

# **Лекция №3**

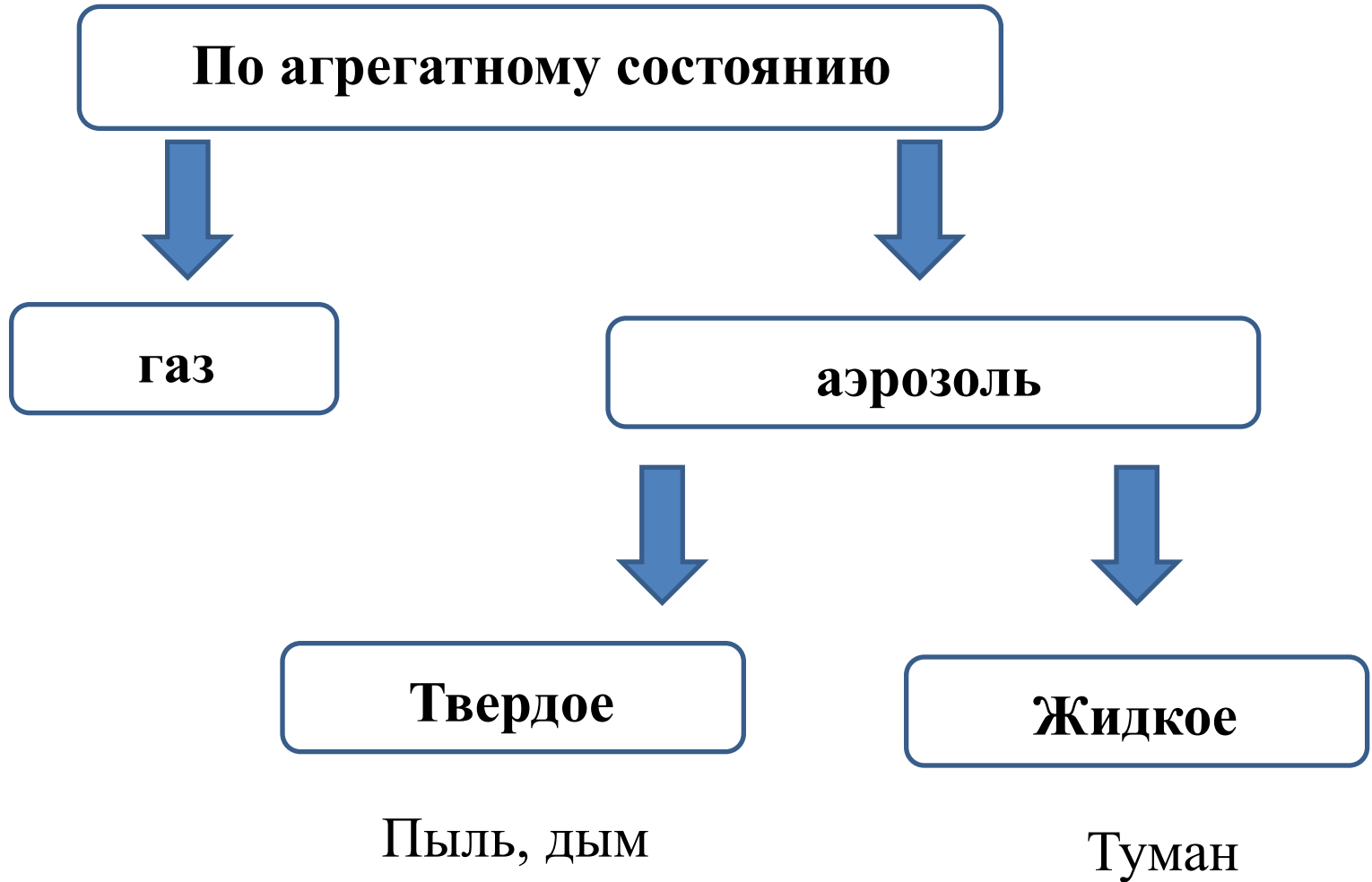
## **Охрана атмосферного воздуха**

**Составил:**

**асс. каф. ГЭГХ, к.х.н.,**

**Третьяков А.Н.**

# Виды загрязнения атмосферы



### Источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

Примеси	Основные источники		Средняя концентрация в воздухе мг/м <sup>3</sup>
	Естественные	Антропогенные	
Пыль	Вулканические извержения, пылевые бури, лесные пожары	Сжигание топлива в промышленных и бытовых условиях	в городах 0,04 — 0,4
Диоксид серы	Вулканические извержения, окисление серы и сульфатов, рассеянных в море	Сжигание топлива в промышленных и бытовых установках	в городах до 1,0
Оксиды азота	Лесные пожары	Промышленность, автотранспорт, теплоэлектростанции	В районах с развитой промышленностью до 0,2
Оксиды углерода	Лесные пожары, природный метан	Автотранспорт, испарение нефтепродуктов	В районах с развитой промышленностью до 0,3
Летучие углеводороды	Лесные пожары, природный метан	Автотранспорт, испарение нефтепродуктов	В районах с развитой промышленностью до 0,3
Полициклические ароматические углеводороды	-	Автотранспорт, химические и нефтеперерабатывающие заводы	В районах с развитой промышленностью до 0,01

## Основные антропогенные источники загрязнения атмосферы

Отрасль промышленности	Аэрозоли	Газообразные выбросы
Теплоэнергетика	Зола, сажа (Pb, Mo, V, Li, V, Ni, Cu, Zn, Sn, Hg, N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), радионуклиды	NO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , CO, NO, SO <sub>3</sub> , бенз(а)пирен, альдегид, органические кислоты
Транспорт	Сажа (Pb)	CO, NO <sub>2</sub> , C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> бенз(а)пирен
Химическая промышленность	Пыль, сажа (Zn, Sn, Sb, Mo, Co, Ni, Cu, Bi, W, Hg, Cd)	H <sub>2</sub> S, CS <sub>2</sub> , CO, NH <sub>3</sub> , кислоты, растворители, летучие сульфиды
Металлургия	Пыль, оксиды железа (Mn, Zn, Pb, Mo)	SO <sub>2</sub> , CO, NH <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , фтористые соединения, цианистые соединения, органические вещества, бенз(а)пирен
Промышленность строительных материалов	Пыль (Zn, Bi, Mo, Ca, Ba)	CO, органические соединения

# Пыль

**Пыль** — мелкие твёрдые тела органического или минерального происхождения, среднего диаметра 0,005 мм и максимального — 0,1 мм. Более крупные частицы переводят материал в разряд песка, который имеет размеры от 0,1 до 1 мм.



# **Основные источники антропогенного загрязнения пылью**

1. тепловые электростанции
2. обогатительные фабрики
3. Металлургические заводы
4. цементные заводы и др.

## **Состав пыли**

1. соединения кремния, кальция и углерода (несгоревший уголь, сажа, смола)
2. Оксиды металлов

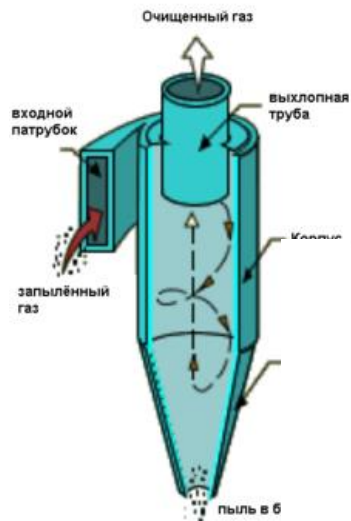
## Сведения о некоторых источниках техногенной пыли

<b>Производственный процесс</b>	<b>Выброс пыли, млн. т/ год</b>
<i>1. Сжигание каменного угля</i>	93,600
<i>2. Выплавка чугуна</i>	20,210
<i>3. Выплавка меди (без очистки)</i>	6,230
<i>4. Выплавка цинка</i>	0,180
<i>5. Выплавка олова (без очистки)</i>	0,004
<i>6. Выплавка свинца</i>	0,130
<i>7. Производство цемента</i>	53,370

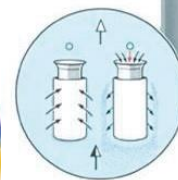
[<http://www.ecointernexchange.com/rus/00/>]

# Очистка выбросов от пыли

## 1. Циклоны



## 2. Фильтры



## 3. Электрофильтры





# Радиоактивное загрязнение атмосферы

**Радиоактивное заражение** — загрязнение местности и находящихся на ней объектов радиоактивными веществами.

## Источники радиоактивного загрязнения

- экспериментальные взрывы атомных, водородных и нейтронных бомб, различные производства, связанные с изготовлением ядерного оружия, атомные реакторы и электростанции;
- предприятия, где используются радиоактивные вещества;
- станции по дезактивации радиоактивных отходов;
- хранилища отходов атомных предприятий и установок;
- аварии или утечки на предприятиях, где производится и используется ядерное топливо.

