

**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,  $NO_x$ , O<sub>3</sub>,  $C_nH_m$ ,  $NH_3$ ,  $H_2$ ,  $SO_2$  ит.

# Продолжительность жизни веществ в атмосфере

Вещество	Уравнение	Средняя продолжительность жизни
Гелий	He	$10^7$ лет
Азот	N <sub>2</sub>	$10^6 - 2 \cdot 10^7$ лет
Кислород	O <sub>2</sub>	$5 \cdot 10^3 - 10^4$ лет
Диоксиды углероды	CO <sub>2</sub>	5-10 лет
Водород	H <sub>2</sub>	4-8 лет
Метан	CH <sub>4</sub>	4-7 лет
Оксонитрид азота	N <sub>2</sub> O	2,5-4 лет
Озон	O <sub>3</sub>	0,3-2 лет
Монооксиды углерода	CO	0,2-0,5 лет
Диоксиды азотыа	NO <sub>2</sub>	8-11 суток
Вода	H <sub>2</sub> O	10 суток
Сульфат-ион	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	10 суток
Оксиды азота	NO	9 суток
Аммоний	NH <sub>3</sub>	5-6 суток
Нитрат-ион	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5 суток
Диоксиды серы	SO <sub>2</sub>	2-4 суток
Сероводород	H <sub>2</sub> 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	<b>Сжигание отходов</b>
Пыль	X	x			x	<b>X</b>
CO	x	x				<b>X</b>
CO <sub>2</sub>	x	x				<b>X</b>
SO <sub>2</sub>	x	x	X	x		<b>X</b>
NO <sub>x</sub>	x	x	X	x		<b>X</b>
VOCs	x	x	X	x		<b>X</b>
Тяжелые металлы	x	x		x	x	<b>X</b>
CFCs					x	<b>X</b>

# Основные загрязняющие

## вещества

<i>Загрязняющее е вещество</i>	<i>Признаки</i>	<i>Пометки</i>
$\text{SO}_2$	Бесцветный, с кислым запахом, в воде дает $\text{H}_2\text{SO}_3$	Повреждает растения, стройматериалы, дыхательные пути
$\text{SO}_3$	Растворим в воде с образованием $\text{H}_2\text{SO}_4$	Очень коррозионный Väga korrodeeriv
$\text{H}_2\text{S}$	При низких концентрациях с запахом тухлых яиц, при высоких – без запаха	<b>ОЧЕНЬ ЯДОВИТЫЙ!</b>
$\text{N}_2\text{O}$	Без запаха, используют в аэрозоле как подающий газ Lõhnatu, kasutatakse aerosooli kandegaasina	Относительно инертный, но парниковый газ
$\text{NO}$	Бесцветный	Возникает в процессе горения, окисляется на воздухе до $\text{NO}_2$

<i>Загрязняющее вещество</i>	<i>Признаки</i>	<i>Пометки</i>
<b>NO<sub>2</sub></b>	Коричневого.....оранжевого цвета	Компонент фотохимического смога; <b>ядовитый</b>
<b>CO</b>	Без запаха и цвета	Продукт неполного сгорания, <b>ядовитый</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	Без цвета и запаха	Парниковый газ
<b>O<sub>3</sub></b>	С характерным острым запахом, химически очень активен	Компонент фотохимического смога, повреждает растения и материалы
<b>C<sub>n</sub>H<sub>m</sub></b>	Очень широкий спектр ароматики	В выхлопных газах машин
<b>NF</b>	Бесцветный, кислотный, реактивный	Удобрения и алюминиевая промышленность. <b>Ядовитый</b>

# 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	≈	39%
□	SiO <sub>2</sub>	≈	30%
□	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	≈	8%
□	MgO	≈	5%
□	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	≈	4%
□	SO <sub>3</sub>	≈	4% 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

