

# Мониторинг атмосферного воздуха

# План лекции

1. Классификация источников загрязнения
2. Нормирование качества атмосферного воздуха
3. Характеристика загрязняющих веществ
4. Биоиндикаторы загрязняющих веществ
5. Наблюдения и контроль загрязнения атмосферного воздуха

# 1. Классификация источников загрязнения

Загрязнение атмосферы — изменение состава атмосферы в результате попадания в нее примесей.

Примесь в атмосфере — это рассеянное в атмосфере вещество, не содержащееся в ее постоянном составе.

Загрязняющее воздух вещество — это примесь в атмосфере, оказывающая неблагоприятное воздействие на окружающую среду и здоровье населения.

Первичная примесь в атмосфере — примесь, сохранившая за рассматриваемый интервал времени свои физические и химические свойства.

Превращения примесей в атмосфере — процесс, при котором примеси в атмосфере подвергаются физическим и химическим изменениям под влиянием природных и антропогенных факторов, а также в результате взаимодействия между собой.

Вторичная примесь в атмосфере — это примесь в атмосфере, образовавшаяся в результате превращения первичных примесей.

**Массовое выделение в атмосферу некоторых газообразных веществ  
антропогенными и природными источниками**

**Выделение ( $10^6$  т/сут) некоторых газообразных веществ**

<b>Вещество</b>	<b>Источник</b>	
	<b>природный</b>	<b>антропогенный</b>
<b>Диоксид серы</b>	<b>-</b>	<b>0,4</b>
<b>Сероводород</b>	<b>0,3</b>	<b>0,01</b>
<b>Оксиды азота</b>	<b>2</b>	<b>0,2</b>
<b>Аммиак</b>	<b>3</b>	<b>0,01</b>
<b>Углеводороды</b>	<b>2</b>	<b>0,2</b>
<b>Оксид углерода</b>	<b>10</b>	<b>1</b>
<b>Диоксид углерода</b>	<b>3000</b>	<b>50</b>

**В результате неблагоприятного воздействия и загрязнения атмосферы возможны следующие последствия:**

- превышение ПДК многих токсичных веществ ( $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{C}_n\text{H}_m$ , бенз(а)пирена, свинца, бензола и др.) в городах и населенных пунктах;**
- образование смога при интенсивных выбросах  $\text{SO}_x$  и  $\text{NO}_x$ ;**
- выпадение кислотных дождей при интенсивных выбросах  $\text{SO}_x$  и  $\text{NO}_x$ ;**
- появление парникового эффекта при повышенном содержании  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и пыли в атмосфере, что способствует повышению средней температуры Земли;**
- разрушение озонового слоя при поступлении и соединений хлора в него, что создает опасность Уф-облучения.**

**Загрязнение атмосферы оказывает неблагоприятное воздействие не только на человека, но и на флору, фауну, на различного рода сооружения.**

## Изменение содержания углекислого газа

Год	1900	1970	1990	2000	2030	2050
Концентрация CO <sub>2</sub> , млн <sup>-1</sup>	290	321	360	380	450-600	700-750

Установлено, что каждые 10-12 лет объем мирового промышленного производства удваивается, что сопровождается примерно таким же ростом объема выбрасываемых загрязнений в окружающую среду. По оценкам специалистов, за год в атмосферу Земли выбрасывается примерно 200 млн. т оксида углерода, более 20 млрд. т диоксида углерода, 150 млн. т диоксида серы, 53 млн. т оксидов азота, свыше 250 млн. т пыли, более 50 млн. т углеводородов.

## 2. Нормирование качества атмосферного воздуха

Качество атмосферного воздуха — это совокупность его свойств, определяющая степень воздействия физических, химических и биологических факторов на людей, растительный и животный мир, а также на материалы, конструкции и окружающую среду в целом.

ПДК — это максимально концентрация примеси в атмосфере, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении все жизни человека не оказывает на него и на окружающую среду в целом прямого или косвенного воздействия, включая отдаленные последствия.

Для санитарной оценки воздушной среды используют следующие виды предельно допустимых концентраций:

- ПДК<sub>рз</sub> – предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны, выражаемая в мг/м<sup>3</sup> (в воздухе рабочей зоны определяют ПДК<sub>мр.рз</sub> и ПДК<sub>сс.рз</sub>);
- ПДК<sub>мр.рз</sub> – максимальная разовая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны (мг/м<sup>3</sup>);

- ПДКсс.рз – среднесменная предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны (мг/м<sup>3</sup>);
- ПДКпп – предельно допустимая концентрация вредного вещества на территории промышленного предприятия (обычно принимается ПДКпп = 0,3 ПДКрз);
- ОБУВ – ориентировочно безопасные уровни воздействия (для химических веществ, на которые ПДК не установлены, должны пересматриваться через каждые два года с учётом накопления данных о здоровье работающих или заменяться ПДК);
- ВДКрз – временно допустимая концентрация химического вещества в воздухе рабочей зоны (временный отраслевой норматив на 2–3 года);
- ОДКрз – ориентировочно допустимая концентрация химического вещества в воздухе рабочей зоны;
- ПДКнп – предельно допустимая концентрация вредного вещества в атмосферном воздухе населённого пункта (в воздухе населённых мест определяют ПДКмр и ПДКсс);
- ПДКмр – максимальная разовая концентрация вредного вещества в воздухе населённых мест (мг/м<sup>3</sup>);
- ПДКсс – среднесуточная предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе населённых мест (мг/м<sup>3</sup>).

## Предельно допустимые концентрации (ПДК) в атмосферном воздухе населенных мест

Вещество	ПДК, мг/м <sup>3</sup>		Класс опасности вещества
	максимальная разовая	средняя суточная	
Азота диоксид	0,085	0,04	2
Серы диоксид	0,5	0,05	3
Углерода оксид	5,0	3,0	4
Пыль (взвешенные вещества)	0,5	0,15	3
Аммиак	0,2	0,04	4
Кислота серная	0,3	0,1	2
Фенол	0,01	0,003	2
Ртуть металлическая	-	0,0003	1

Для каждого города на основании нормативов ПДВ предприятий и фонового состава атмосферного воздуха разрабатывают общегородские нормативы ПДВ, в соответствии с которыми индивидуальные ПДВ предприятий могут быть пересмотрены в сторону уменьшения. В местах, где расположены курорты, на территориях санаториев, домов отдыха и в зонах отдыха городов с населением более 200 тыс. человек. концентрации примесей, загрязняющих атмосферный воздух, не должны превышать 0,8 ПДК.

Может создаваться ситуация, когда в воздухе одновременно находятся вещества, обладающие суммированным (аддитивным) действием. В таком случае сумма их концентраций (С), нормированная на ПДК, не должна превышать единицы согласно следующему выражению:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \frac{C_3}{ПДК_3} \leq 1$$

К вредным веществам, обладающим суммацией действия, относятся, как правило, близкие по химическому строению и характеру влияния на организм человека, например:

- диоксид серы и аэрозоль серной кислоты;
- диоксид серы и сероводород;
- диоксид серы и диоксид азота;
- диоксид серы и фенол;
- диоксид серы и фтористый водород;
- диоксид и триоксид серы, аммиак, оксиды азота;
- диоксид серы, оксид углерода, фенол и пыль конверторного производства.