## Основные химические загрязнители атмосферы

```
graph TD; A[Основные химические загрязнители атмосферы] --> B[Оксиды углерода (CO2, CO)]; A --> C[Двуокись серы (SO2)]; A --> D[Аммиак (NH3)]; A --> E[Оксиды азота (NOx)];
```

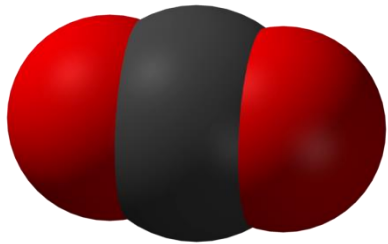
Оксиды углерода  
( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ )

Двуокись серы  
( $\text{SO}_2$ )

Оксиды азота  
( $\text{NO}_x$ )

Аммиак ( $\text{NH}_3$ )

# Диоксид углерода (углекислый газ) $\text{CO}_2$



бесцветный газ (в нормальных условиях),  
без запаха, со слегка кисловатым вкусом.

Концентрация углекислого газа в атмосфере Земли  
составляет в среднем 0,0395 %.

## Основные загрязнители:

1. ТЭЦ;
2. Котельные;
3. Металлургическая промышленность;
4. Химическая промышленность и др.



# Диоксид углерода (углекислый газ) CO<sub>2</sub>

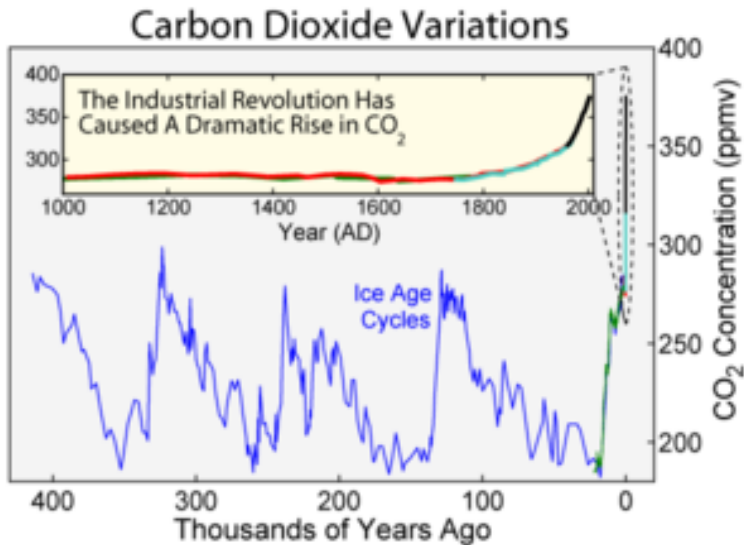


# Диоксид углерода (углекислый газ) $\text{CO}_2$

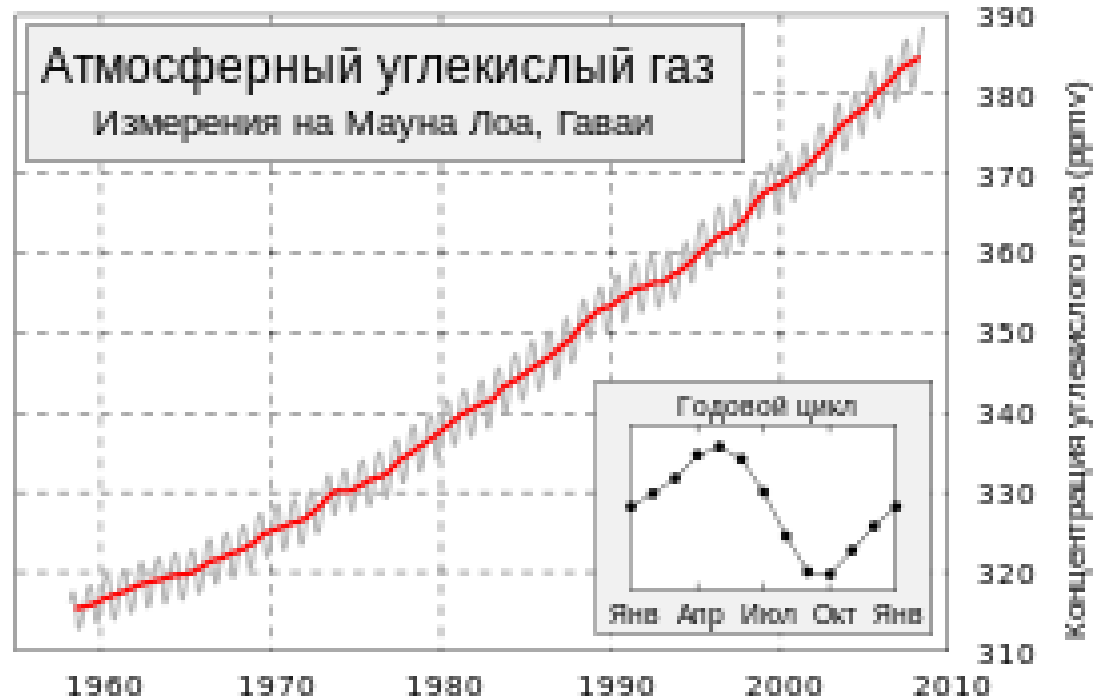
## Круговорот $\text{CO}_2$



# Диоксид углерода (углекислый газ) CO<sub>2</sub>

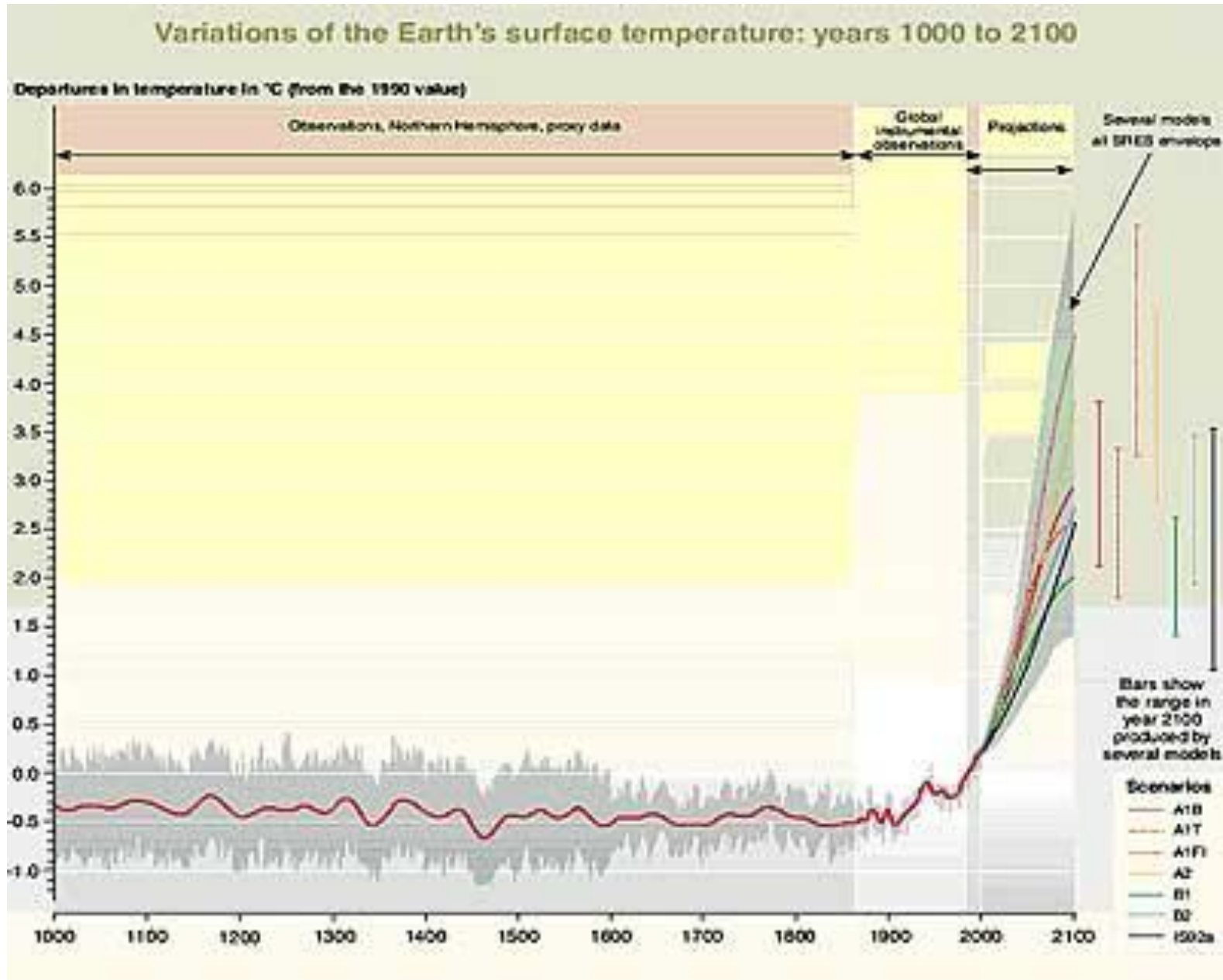