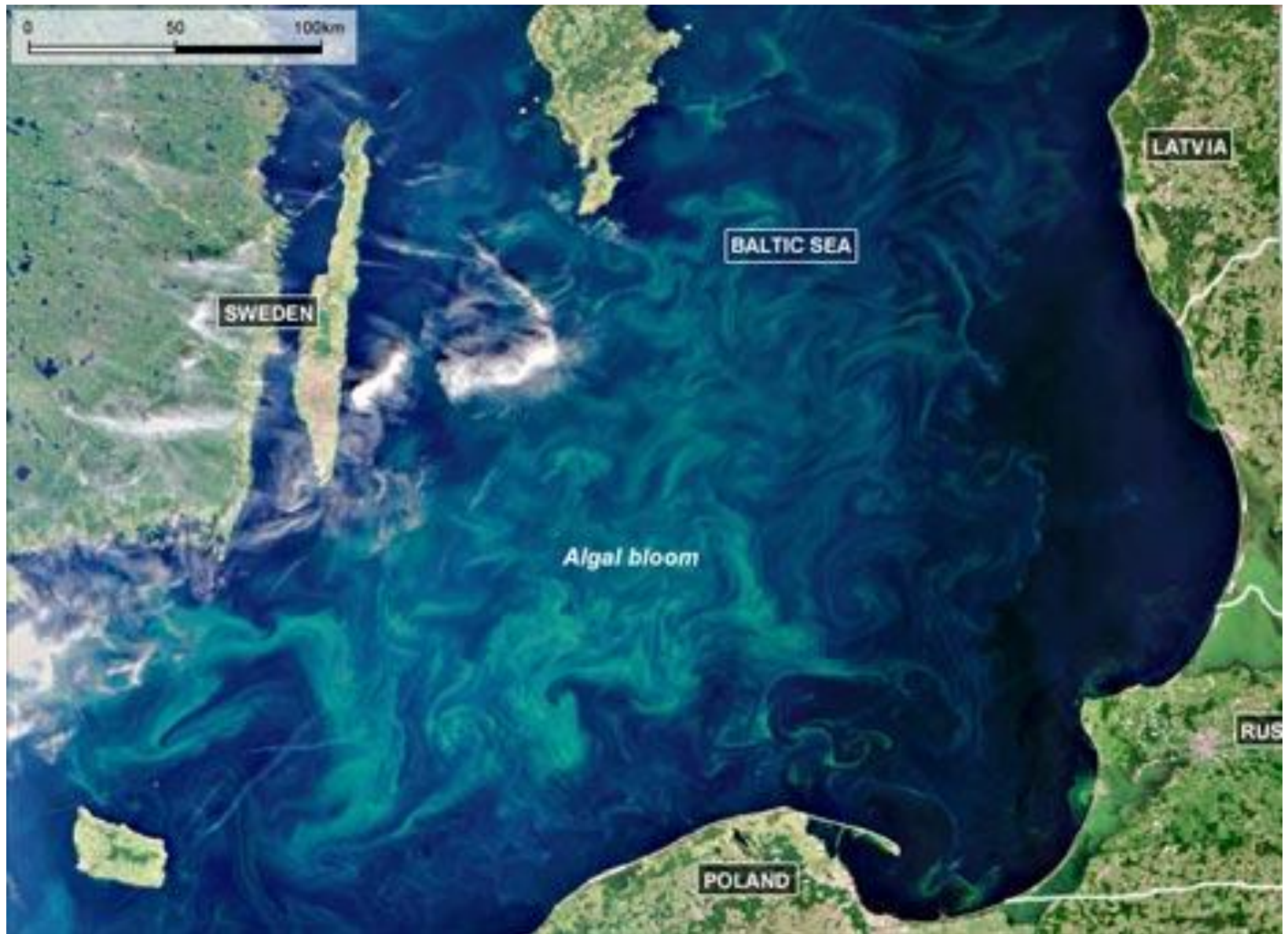


**СМОГ**  
**Лос-Анджелес, 2004**





**Смог Лондонского типа, 1952 г**

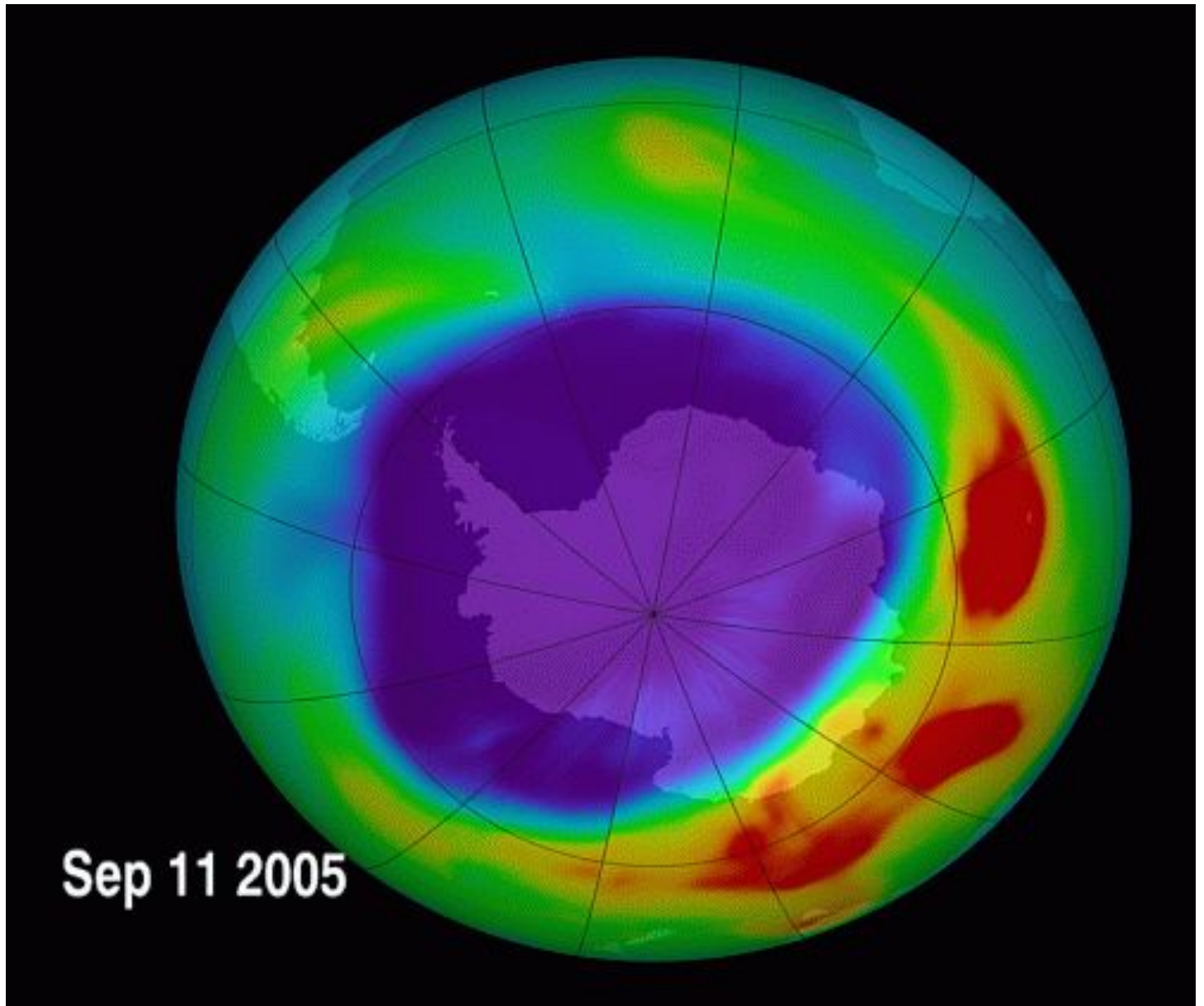


Эвтрофикация.