**Вместе с тем, многие вещества при одновременном присутствии в атмосферном воздухе не обладают суммацией действия, т.е. предельно допустимые значения концентраций сохраняются для каждого вещества в отдельности, например:**

- оксид углерода и диоксид серы;**
- оксид углерода, диоксид азота и диоксид серы;**
- сероводород и сероуглерод.**

**В том случае, когда отсутствуют значения ПДК, для оценки гигиенической опасности вещества можно пользоваться показателем ориентировочно- безопасного максимального разового уровня загрязнения воздуха (ОБУВ).**



В результате острого воздействия  $\text{SO}_2$  на широколиственные растения их листья обесцвечиваются между жилками (бурый или белый цвет) или по краям, на некоторых листьях наблюдается эффект «елочки». Признаком хронического воздействия или поражения  $\text{SO}_2$  является хлороз или обесцвечивание листьев с изменением их окраски до красно-бурого цвета, у хвойных растений – покраснение хвоинок от кончика к основанию.



**Наиболее чувствительны к действию  $\text{NH}_3$  листья среднего возраста. Они могут стать тускло-зелеными, а затем бурыми или черными. Возможно увеличение рН листа, приводящее к изменению его окраски от пурпурной до черной .**

У растений, находящихся вблизи источника выбросов В, наблюдается краевой и межжилковый некроз листьев, а также пятнистость. Листья приобретают чашевидную форму и деформируются.





Хлористый водород очень гигроскопичный газ, который может превращаться в атмосфере в аэрозольные капли соляной кислоты. Типичной реакцией на воздействие является краевой и межжилковый некроз, затем наступает некроз, проявляющийся в изменении окраски от желтого, бурого, красного до черного. Границы некротизированных участков могут быть от белого до кремового цвета.

**Озон и двуокись серы.** Описано появление на листьях фасоли и табака некротических участков от рыжевато-бурых до белых при воздействии на них смеси  $O_3$  и  $SO_2$ .

**Озон и пероксиацетилнитрат.** Исследовано влияние на сосну желтую смеси ПАН —  $O_3$  и изолированно ПАН и  $O_3$  концентрацией, вызывающей острое повреждение молодых хвоинок.



При воздействии смеси  $SO_2$  и  $NO_2$  концентрацией ниже пороговой для каждого газа, происходит повреждение верхней стороны листа у овса, фасоли «Pinto», редьки, соевых бобов, табака и томата. Нижняя поверхность листьев становится серебристой или на ней появляется красноватая пигментация, совместное действие  $SO_2$  и  $NO_2$  приводит к уменьшению сухой массы у четырех пастбищных трав (злаков), в то время как в результате воздействия каждого из этих веществ в отдельности снижения урожайности могло и не быть.



При проведении мониторинга устанавливают три категории постов наблюдений: стационарный, маршрутный и передвижной (подфакельный).

Стационарный пост предназначен для обеспечения непрерывной регистрации содержания загрязняющих веществ или регулярного отбора проб воздуха для последующего анализа. Из числа стационарных постов выделяют опорные стационарные посты, которые предназначены для выявления долговременных изменений содержания основных и наиболее распространенных загрязняющих веществ.

Маршрутный пост предназначен для регулярного отбора проб воздуха в фиксированной точке местности при наблюдениях, которые проводятся с помощью передвижного оборудования.

Передвижной пост предназначен для отбора проб под дымовым (газовым) факелом с целью выявления зоны влияния данного источника.

**Стационарный пост наблюдений — это специально оборудованный павильон, в котором размещена аппаратура, необходимая для регистрации концентраций загрязняющих веществ и метеопараметров по установленной программе.**





Маршрутный пост предназначен для регулярного отбора проб воздуха в фиксированной точке местности при наблюдениях, которые проводят с помощью передвижной аппаратуры. В качестве передвижного поста используют автолабораторию «Атмосфера-2», смонтированную в салоне автофургона УАЗ-452А (либо другого автомобиля).



**Передвижные (подфакельные) посты предназначены для отбора проб под дымовым (газовым) факелом с целью выявления зоны влияния источника загрязнения атмосферы. Подфакельные наблюдения за специфическими загрязняющими веществами, характерными для выбросов данного предприятия, осуществляют по специально разработываемым программам и маршрутам — с учетом объема выбросов и их токсичности.**

Наблюдения на постах проводят по одной из четырех программ: полной, неполной, сокращенной, суточной.

- *Полная программа* предназначена для получения информации о разовых и среднесуточных концентрациях. Наблюдения по полной программе выполняют ежедневно путем регистрации с помощью автоматических устройств или дискретно через равные промежутки времени не менее четырех раз с обязательным отбором в 1, 7, 13, 19 ч по местному времени. Допускается проводить наблюдения по скользящему графику: в 7, 10, 13 ч — во вторник, четверг, субботу; в 16, 19, 22 ч — в понедельник, среду, пятницу.

- **Наблюдения по *неполной* программе** разрешается проводить с целью получения информации о разовых концентрациях ежедневно в 7, 13, 19 ч по местному времени.
- **По *сокращенной* программе** наблюдения проводят с целью получения информации о разовых концентрациях ежедневно в 7 и 13 ч по местному времени. Наблюдения по этой программе допускается проводить при температуре воздуха ниже  $-45^{\circ}\text{C}$  и в местах, где среднемесячные концентрации ниже  $1/20$  разовой ПДК или меньше нижнего предела диапазона измерений примеси используемым методом.

- **Суточная программа отбора проб** предназначена для получения информации о среднесуточной концентрации. Наблюдения по этой программе проводят путем непрерывного суточного отбора проб (в 1,7, 13, 19 ч).

**Одновременно с отбором проб воздуха определяют направление и скорость ветра, температуру воздуха, состояние погоды и подстилающей поверхности. В период неблагоприятных метеорологических условий (штиль, температурная инверсия) и значительного возрастания концентраций загрязняющих веществ наблюдения проводят каждые три часа.**



**Мониторинг загрязнения снежного покрова позволяет отслеживать загрязнение окружающей среды сульфатами, нитратами, ионами аммония, основаниями, тяжелыми металлами, полициклическими ароматическими нефтяными углеводородами, хлорорганическими пестицидами и другими веществами.**