Изменения концентрации CO<sub>2</sub> в ppm на протяжении последних 400 тыс. лет



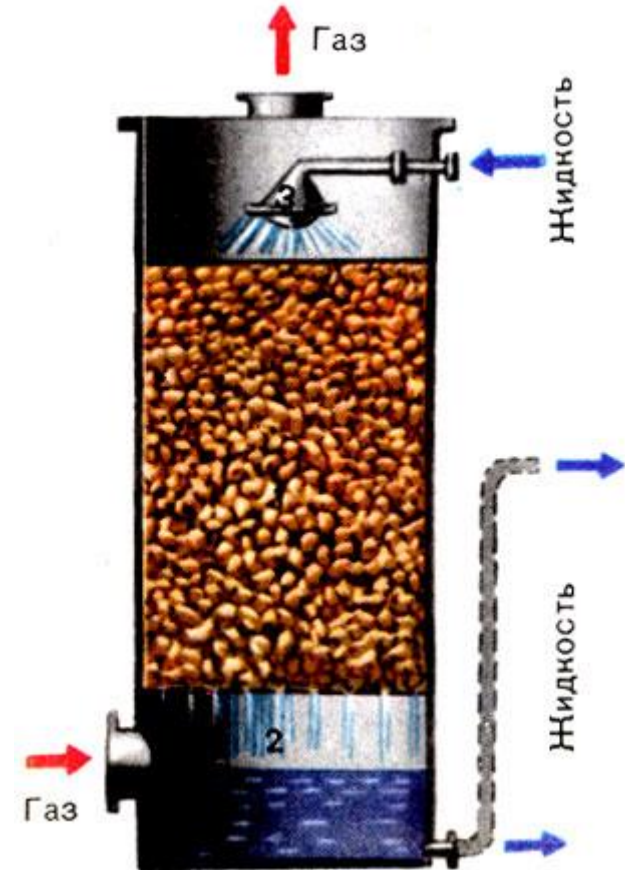
Изменения концентрации атмосферного углекислого газа (кривая Килинга). Измерения в обсерватории на горе Мауна-Лоа, Гавайи.

# Парниковый эффект



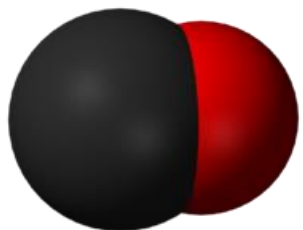
# Очистка газов от диоксида углерода

1. Абсорбция водой или метанолом
2. Поглощение растворами этаноламинов
3. Очистка цеолитами.

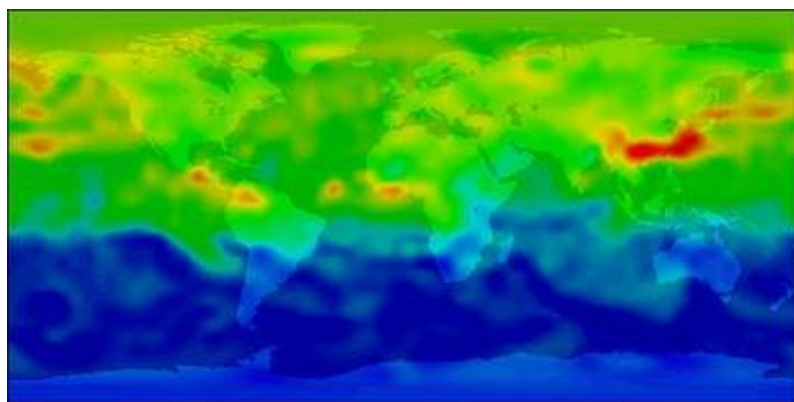
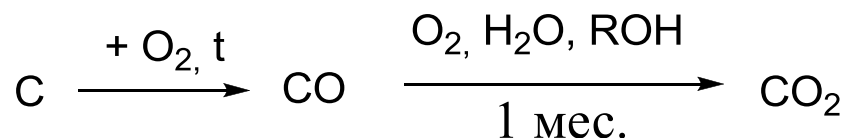




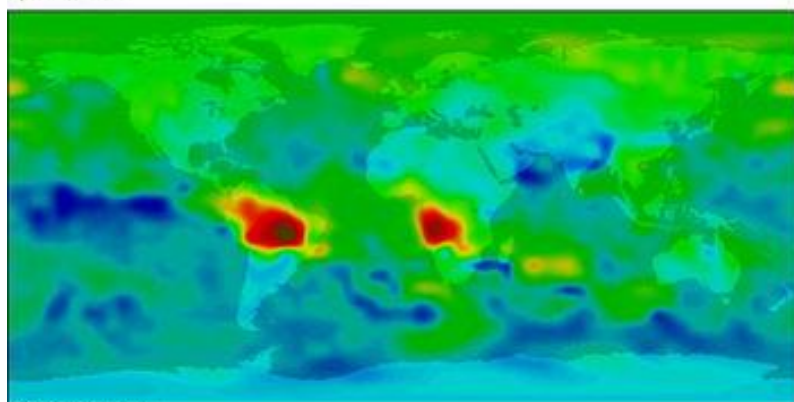
# Оксид углерода (II) (угарный газ) CO



бесцветный ядовитый газ (при нормальных условиях) без вкуса и запаха



April 30, 2000



October 30, 2000

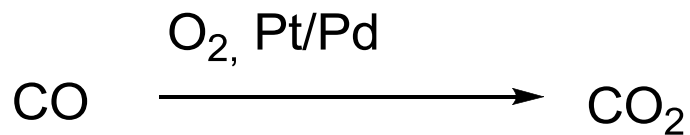
Carbon Monoxide Concentration (parts per billion)



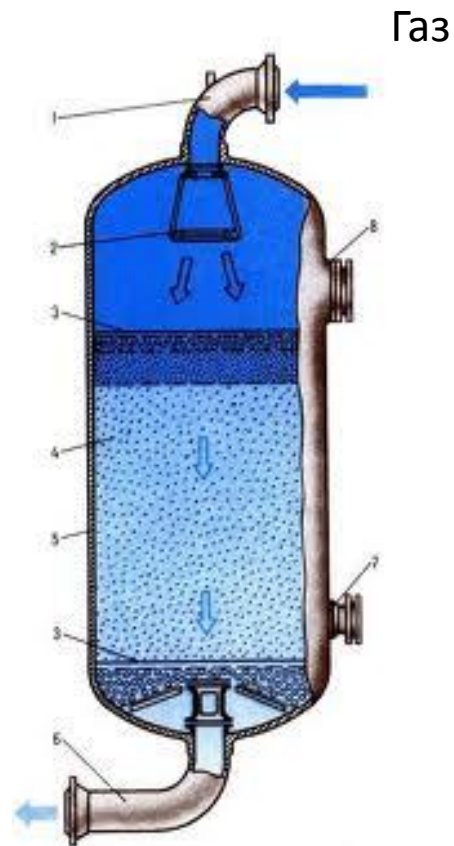
Содержание CO в атмосфере Земли по данным МОРИТТ

# Очистка газов от оксида углерода (II)

1. Дожигание на Pt/Pd-катализаторе.