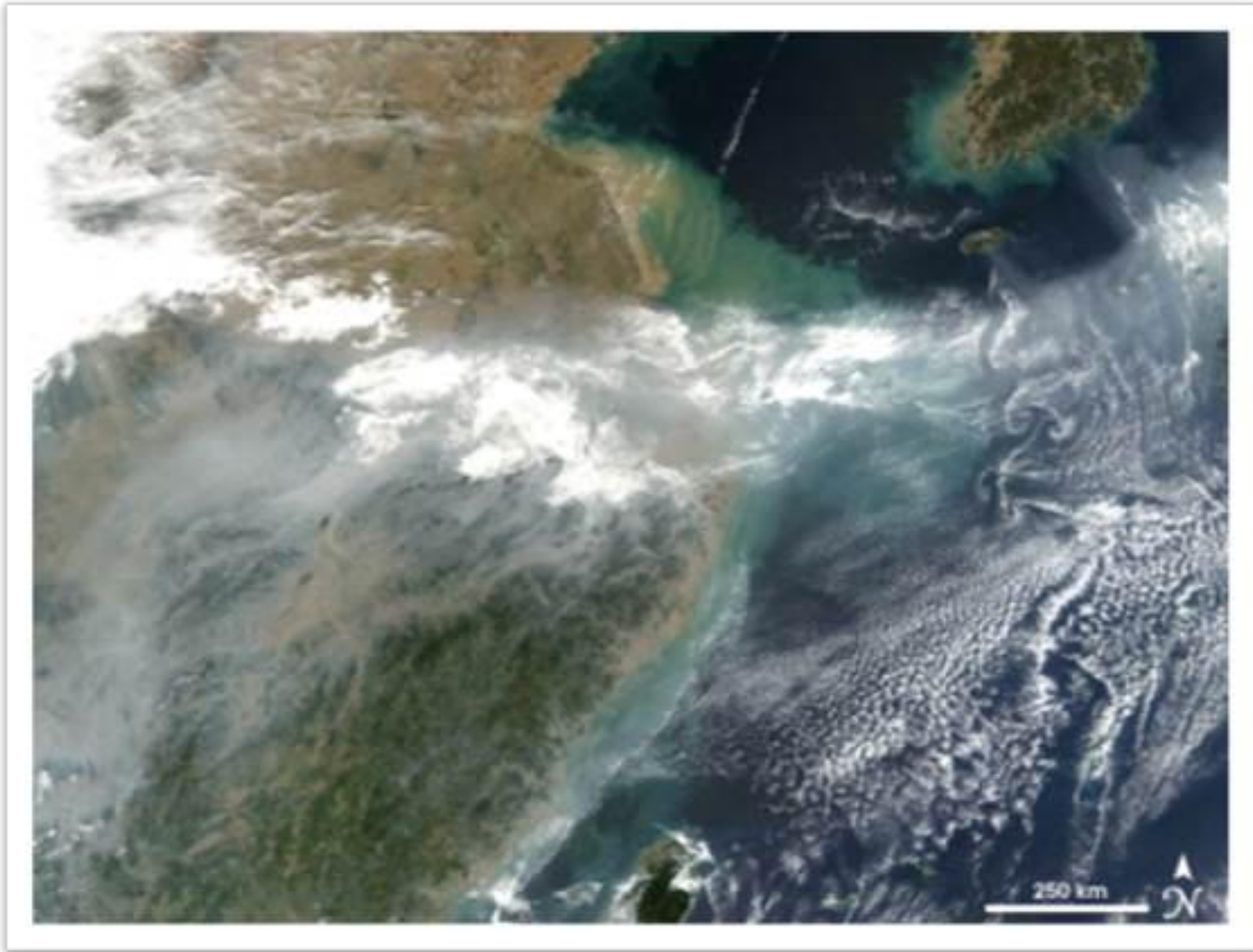
Балтийское море, 11 июля 2010 г <sup>12</sup>