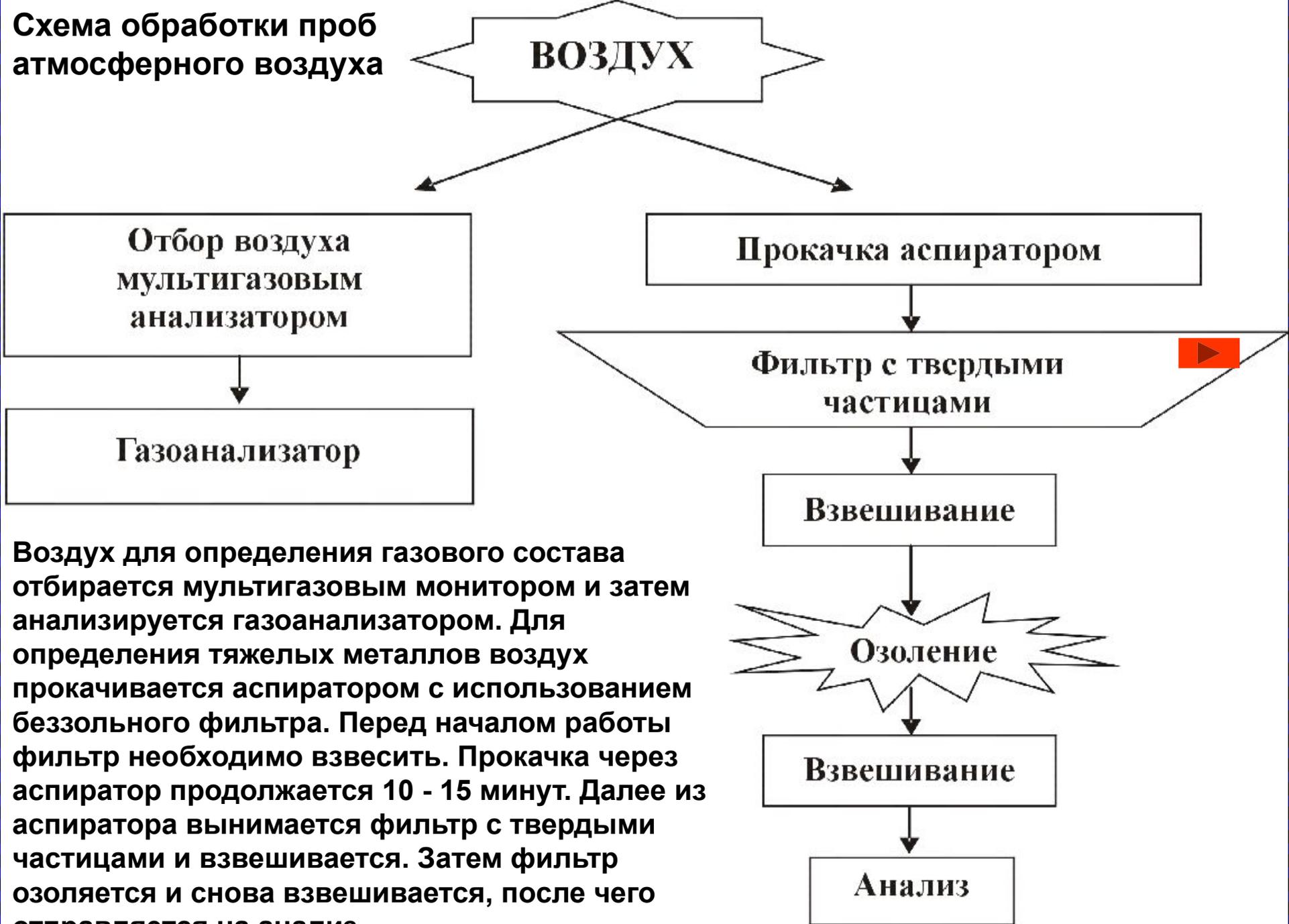
**Отбор проб — важнейшая часть аналитической процедуры при осуществлении контроля качества окружающей среды контактными методами наблюдений.**

**Представительная проба статистически правильно отражает состояние объекта анализа и его количественный и качественный состав в данное время в данном месте, содержит достаточное количество вещества для анализа, обеспечивает условия сохранности вещественного состава среды в течение всего времени до получения результата анализа.**

**Взятие простой пробы подразумевает однократный отбор в одной точке пространства всего объема материала, необходимого для проведения анализа.**

**Смешанную пробу (усредненную, объединенную, составную) получают путем объединения нескольких простых проб, взятых по определенной программе в разных точках пространства в один и тот же момент времени или отобранных в одной точке пространства через определенные интервалы времени.**

# Схема обработки проб атмосферного воздуха



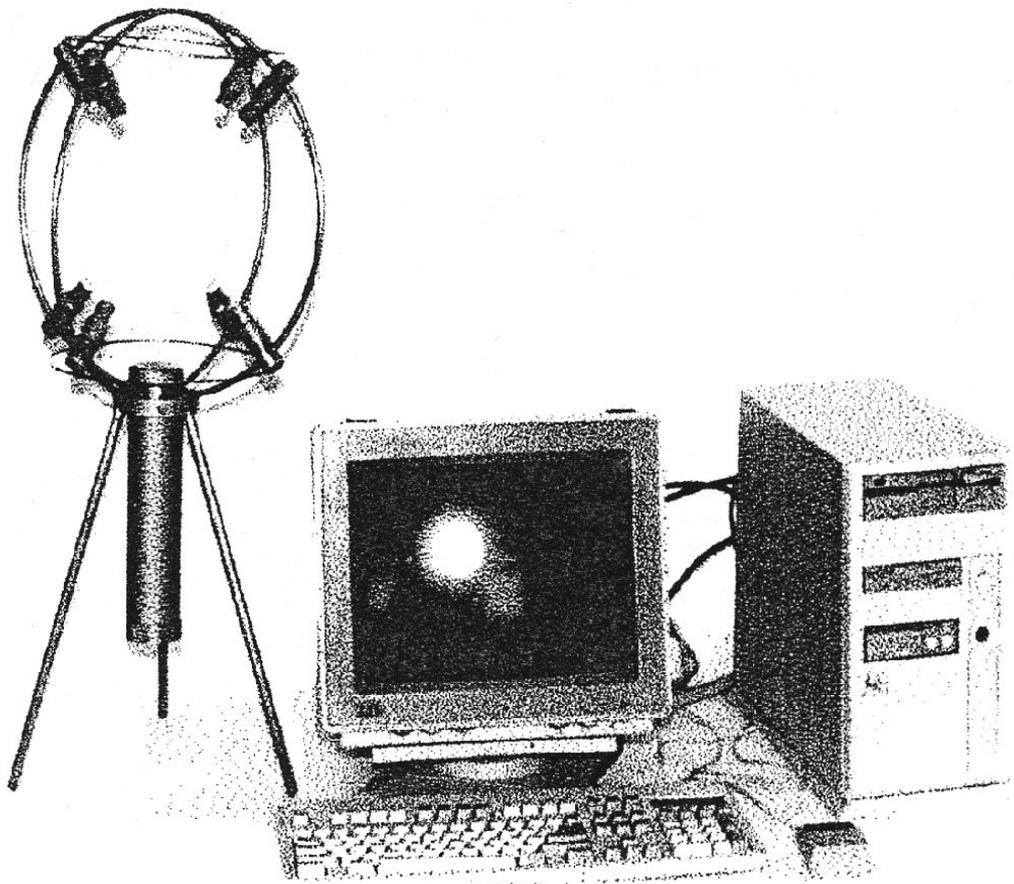
Воздух для определения газового состава отбирается мультигазовым монитором и затем анализируется газоанализатором. Для определения тяжелых металлов воздух прокачивается аспиратором с использованием беззольного фильтра. Перед началом работы фильтр необходимо взвесить. Прокачка через аспиратор продолжается 10 - 15 минут. Далее из аспиратора вынимается фильтр с твердыми частицами и взвешивается. Затем фильтр озоляется и снова взвешивается, после чего отправляется на анализ.



**Активная дозиметрия.** Воздействие вредных химических веществ на работников промышленных предприятий изменяется в течение рабочей смены. Наилучшим способом оценки воздействия химических веществ на работающих является измерение их концентраций в зоне дыхания путём отбора долговременных проб воздуха (в течение рабочей смены или 75 % её длительности) или путём последовательного отбора кратковременных (30 мин) проб с помощью индивидуальных пробоотборников автономного действия, небольшие размеры которых и масса позволяют прикреплять их к одежде без нарушения темпа труда.

**Пассивная дозиметрия.** В отличие от так называемого активного отбора поглощение химических веществ пассивными дозиметрами происходит не за счет просасывания воздуха, а благодаря свободной диффузии веществ. В связи с этим пассивные дозиметры не требуют аспирационных устройств, имеют незначительную массу, экономичны, просты и удобны в работе. Дозиметры прикрепляют к одежде работающих, которую они носят в течение всей рабочей смены. По окончании отбора пассивные дозиметры отправляют в лабораторию для анализа.