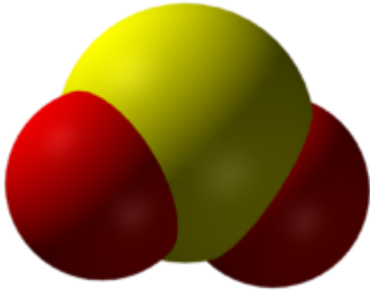


2. Конверсия (адсорбционный метод).



Очищенный газ

## Диоксид серы $\text{SO}_2$

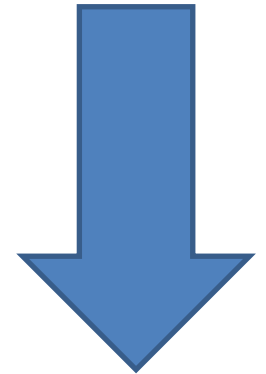
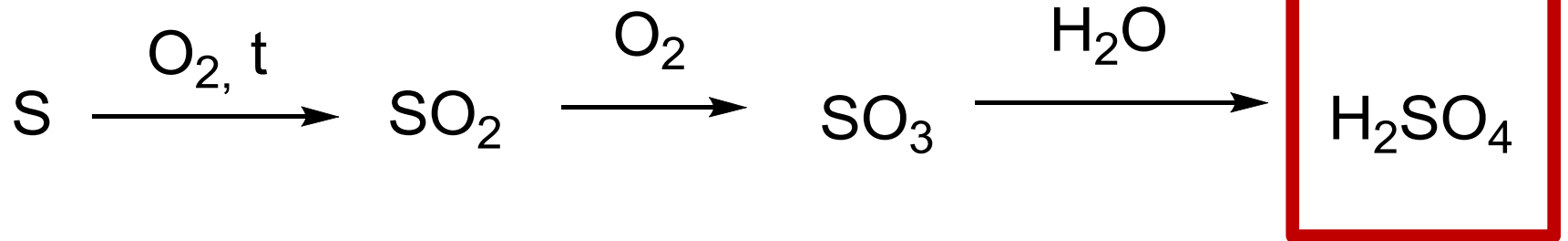


бесцветный газ с характерным резким запахом (запах загорающейся спички).

### Основные загрязнители:

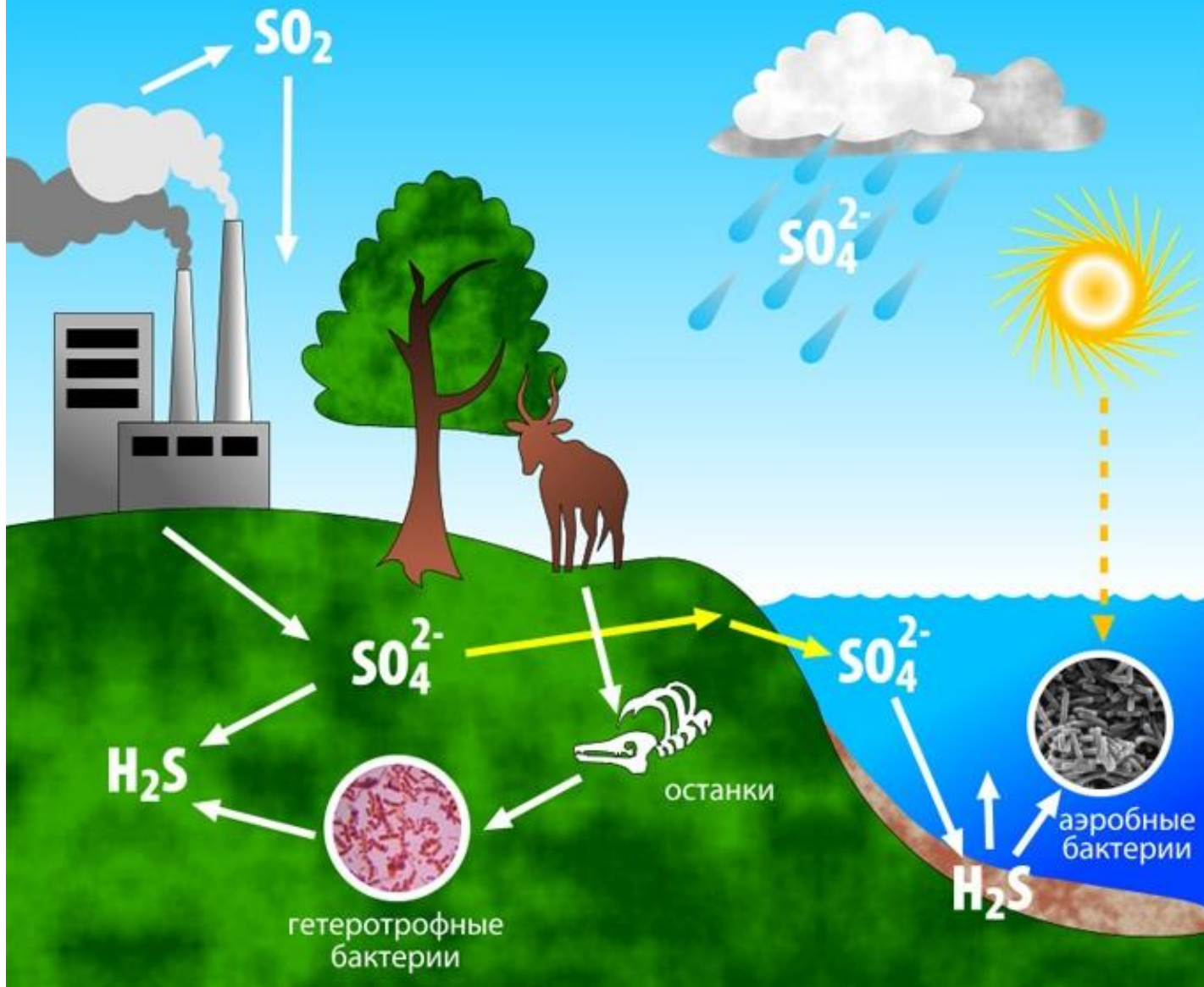
1. ТЭЦ;
2. Котельные;
3. Металлургическая промышленность;
4. Химическая промышленность и др.

## Диоксид серы $\text{SO}_2$



**Кислотный дождь**

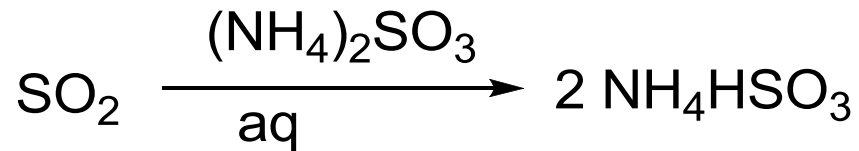
# Цикл серы в природе



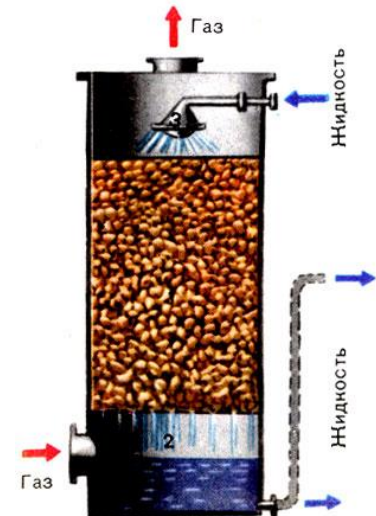
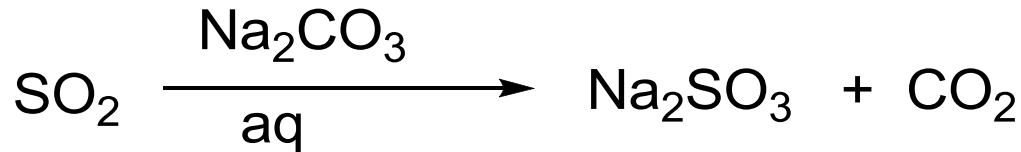
# Очистка газов от диоксида серы

1. Аммиачные методы очистки. Они основаны на взаимодействии  $\text{SO}_2$  с водным раствором сульфита аммония.