**Балтийская Электростанция**

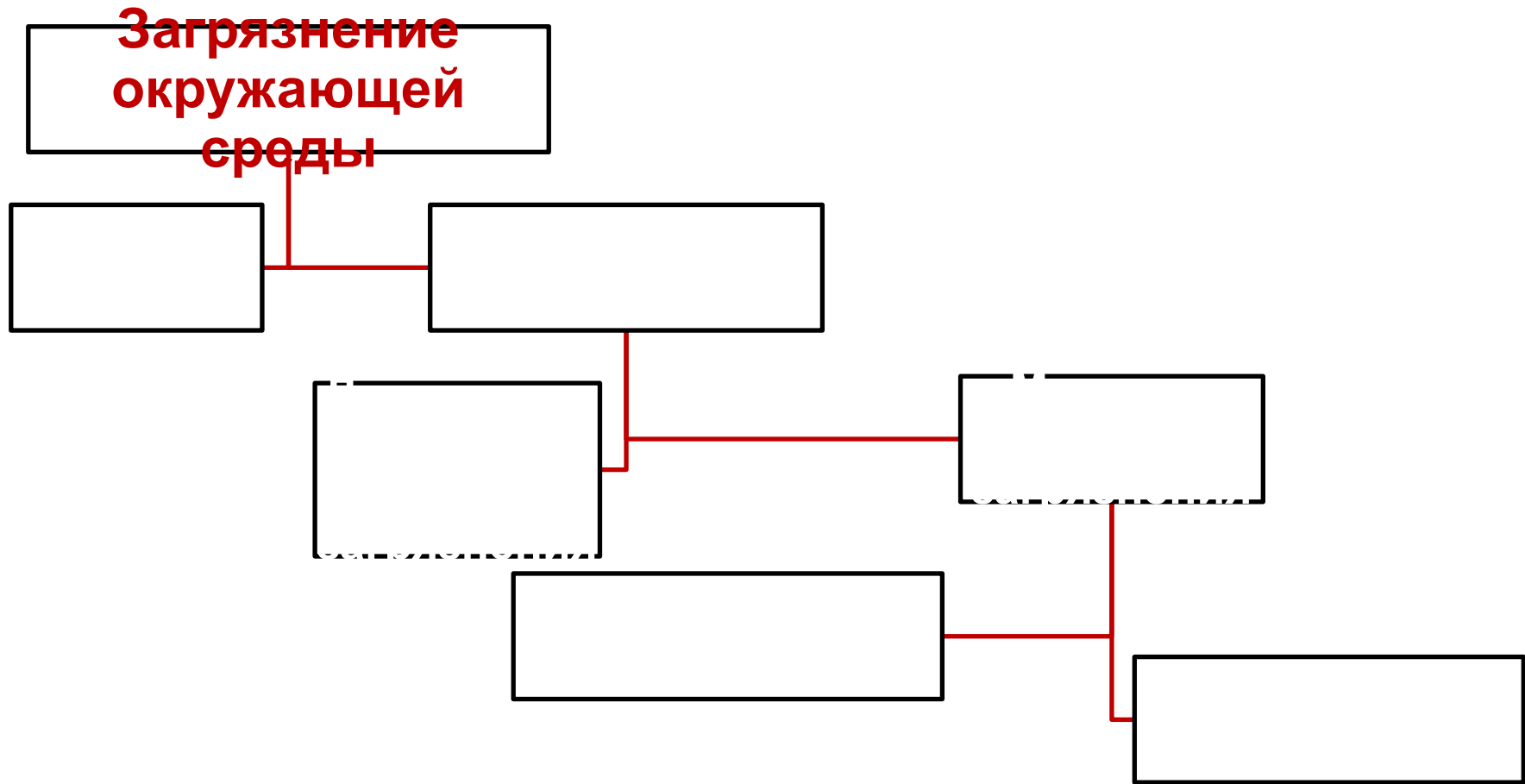


Озоновая дыра



## 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





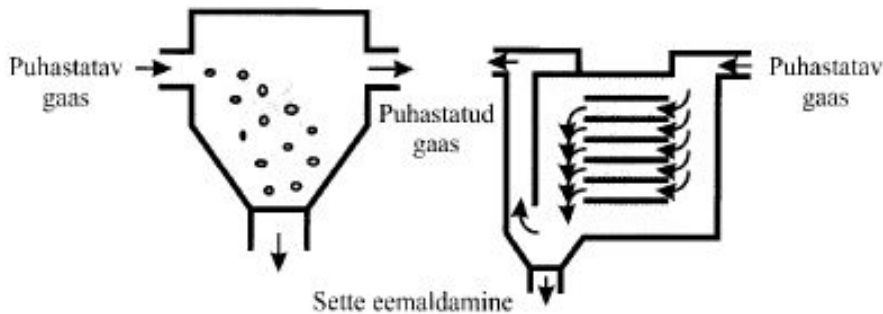
# Очистка газов

- **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

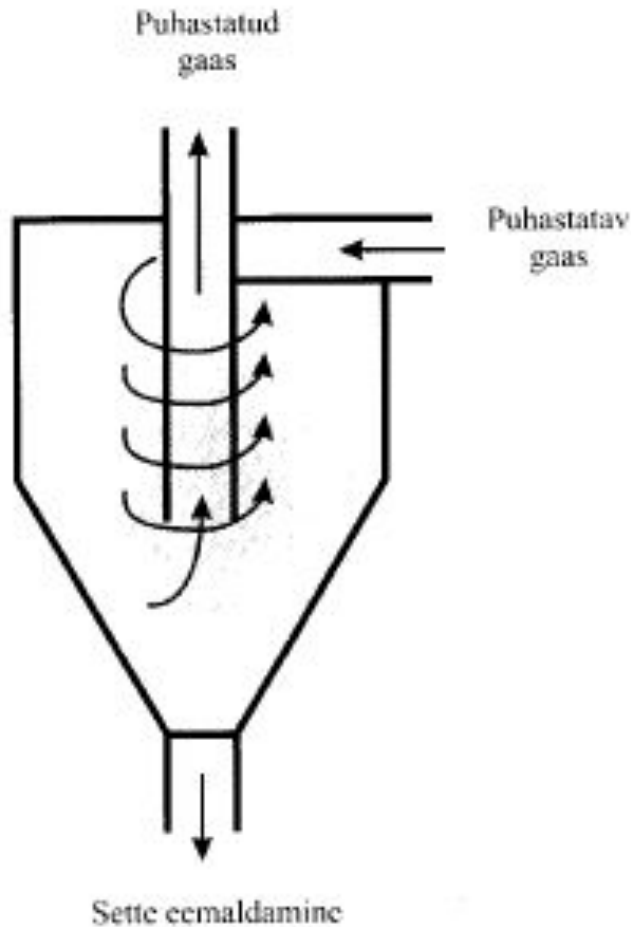
# Пылеосадительные камеры



*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 ( $1 \mu$  и меньше) они не отделяют.