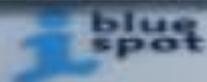
**Принцип действия акустического термоанемометра ТАУ-1 основан на измерении времени прохождения через воздушную среду короткого ультразвукового импульса, распространяющегося от акустического излучателя к приемнику и, затем, в обратном направлении. Движение воздушной среды приводит к задержке акустического сигнала, по величине которой определяют скорость движения воздуха и его**

**температуру. Основными достоинствами термоакустического анемометра являются высокая чувствительность и точность, регистрация истинной температуры воздуха, неискаженной воздействием на чувствительный элемент посторонних климатических факторов, полная автоматизация измерений, высокая надежность, обусловленная отсутствием датчиков, использующих механическое движение.**

**Акустический термоанемометр устойчив к воздействию внешних климатических факторов, не подвержен обледенению и коррозии.**

**Метеометр контроля атмосферы  
рабочей зоны МЭС-200.**





bluespot

Freiburg

IM BREISGAU

AKTUELLE LUFTMESSWERTE

Ozon ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

52

NO<sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

14

SO<sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

2

CO (mg/m<sup>3</sup>)

0.13

Feinstaub ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

0

mit freundlicher Unterstützung von

Wall



Метод адсорбции основан на физических свойствах некоторых пористых материалов селективно извлекать из газо-воздушной среды отдельные ее компоненты. Широко известный пример адсорбента с ультрамикроскопической структурой – активированный уголь. Метод адсорбции позволяет проводить очистку вредных выбросов при повышенных температурах.

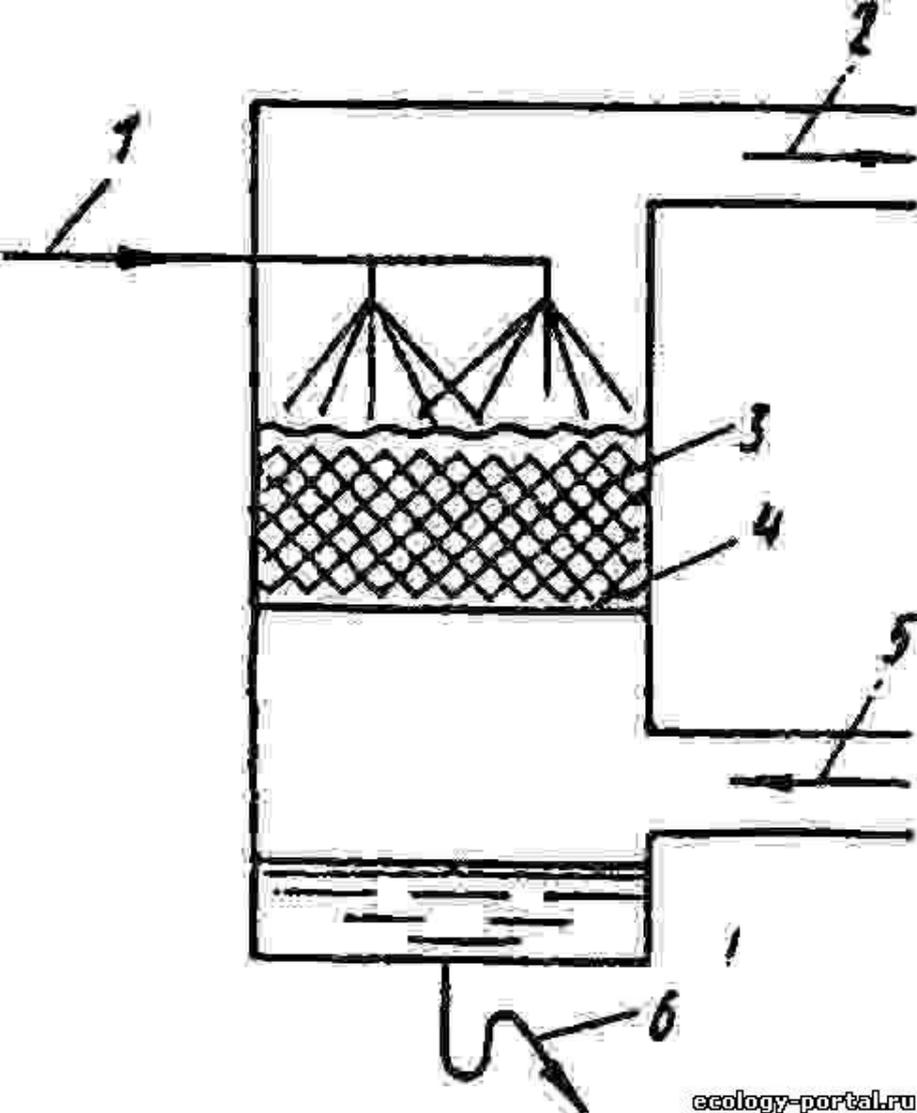
Конструктивно адсорберы выполняются в виде вертикальных или горизонтальных емкостей, заполненных адсорбентом, через который проходит поток очищаемых газов.

Метод абсорбции заключается в разделении газо-воздушной смеси на составные части путем поглощения одного или нескольких газовых компонентов поглотителем (абсорбентом) с образованием раствора.

Метод хемосорбции основан на поглощении газов и паров твердыми или жидкими поглотителями с образованием малолетучих или малорастворимых химических соединений. Большинство реакций, протекающих в процессе хемосорбции, являются экзотермическими и обратимыми, поэтому при повышении температуры раствора образующееся химическое соединение разлагается с выделением исходных элементов.

Поглотительная способность хемосорбента почти не зависит от давления, поэтому хемосорбция более выгодна при небольшой концентрации вредных примесей в отходящих газах.