Образовавшийся бисульфит легко разлагается кислотой.



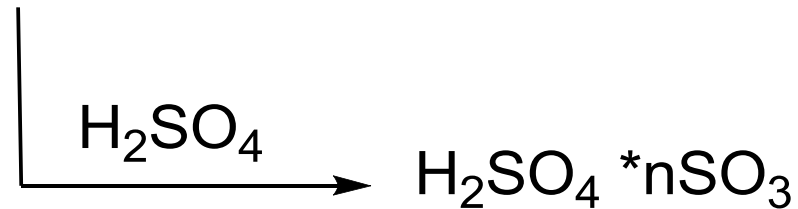
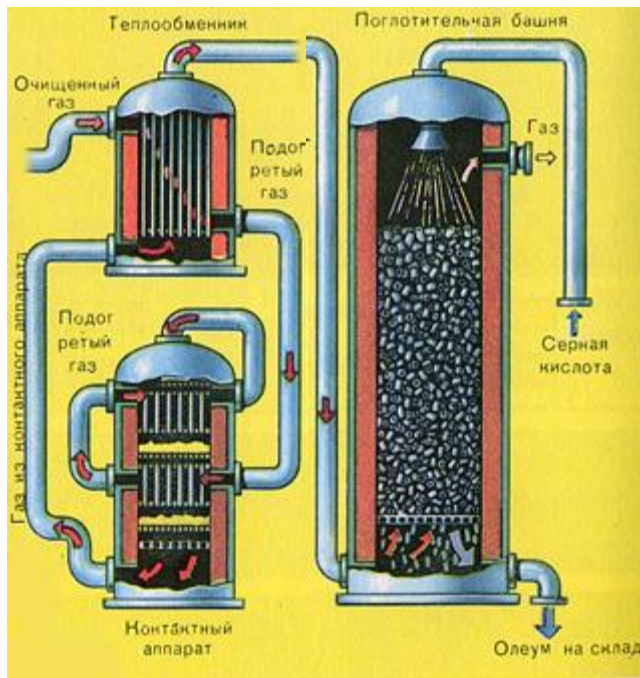
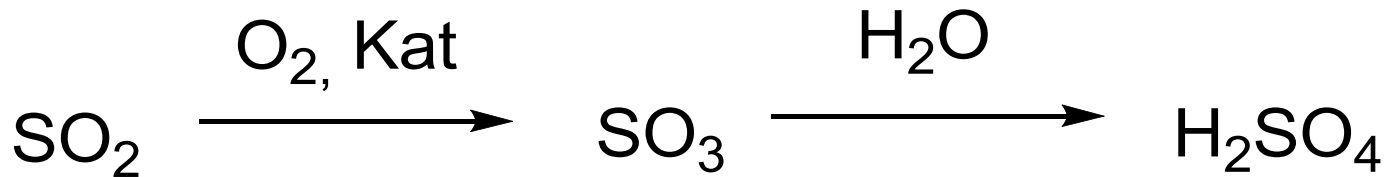
2. Метод нейтрализации  $\text{SO}_2$ . Он основан на поглощении раствором соды или извести.



# Очистка газов от диоксида серы

## 3. Каталитические методы:

Окисление  $\text{SO}_2$  кислородом в присутствии катализатор; метод может использоваться для получения серной кислоты.



## Оксиды азота NO<sub>x</sub>

**NO**

Токсичен, при вдыхании поражает дыхательные пути.

**N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

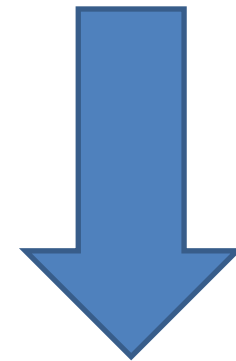
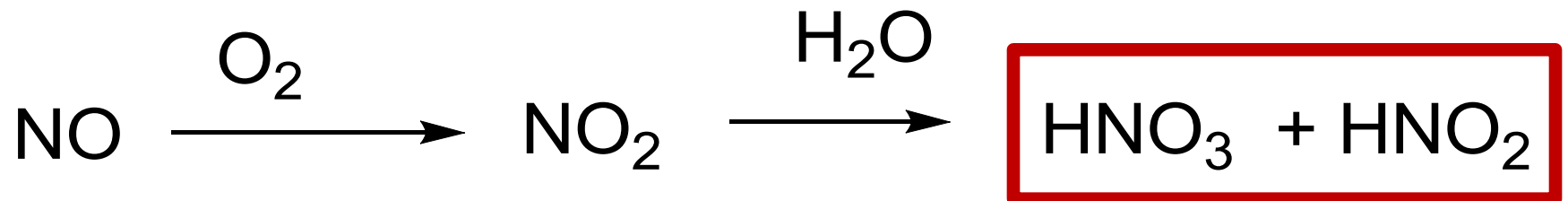
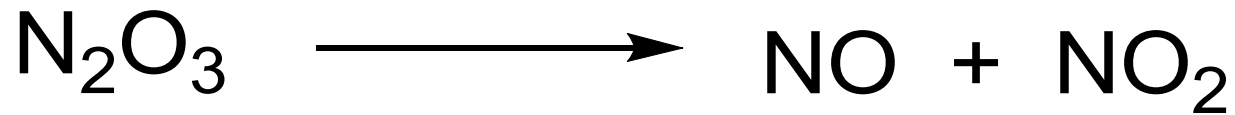
Бесцветный газ. Высоко токсичен. Вызывает тяжёлые ожоги кожи.

**NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>**

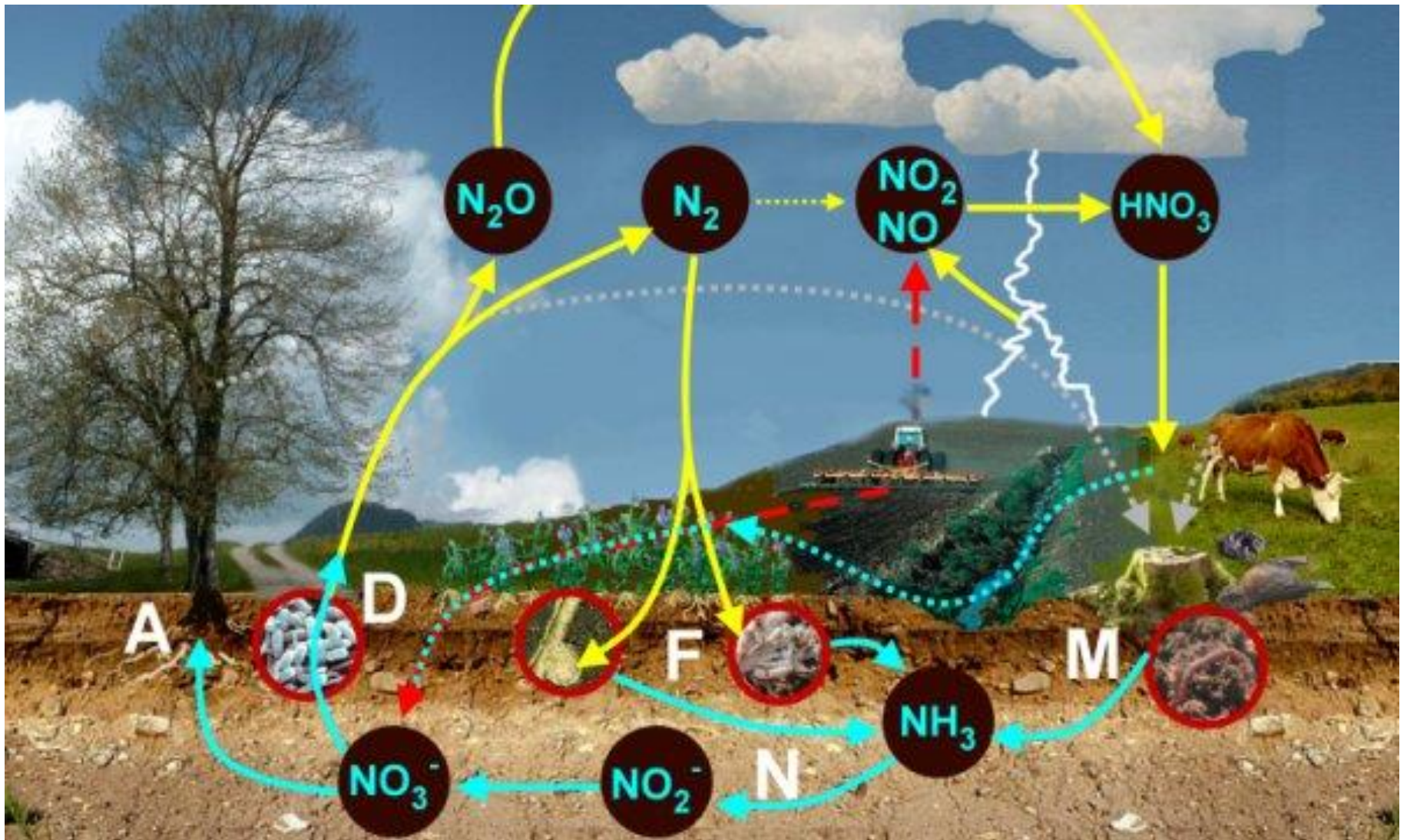
Газ, красно-бурого цвета, с характерным острым запахом или желтоватая жидкость. Высокотоксичен. Даже в небольших концентрациях раздражает дыхательные пути, в больших концентрациях вызывает отёк лёгких.