# Циклоны



*Joonis 27. Tsüklon*

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

# ЦИКЛОНЫ

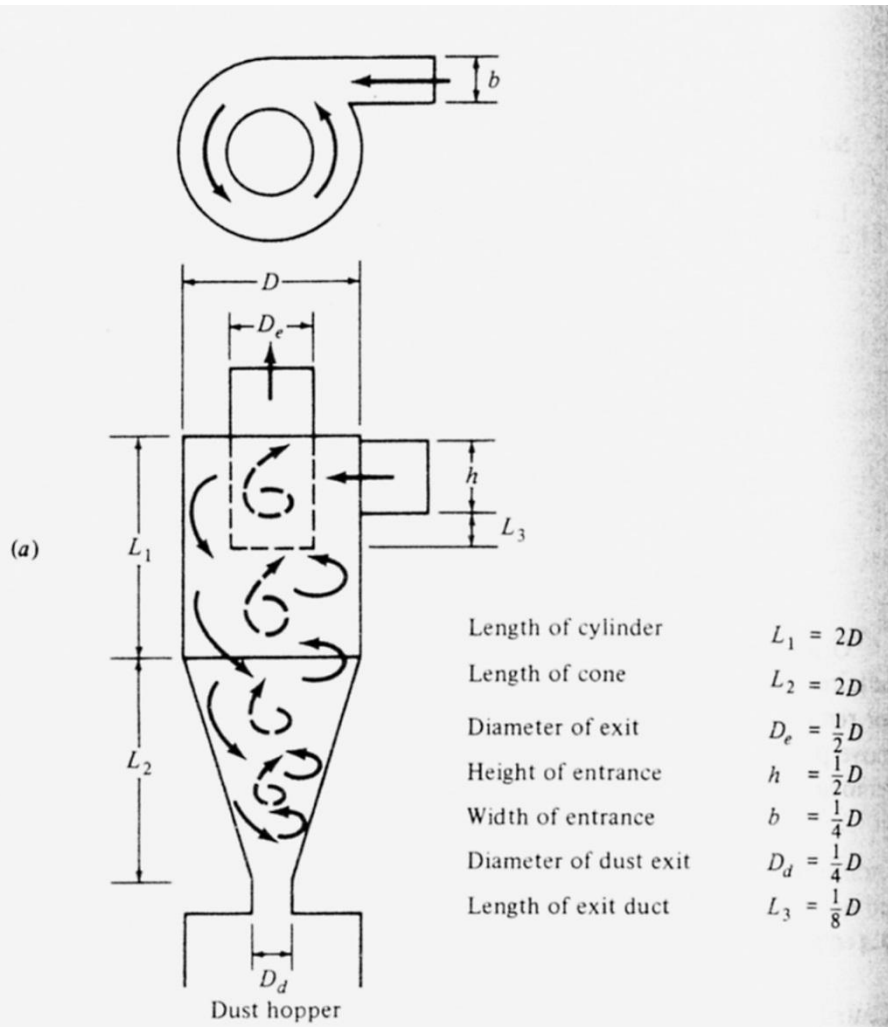
- **Преимущества:**

- 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

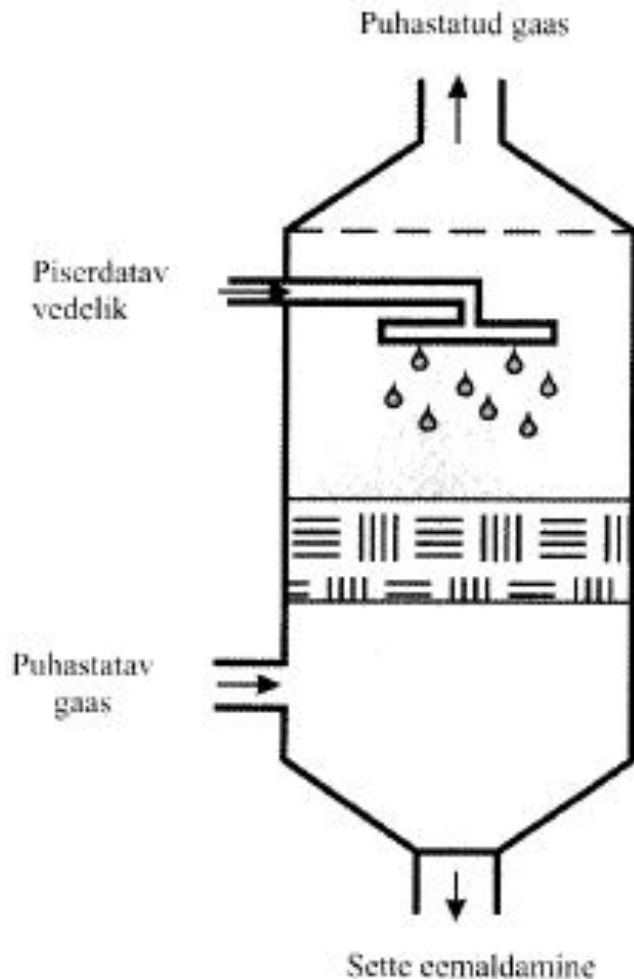
# ЦИКЛОНЫ



# 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

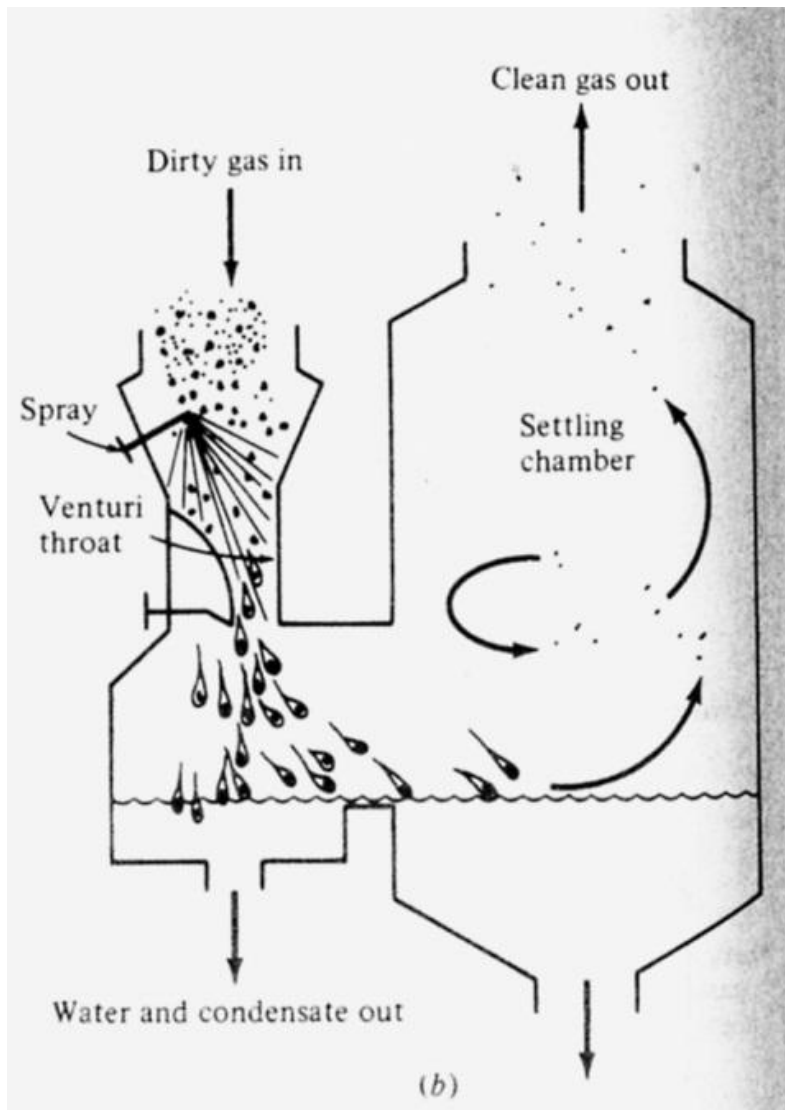


*Joonis 29. Märgpuhastusseade*