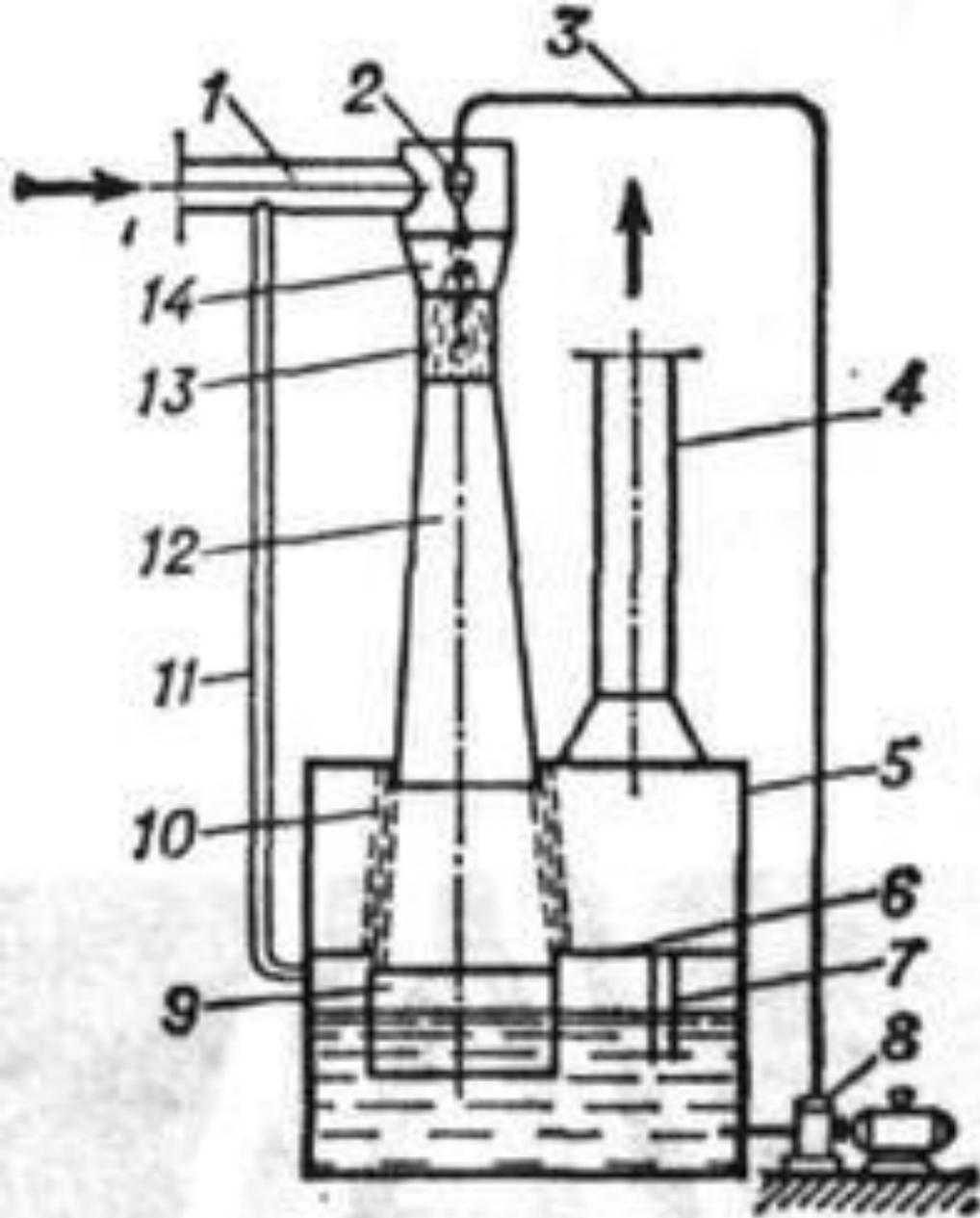
## Отбор проб на твердые сорбенты



Наибольшее распространение получил способ, при котором анализируемые вещества поглощаются на поверхности твёрдого сорбента (силикагеля, молекулярных сит, активного угля, графитированной сажи, полимерного сорбента и др.). 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 объёме растворителя.

### Схема абсорбера

1 — абсорбент; 2 — очищенный поток; 3 — насадка; 4 — сетка; 5 — загрязненный поток; 6 — выброс в канализацию



**Метод абсорбции** заключается в разделении газо-воздушной смеси на составные части путем поглощения одного или нескольких газовых компонентов поглотителем (абсорбентом) с образованием раствора. Состав абсорбента выбирается из условия растворения в нем поглощаемого газа.

Загрязненный газ поступает сверху вниз, подвергается очистке. Вверх поднимается очищенный воздух. Скорость абсорбции зависит главным образом от температуры и давления. Все аппараты жидкостной абсорбции делятся на три типа: колонные, тарельчатые и насадочные.

Термический метод или высокотемпературное дожигание, который иногда называют термической нейтрализацией, требует поддержания высоких температур очищаемого газа и наличия достаточного количества кислорода.

Если выбрасываемые газы имеют высокую температуру, процесс дожигания происходит в камере с подмешиванием свежего воздуха.

Если температура выбросов недостаточна для протекания окислительных процессов, то в потоке отходящих газов сжигают природный или другой высококалорийный газ.

При каталитическом методе токсичные компоненты газо-воздушной смеси, взаимодействуя со специальным веществом - катализатором, превращаются в безвредные вещества. В качестве катализаторов используются металлы или их соединения (платина, оксиды меди и марганца и пр.).

Для осуществления каталитического процесса необходимы незначительные количества катализатора, расположенного таким образом, чтобы обеспечить максимальную поверхность контакта с газовым потоком. Катализаторы обычно выполняются в виде шаров, колец или проволоки, свитой в спираль. Катализатор может состоять из смеси неблагородных металлов с добавкой платины и палладия (сотые доли % к массе катализатора), нанесенных в виде активной пленки на нихромовую проволоку, свитую в спираль.

Правильное установление агрегатного состояния вредного вещества в воздухе способствует правильному выбору фильтров и сорбентов и уменьшению погрешности определения, связанной с пробоотбором.

Для предварительной оценки агрегатного состояния примесей в воздухе необходимо располагать сведениями об их летучести — максимальной концентрации паров, выраженной в единицах массы на объем воздуха при данной температуре.

Летучесть  $L$  (в мг/л) рассчитывают по формуле:

$$L = 16 \cdot P \cdot M / (273 + f),$$

где  $P$  — давление насыщенного пара при данной температуре, мм рт. ст.;  $M$  — молекулярная масса вещества;  $f$  — температура, °С.

При проведении санитарно-химических исследований на производстве пробы отбирают преимущественно аспирационным способом путем пропускания исследуемого воздуха через поглотительную систему. Минимальная концентрация вещества, поддающаяся четкому и надежному определению, зависит от количества отбираемого воздуха.

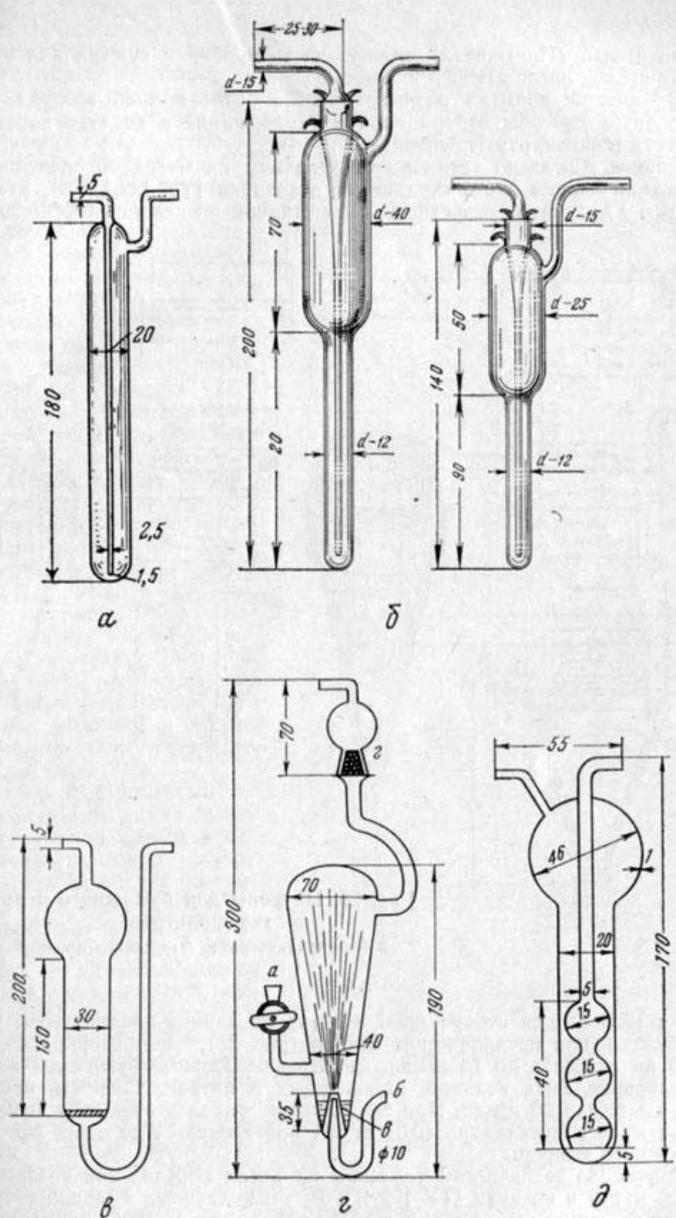
Многообразие вредных веществ и агрегатных состояний в воздухе обуславливает использование различных поглотительных систем, обеспечивающих эффективное поглощение микропримесей.