## Оксиды азота $\text{NO}_x$



**Кислотный дождь**



**Круговорот азота: А – ассимиляция растениями, F – фиксация азота бактериями в симбиозе с растениями или бактериями, живущими в почве, N – нитрификация, D – денитрификация, M – минерализация.**

# Очистка газов от оксидов азота

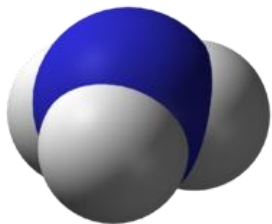
1. Окислительные методы основаны на реакции окисления оксидов азота с последующим поглощением водой и образованием азотной кислоты
2. Восстановительные методы основаны на восстановлении оксидов азота до нейтральных продуктов в присутствии катализаторов или под действием высоких температур в присутствии восстановителей.

## 3. Сорбционные методы:

Адсорбция оксидов азота водянными растворами щелочей и  $\text{CaCO}_3$ .

Адсорбция оксидов азота твердыми сорбентами (бурые угли, торф, силикагели).

# Аммиак NH<sub>3</sub>

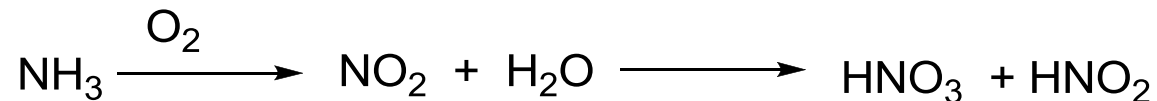


бесцветный газ с резким характерным запахом (запах нашатырного спирта), почти вдвое легче воздуха, ПДК 20 мг/м<sup>3</sup>

## Основные загрязнители:

Химическая

## Трансформация в природе



**Способ утилизации:**

**Абсорбция водой**

**Биохимический метод**

# Углеводороды

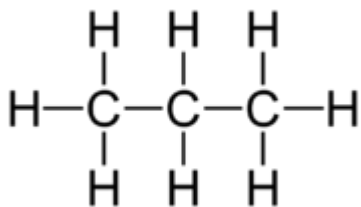
Органические соединения, содержащие в своем составе углерод и водород.

**Основные загрязнители:**

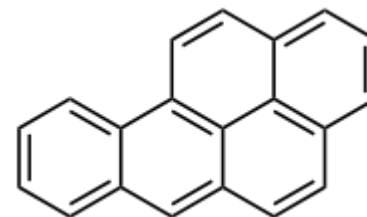
1. ТЭЦ;
2. Котельные;
3. Транспорт

**Влияние на окружающую среду:**

1. Парниковые газы
2. Токсичны, канцерогенны



Алифатические углеводороды



Бензпирен

# Анализ воздуха

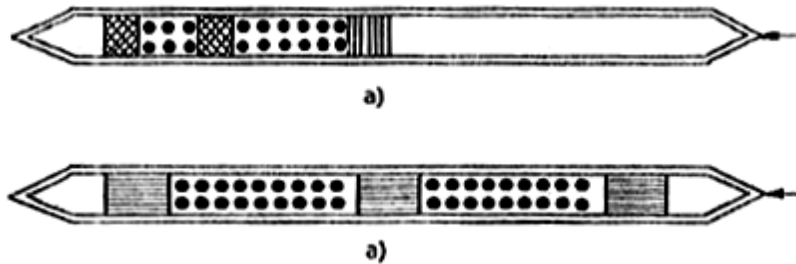
Основным методом концентрирования проб при анализе аэрозолей являются механическая фильтрация воздушного потока через инерционные преграды (аэрозольные фильтры типа АФА, фильтры из ткани Петрянова, пористые фильтры Шотта и др.).



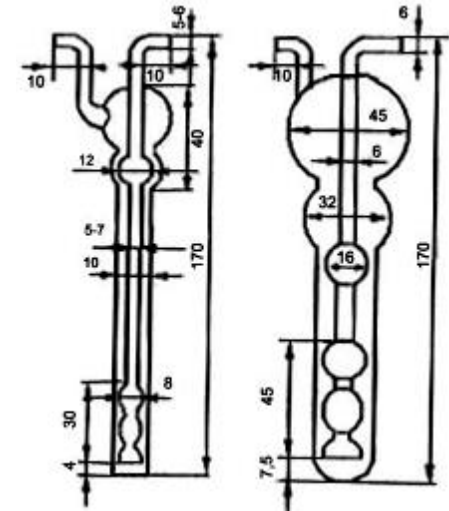
При концентрировании газо- и парообразных ингредиентов воздушных проб применяют: адсорбцию, абсорбцию, хемосорбцию, криогенное улавливание.

После сорбции (концентрирования) уловленные ингредиенты воздушной пробы удаляют с поверхности адсорбента нагреванием концентрата в токе инертного газа или воздуха и направляют на анализ; при необходимости термическую десорбцию заменяют растворением сконцентрированных веществ в малом объеме растворителя.

# Анализ воздуха



**Сорбционные трубки с активным углём  
для отбора проб**



**Поглотительные сосуды Рихтера**

**Отбор проб из воздуха в охлаждаемые ловушки рекомендуется  
при отборе нестабильных и реакционно-способных соединений**

## Анализ воздуха

Для анализа загрязнённого воздуха в настоящее время используются спектральные и хроматографические методы.

Методы определения	Наименование показателей
Газовая хроматография	Сероуглерод, метиламин, анилин, триметиламины, акролеин, метанол, циклогексан (-ол) (-нон), 3,4-бензпирен, бензол, толуол, ксилол, хлороформ
Фотометрия	Фосфорная кислота, метилмеркаптан, фенол, метанол, формальдегид, карбоновые кислоты C4-C9. оксиды азота, аммиак; суммарные ванадий, свинец, селен, хром, мышьяк, цинк, хлориды, цианистоводородная кислота, фтороводорода, пиридин, диоксид серы, сероводород
Атомно-абсорбционная спектрометрия	Железо, кадмий, кобальт, магний, марганец, медь, никель, свинец, хром, цинк, ртуть
Потенциометрия	Борная кислота, фтороводород



# Инструменты для проведения анализа

## Методы атомной спектроскопии

Атомно-эмиссионная спектрометрия



Атомно-абсорбционная спектрометрия

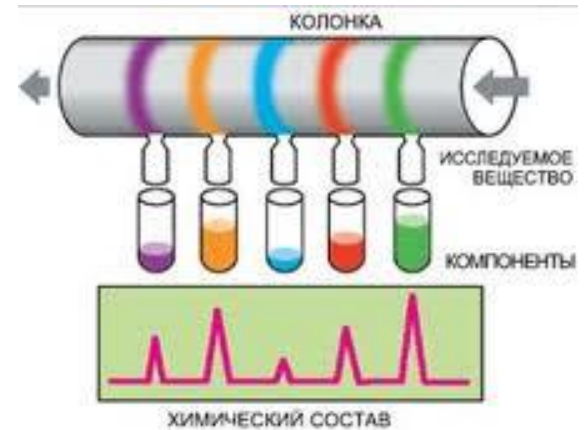


Метод обладает достаточной чувствительностью (предел обнаружения достигает  $10^{-3}$  мкг/см<sup>3</sup>). Ошибка этого метода не превышает 1...4 %.

