газе есть кислород (основной газ – воздух)
- Примесь окисляется
- Примеси так мало, что утилизация не оправдывается
- Количество воздуха слишком большое для применения другого метода очистки

Биохимическая очистка

- **Сущность метода:**
 - Разложение при помощи микроорганизмов
- **Аппараты:**
 - Биоскрубберы
- **Применение:**
 - Удаление дурнопахнущих органических веществ

Биофильтр



- Для очистки газов можно использовать также биологический метод, где происходит биохимическое окисление загрязняющих веществ через метаболизм микроорганизмов
- Для проведения процесса необходимо, чтобы газ контактировал с биомассой
- Наполнительным материалом может быть инертный, нейтральный или дешевый материал – торф, сено, стружки, компост и др

Использованная литература:

- Lembit Nei, Aksel Koorits “Sissejuhatus keskkonnakeemiasse”
- Rein Muntter “Keskkonnatehnoloogia alused ja õhk”, материалы