- 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  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{HF}$  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

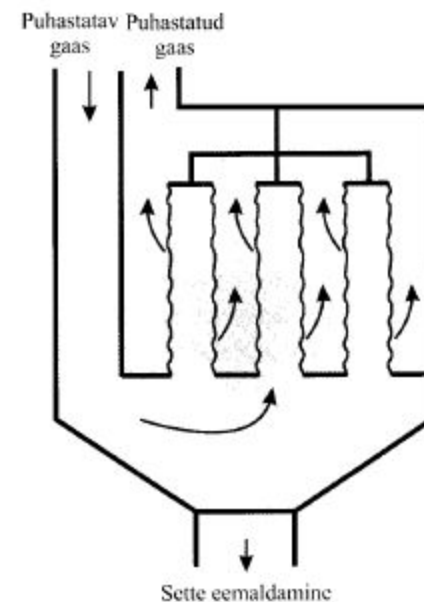


# Скруббер Вентури



# Фильтрация

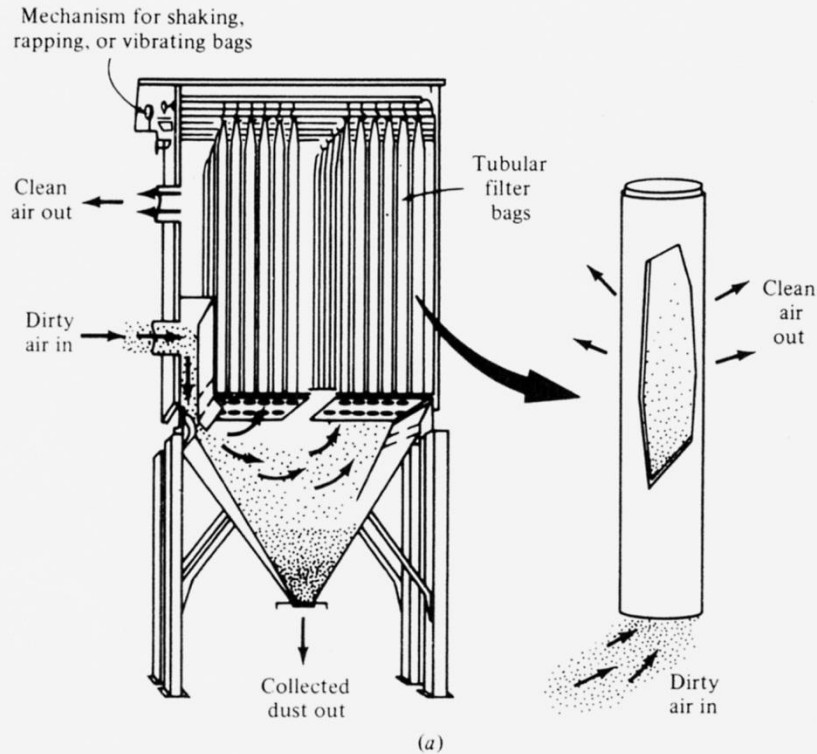
- **Сущность метода:**
  - Газ, содержащий твердые взвешенные частицы направляют через пористый материал, где улавливаются частицы пыли
- **Аппараты:**
  - Мешочные фильтры, фильтры с гранулированным сыпучим материалом, керамические трубки и др