# Инструменты для проведения анализа

## Хроматографические методы

1. Жидкостная адсорбционная хроматография;
2. Высокоэффективная жидкостная хроматография;
3. Распределительная хроматография;
4. Ионообменная хроматография
5. Газо-адсорбционная хроматография
6. Газо-жидкостная хроматография

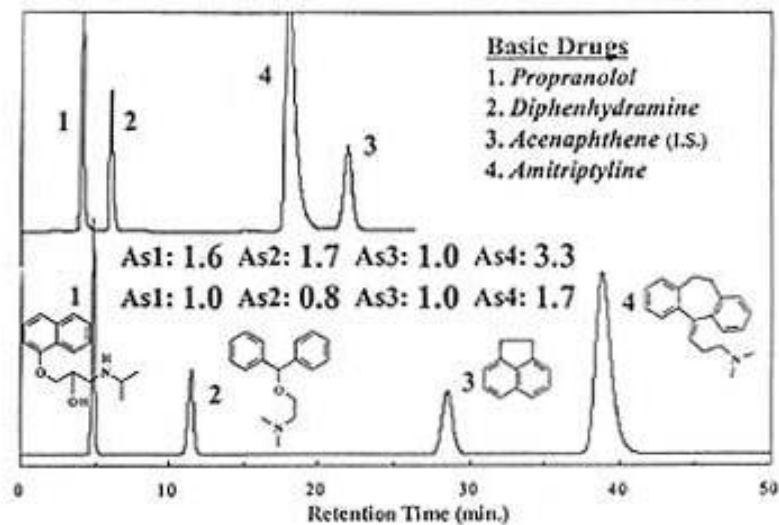


Основные достоинства хроматографического анализа:

1. экспрессность; высокая эффективность; возможность автоматизации и получение объективной информации;
2. сочетание с другими физико-химическими методами;
3. широкий интервал концентраций соединений;
4. возможность изучения физико-химических свойств соединений;
5. осуществление проведения качественного и количественного анализа;
6. применение для контроля и автоматического регулирования технологических процессов.

# Инструменты для проведения анализа

## Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ)

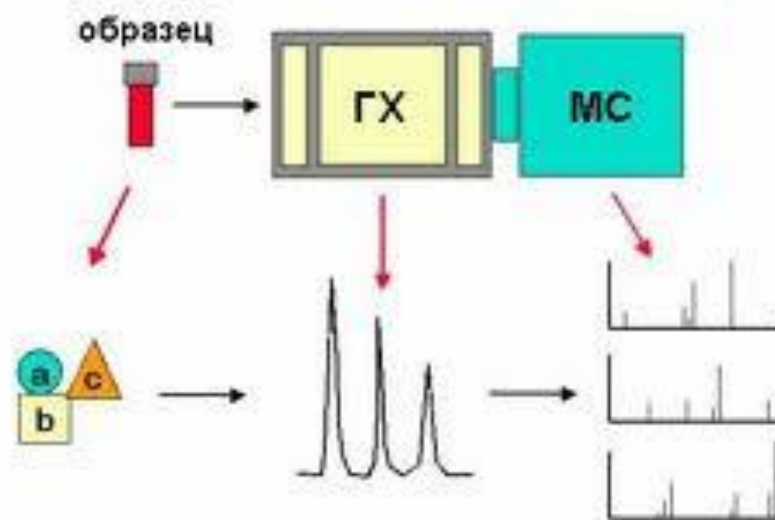


Детекторы:

1. УФ-детектор
2. Диодная линейка
3. Масс-спектрометр

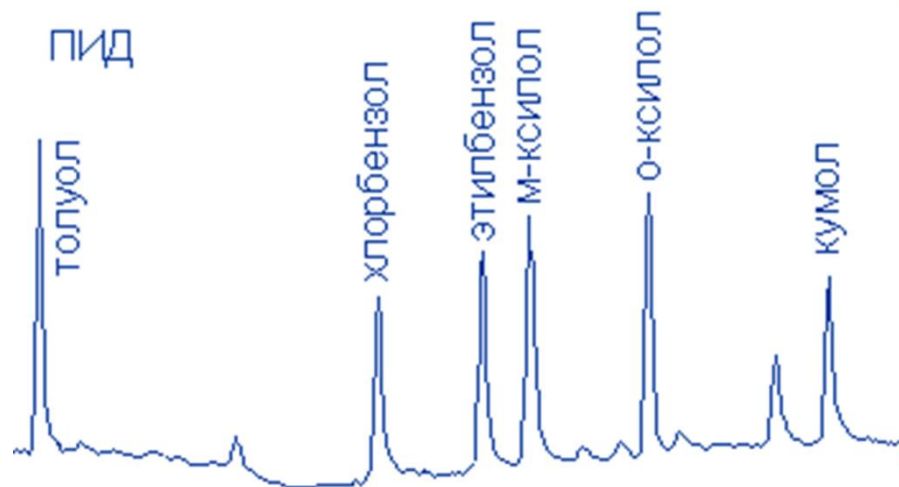
# Инструменты для проведения анализа

## Газовая хроматография (ГХ)



Детекторы:

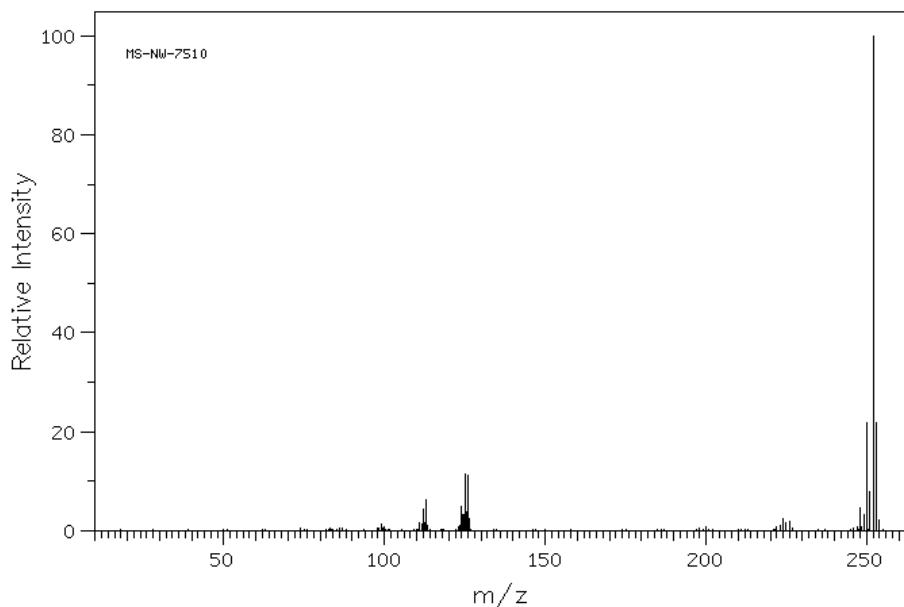
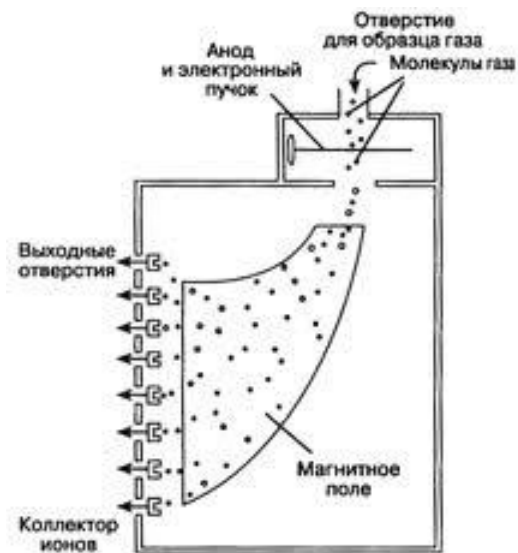
1. Пламенно-ионизационный
2. Детектор по теплопроводности (катарометр)
3. Масс-спектрометр



# Инструменты для проведения анализа

## Масс-спектрометрия

Масс –спектрометрический метод основан на свойстве заряженных частиц двигаться в электрическом поле в зависимости от их массы. Идентификация веществ осуществляется по атомной массе, зафиксированной в детекторе.