## Отбор проб в жидкие среды

Поглотительные приборы, применяемые для задержки исследуемого вещества в отбираемой пробе воздуха, бывают разных типов.

В основном они представляют собой стеклянные пробирки, запаянные сверху с впаянными двумя стеклянными трубочками: длинной, через которую поступает из помещения исследуемый воздух, и короткой, присоединяемой к аспиратору или через реометр к воздуходувке.

В нижнюю часть поглотителя наливают поглощающую жидкость, через которую барботирует исследуемый воздух. В некоторых модификациях поглотителей (Полежаева) нижняя часть пробирки сужена для увеличения столба поглощающей жидкости.



**Поглотительные приборы:**  
а — Петри; б — Полежаева;  
в — с пористой пластинкой;  
г — Рихтера.

Для проверки эффективности работы поглотительного сосуда к нему присоединяют последовательно еще один или два поглотителя. Пробу воздуха с известным содержанием вредного вещества пропускают через все абсорберы и затем поглотительные растворы из каждого сосуда анализируют.

«Проскок» вредных веществ  $K$  (в %) вычисляют по формуле

$$K = A_2 / (A_1 + A_2) \cdot 100,$$

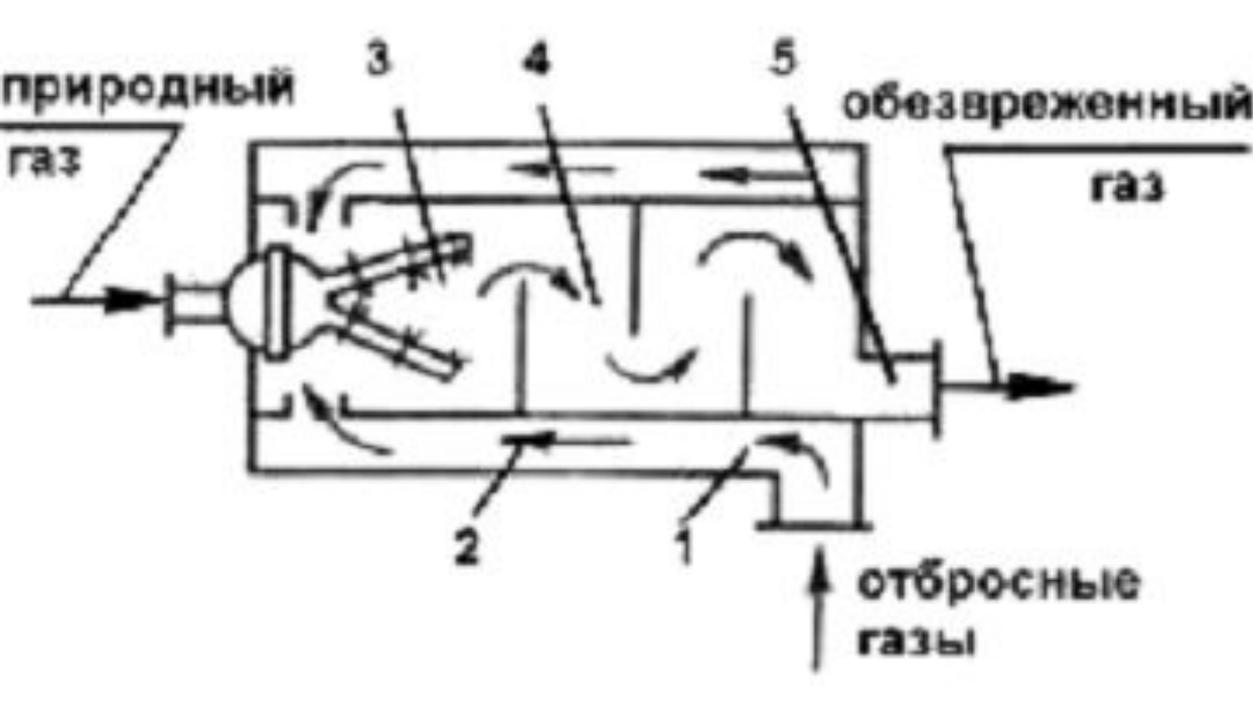
где  $A_2$  — масса вещества во втором абсорбере, мкг;  
 $A_1$  — масса вещества в первом абсорбере, мкг.

Эффективность поглощения  $\mathcal{E}$  (в %) вычисляют по формуле

$$\mathcal{E} = 100 - K.$$

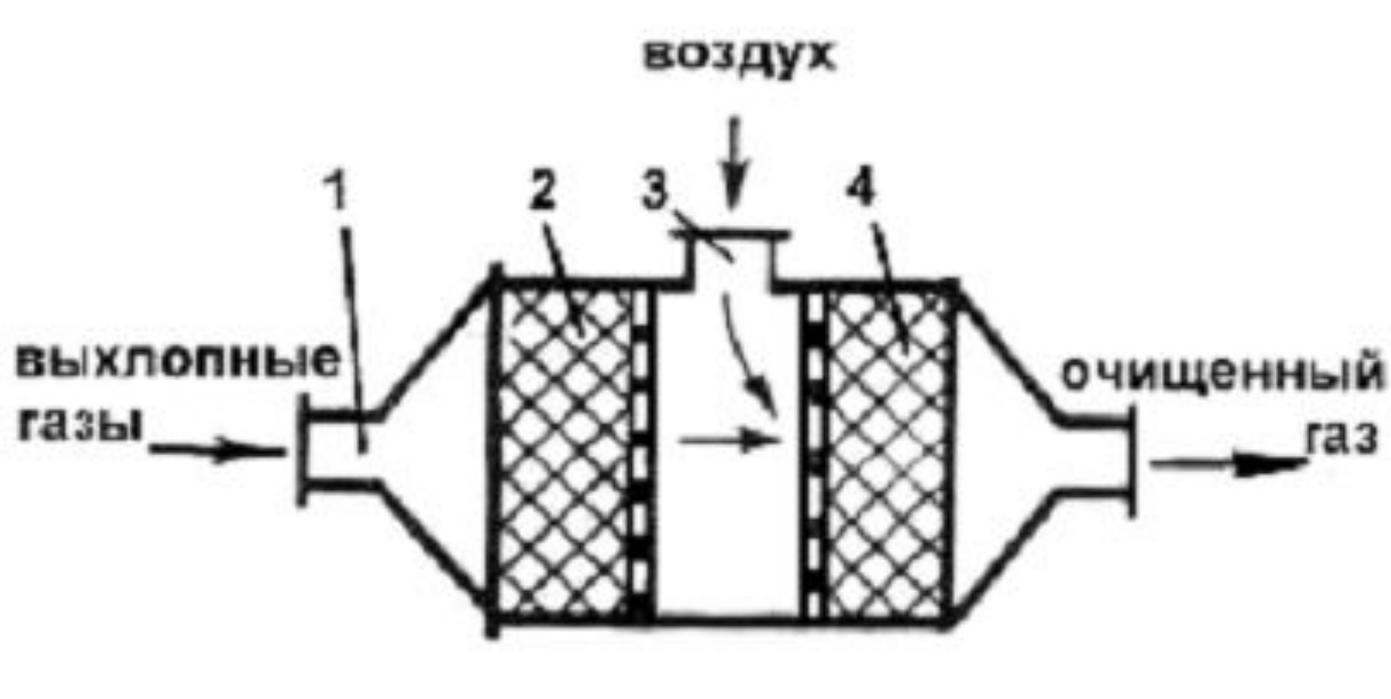
Эффективность поглощения считают достаточной, если в первом сосуде абсорбировалось около 95% исследуемого вещества.