*Joonis 28. Filterpüüdja*

# Фильтрация

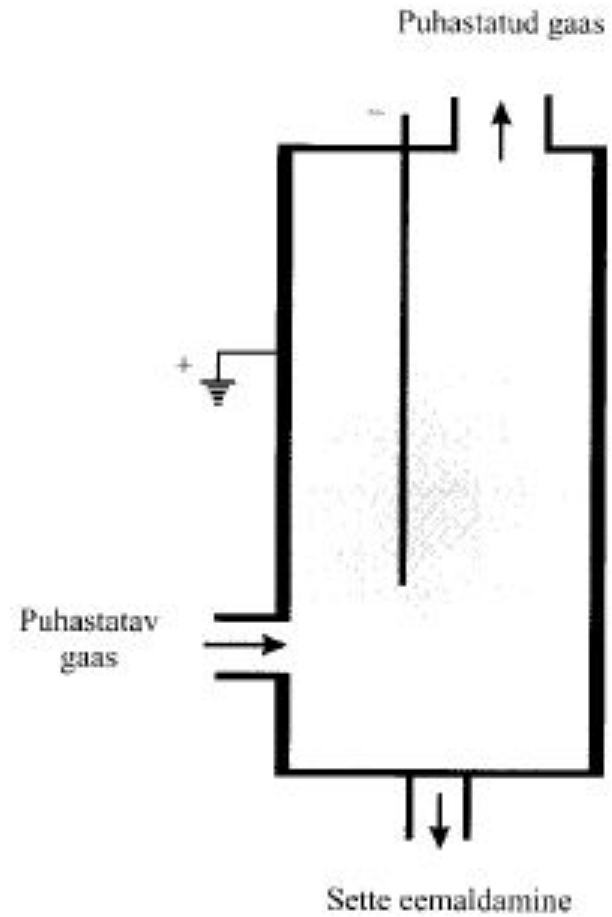
- **Тканевые фильтры** впервые начали использовать угольных теплоэлектростанциях
- Фильтры работают как пылесос – запыленный газ или выдувается или всасывается через плотные тканевые «пальцы» («рукава»)
- Опавшая пыль собирается в бункер, откуда удаляется
- Чтобы очистить горячие дымовые газы, материалом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

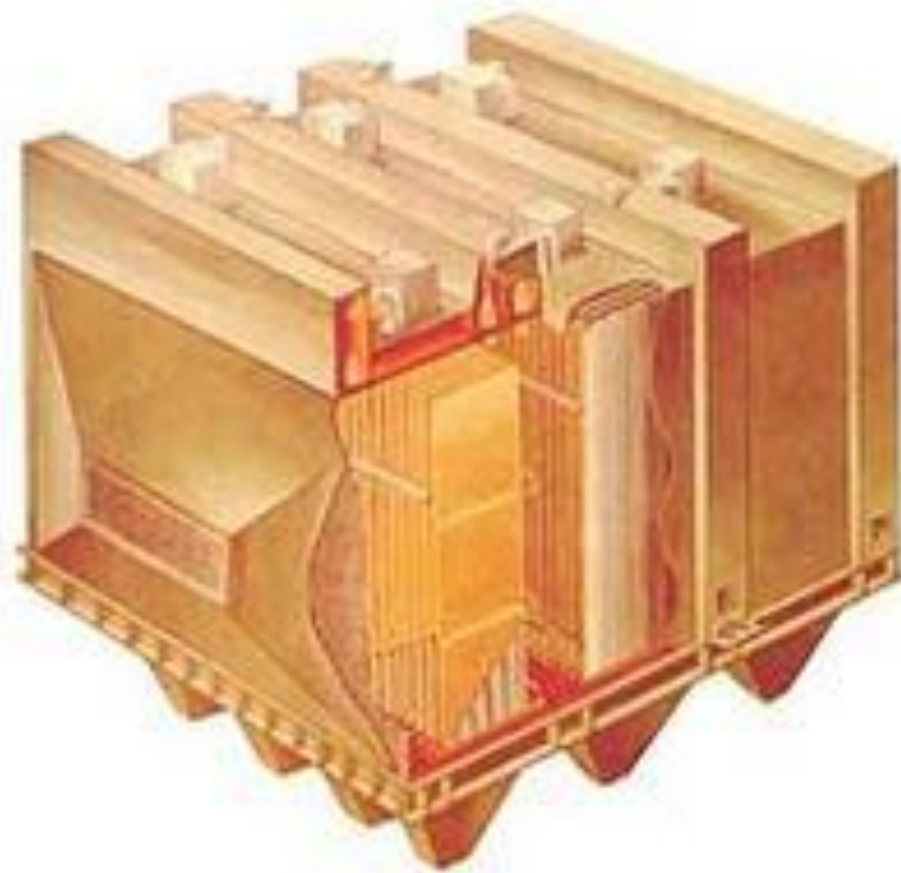
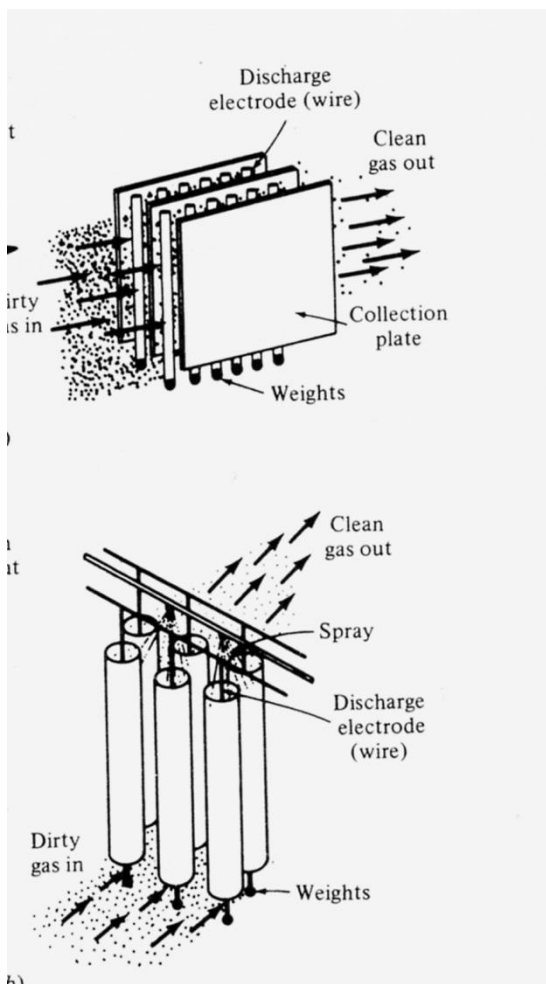
## Достоинства:

- 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



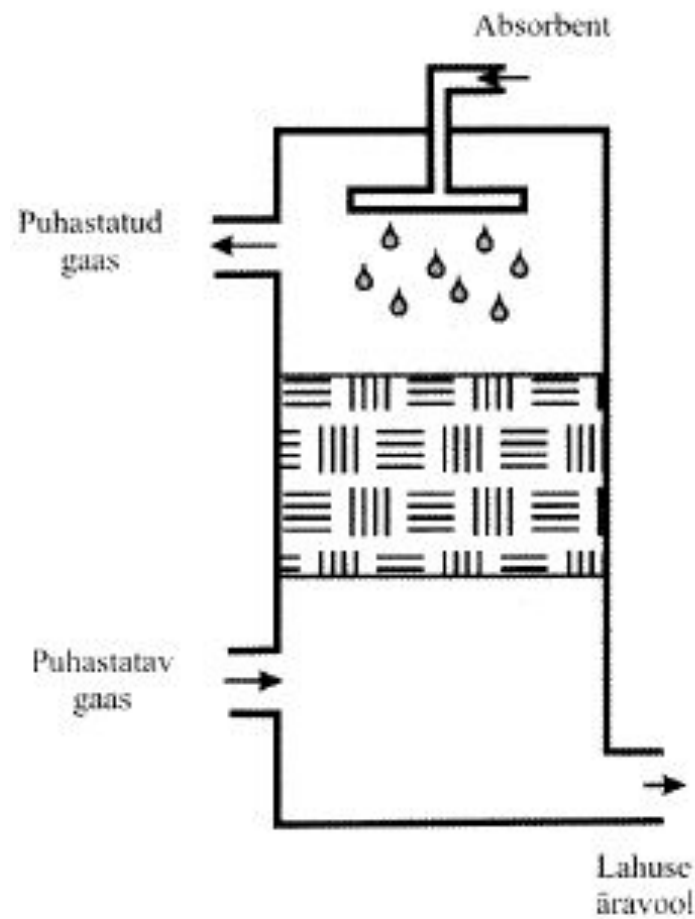
Пластинчатый и трубчатый электрофилтры

# 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 ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$  др)



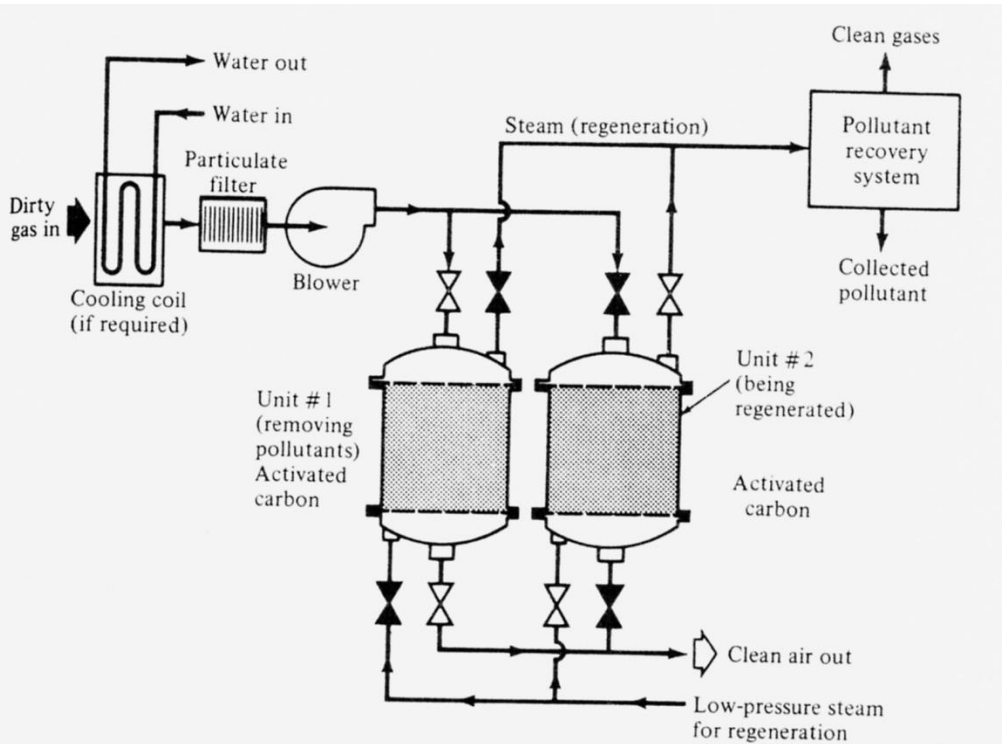
*Joonis 31. Absorptsioonkolonn*



# 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 подвижным 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