Масс-спектр бензпирена

## Инструменты для проведения анализа

Тип детекторов	Область применения	Предел обнаружения
Пламенно-ионизационный детектор (ПИД)	Органические соединения	$10^{-10}$
Электронно-захватный детектор (ЭЗД)	Галоген- и кислородсодержащие органические соединения	$10^{-13}$
Термоионный детектор (ТИД)	Фосфорсодержащие органические соединения	$10^{-8}$
Пламенно-фотометрический детектор (ПФД)	Серосодержащие органические соединения	$10^{-11}$
Детектор по теплопроводности (катарометр)	Органические и неорганические соединения	$10^{-3} \dots 10^{-5}$

# Экспрессанализ воздуха

Индикаторная трубка представляет собой герметичную стеклянную трубку, заполненную твёрдым носителем, обработанным активным реагентом.



Основными преимуществами указанного метода являются:

1. Быстрота проведения анализа и получение результатов непосредственно на месте отбора пробы воздуха.
2. Простота метода и аппаратуры, что позволяет проводить анализ лицам, не имеющим специальной подготовки.
3. Малая масса, комплектность и низкая стоимость аппаратуры.
4. Достаточная чувствительность и точность анализа; не требуются регулировка и настройка аппаратуры перед проведением анализов.
5. Не требуются источники электрической и тепловой энергии.





# **Федеральный закон об охране атмосферного воздуха**

*От 2 апреля 1999 года*

## **Статья 11. Нормирование качества атмосферного воздуха и вредных физических воздействий на атмосферный воздух**

1. В целях определения критериев безопасности и (или) безвредности воздействия химических, физических и биологических факторов на людей, растения и животных, особо охраняемые природные территории и объекты, а также в целях оценки состояния атмосферного воздуха устанавливаются гигиенические и экологические нормативы качества атмосферного воздуха и предельно допустимые уровни физических воздействий на него.

2. Гигиенические и экологические нормативы качества атмосферного воздуха, предельно допустимые уровни физических воздействий на атмосферный воздух устанавливаются и пересматриваются в порядке, определенном Правительством Российской Федерации.

[<http://www.referent.ru/1/190614>]

# **Федеральный закон об охране атмосферного воздуха**

*От 2 апреля 1999 года*

## **Статья 12. Нормативы выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и вредных физических воздействий на атмосферный воздух**

1. В целях государственного регулирования выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух устанавливаются следующие нормативы таких выбросов: технические нормативы выбросов; предельно допустимые выбросы.

2. Технические нормативы выбросов устанавливает федеральный орган исполнительной власти в области охраны окружающей среды или другой уполномоченный Правительством Российской Федерации федеральный орган исполнительной власти по согласованию с федеральным органом исполнительной власти в области охраны окружающей среды для отдельных видов стационарных источников выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, а также для являющихся источниками загрязнения атмосферного воздуха транспортных или иных передвижных средств и установок всех видов.

# **Федеральный закон об охране атмосферного воздуха**

## **Статья 14. Разрешение на выброс вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и разрешение на вредное физическое воздействие на атмосферный воздух**

1. Выброс вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух стационарным источником допускается на основании разрешения, выданного территориальным органом федерального органа исполнительной власти в области охраны окружающей среды, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, осуществляющими государственное управление в области охраны окружающей среды, в порядке, определенном Правительством Российской Федерации.

(в ред. Федеральных законов от 22.08.2004 N 122-ФЗ, от 31.12.2005 N 199-ФЗ)

Разрешением на выброс вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух устанавливаются предельно допустимые выбросы и другие условия, которые обеспечивают охрану атмосферного воздуха.

5. При отсутствии разрешений на выбросы вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и вредные физические воздействия на атмосферный воздух, а также при нарушении условий, предусмотренных данными разрешениями, выбросы вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и вредные физические воздействия на него могут быть ограничены, приостановлены или прекращены в порядке, установленном законодательством Российской Федерации.

(в ред. Федерального закона от 09.05.2005 N 45-ФЗ)

# **Федеральный закон об охране атмосферного воздуха**

## **Статья 16. Требования охраны атмосферного воздуха при проектировании, размещении, строительстве, реконструкции и эксплуатации объектов хозяйственной и иной деятельности**

1. При проектировании, размещении, строительстве, реконструкции и эксплуатации объектов хозяйственной и иной деятельности, при застройке городских и иных поселений должно обеспечиваться не превышение нормативов качества атмосферного воздуха в соответствии с экологическими, санитарно-гигиеническими, а также со строительными нормами и правилами в части нормативов площадей озелененных территорий.

3. В целях охраны атмосферного воздуха в местах проживания населения устанавливаются санитарно-защитные зоны организаций. Размеры таких санитарно-защитных зон определяются на основе расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе и в соответствии с санитарной классификацией организаций.

8. Запрещаются проектирование, размещение и строительство объектов хозяйственной и иной деятельности, функционирование которых может привести к неблагоприятным изменениям климата и озонового слоя Земли, ухудшению здоровья людей, уничтожению генетического фонда растений и генетического фонда животных, наступлению необратимых последствий для людей и окружающей среды.

# **Федеральный закон об охране атмосферного воздуха**

## **Статья 23. Мониторинг атмосферного воздуха**

2. Государственный мониторинг атмосферного воздуха является составной частью государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды) и осуществляется федеральными органами исполнительной власти в области охраны окружающей среды, другими органами исполнительной власти в пределах своей компетенции в порядке, установленном уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти.

# **Федеральный закон об охране атмосферного воздуха**

## **Статья 16. Требования охраны атмосферного воздуха при проектировании, размещении, строительстве, реконструкции и эксплуатации объектов хозяйственной и иной деятельности**

1. При проектировании, размещении, строительстве, реконструкции и эксплуатации объектов хозяйственной и иной деятельности, при застройке городских и иных поселений должно обеспечиваться не превышение нормативов качества атмосферного воздуха в соответствии с экологическими, санитарно-гигиеническими, а также со строительными нормами и правилами в части нормативов площадей озелененных территорий.

3. В целях охраны атмосферного воздуха в местах проживания населения устанавливаются санитарно-защитные зоны организаций. Размеры таких санитарно-защитных зон определяются на основе расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе и в соответствии с санитарной классификацией организаций.

8. Запрещаются проектирование, размещение и строительство объектов хозяйственной и иной деятельности, функционирование которых может привести к неблагоприятным изменениям климата и озонового слоя Земли, ухудшению здоровья людей, уничтожению генетического фонда растений и генетического фонда животных, наступлению необратимых последствий для людей и окружающей среды.

# УК РФ

## Статья 251. Загрязнение атмосферы

1. Нарушение правил выброса в атмосферу загрязняющих веществ или нарушение эксплуатации установок, сооружений и иных объектов, если эти деяния повлекли загрязнение или иное изменение природных свойств воздуха, —

наказываются штрафом в размере от ста до двухсот минимальных размеров оплаты труда или в размере заработной платы или иного дохода осужденного за период от одного до двух месяцев, либо лишением права занимать определенные должности или заниматься определенной деятельностью на срок до пяти лет, либо исправительными работами на срок до одного года, либо арестом на срок до трех месяцев.