Установка огневого обезвреживания: 1 - входной патрубок; 2 - теплообменник-подогреватель; 3 - V-образная полость коллектора горелки; 4 - камера смешения; 5 - выходной патрубок

Одним из простейших устройств, используемых для огневого обезвреживания технологических и вентиляционных выбросов, является горелка, предназначенная для сжигания природного газа. Обезвреживаемые выбросы в этом случае подаются в канал 1, где они омывают горелку 2. Из коллектора 3 газ, служащий топливом, поступает в сопла, при истечении из которых инжектируется первичный воздух из окружающей среды. Горение смеси газа с первичным воздухом осуществляется в V-образной полости коллектора. Процесс догорания происходит на выходе из полости, где хвостовая часть факела контактирует с обезвреживаемыми выбросами при их истечении из кольцевой щели между корпусом горелки и коллектора.



Двухступенчатый каталитический нейтрализатор: 1 - входной патрубок; 2 - восстановительный катализатор; 3 - патрубок вторичного воздуха; 4 - окислительный катализатор

Для комплексной очистки выхлопных газов - окисления продуктов неполного сгорания и восстановления оксида азота - применяют двухступенчатый каталитический нейтрализатор. Установка состоит из последовательно соединенных восстановительного 2 и окислительного 4 катализатора. Отработавшие газы через патрубок 1 поступают к восстановительному катализатору 2, на котором происходит нейтрализация оксидов азота по следующим реакциям:



В качестве восстановительного катализатора применяют монельметалл (медно-никелевый сплав) или катализатор из благородных металлов (например, платина на глиноземе). Эффективность очистки по NO достигает 90 % и выше.

# Криогенное концентрирование

Криогенное концентрирование применяют при отборе из воздуха нестабильных и реакционно-способных соединений.

Техника этого метода сводится к пропусканию исследуемого воздуха через охлаждаемое сорбционное устройство с большой поверхностью, например через стальные или стеклянные трубки, заполненные инертным носителем (стеклянными шариками, стеклянной ватой).

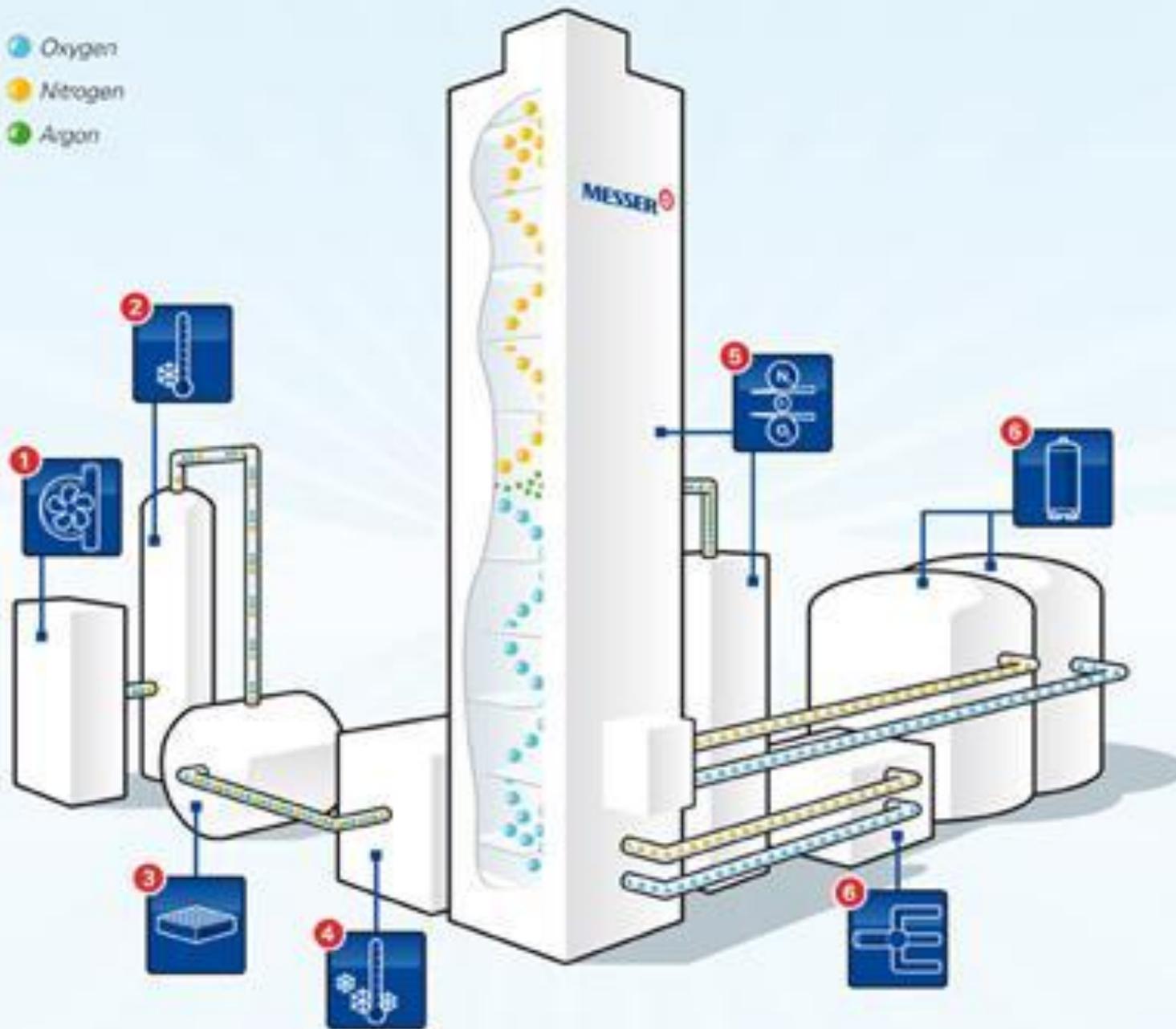
В качестве хладагентов используют следующие смеси:

- лед — вода ( $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ );
- лед — хлорид натрия ( $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ );
- твердая углекислота — ацетон ( $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ );
- жидкий азот ( $-185\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

# Separating air to produce gases by Messer.



- Oxygen
- Nitrogen
- Argon



Кислород, азот и аргон получают из воздуха путем разделения. Воздух состоит из 78% азота, 21% кислорода и приблизительно о 1% аргона. Криогенный метод для их получения был разработан более 100 лет назад.

1. Сжатие воздуха
- 2,4. Охлаждение воздуха
3. Очистка воздуха
5. Разделение воздуха
6. Отбор и хранение

# Отбор проб в контейнеры

Этот метод рекомендуется для отбора летучих веществ, содержащихся в воздухе в значительных концентрациях, а также для анализа методом газовой хроматографии, обладающим достаточно высокой чувствительностью. Для отбора проб воздуха применяют шприцы, газовые пипетки и бутылки.

К недостаткам этого метода отбора можно отнести:

- ограниченный набор определяемых соединений;
- ограниченный предел обнаружения примесей;
- сорбцию компонентов на стенках контейнеров;
- возможность протекания химических реакций при хранении пробы в контейнере в присутствии влаги и кислорода воздуха.



**Индикаторные трубки — широко используемые средства экспресс-анализа загрязненности воздуха, воды, почвы промышленными и технологическими выбросами по ГОСТ 12.1.014-84.**

**Они содержат мелкодисперсный силикагель с реагентом. Эта новация позволила повысить чувствительность и одновременно уменьшить погрешность измерения, делая анализ более точным.**

**Сегодня GASTEC позволяет определить любой из 300 опасных компонентов менее, чем за 1 минуту.**

**Индикаторные трубки и газодетекторные комплекты GASTEC с большим эффектом используются в передвижных ("мобильных") аналитических комплексах службами экологического и санитарного контроля, подразделениями МЧС и МВД.**

**Индикаторные трубки GASTEC представляют собой герметично запаянные стеклянные трубки, заполненные хемосорбентом-индикатором. Принцип действия: экспресс-метод, основанный на изменении окраски индикаторного слоя при прокачивании через трубку анализируемого воздуха. Длина прореагировавшего слоя является функцией и мерой массовой концентрации определяемого компонента.**

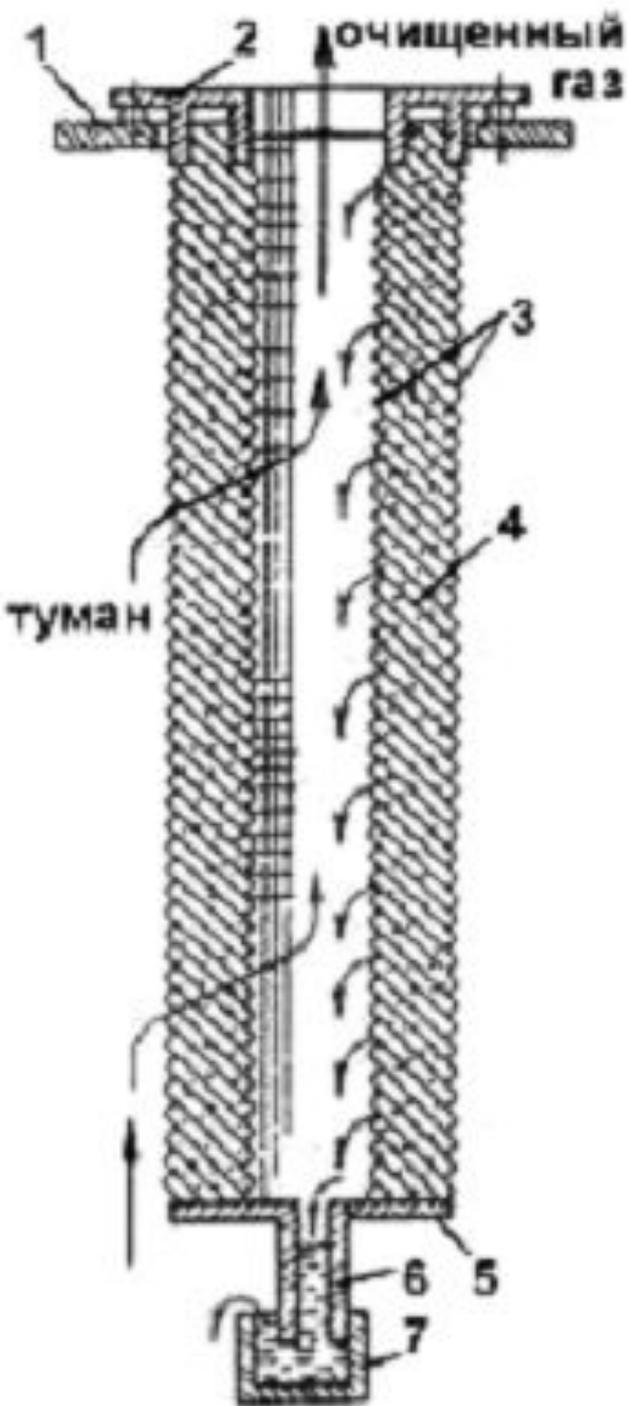
**Диаметр трубок: 4,5 мм, что делает их совместимыми со всеми известными пробоотборными устройствами.**

# Концентрирование на фильтрах

Вещества, находящиеся в воздухе в виде высокодисперсных аэрозолей (дымов, туманов, пыли), концентрируют на различных фильтрующих волокнистых материалах: перхлорвиниловой ткани, ацетилцеллюлозе, полистироле, стекловолокне.

Перспективными являются фильтры, состоящие из волокнистого фильтрующего материала, импрегнированного тонкодисперсным активным углем.

Большой интерес также представляют фильтры, импрегнированные твердым сорбентом, с добавлением химических реагентов.

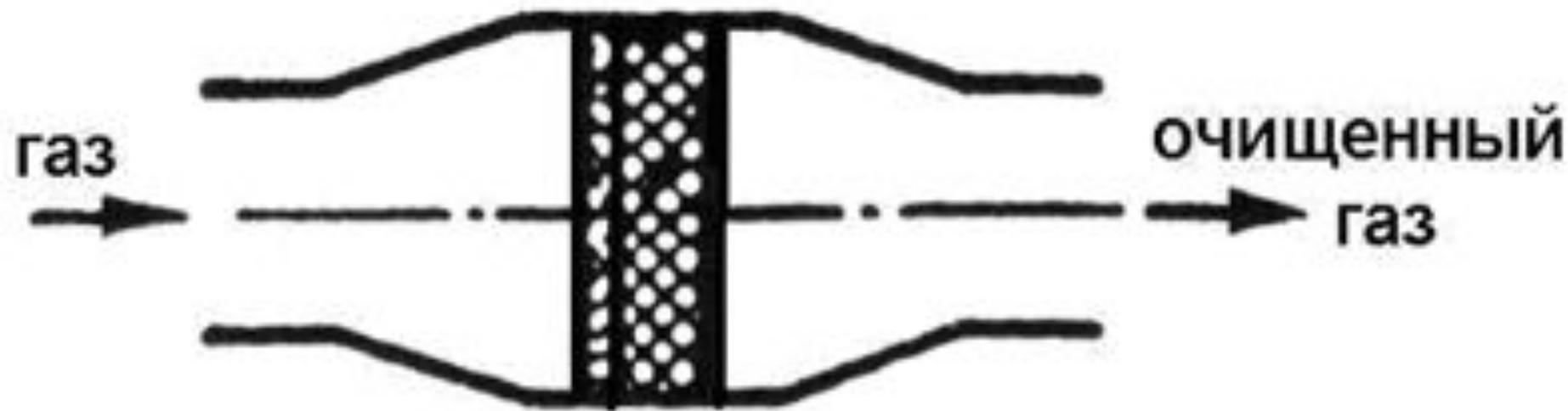


Для очистки воздуха от туманов кислот, щелочей, масел и других жидкостей используют волокнистые фильтры, принцип действия которых основан на осаждении капель на поверхности волокон и пор с последующим стеканием жидкости под действием гравитационных сил.

В пространстве между двумя цилиндрами 3, изготовленными из сеток, размещается волокнистый фильтрующий материал 4. Жидкость, оседающая на фильтрующем материале, стекает через гидрозатвор 6 в приемное устройство 7. Цилиндр с фильтром крепится к корпусу 1 туманоуловителя фланцами 2 и 5.

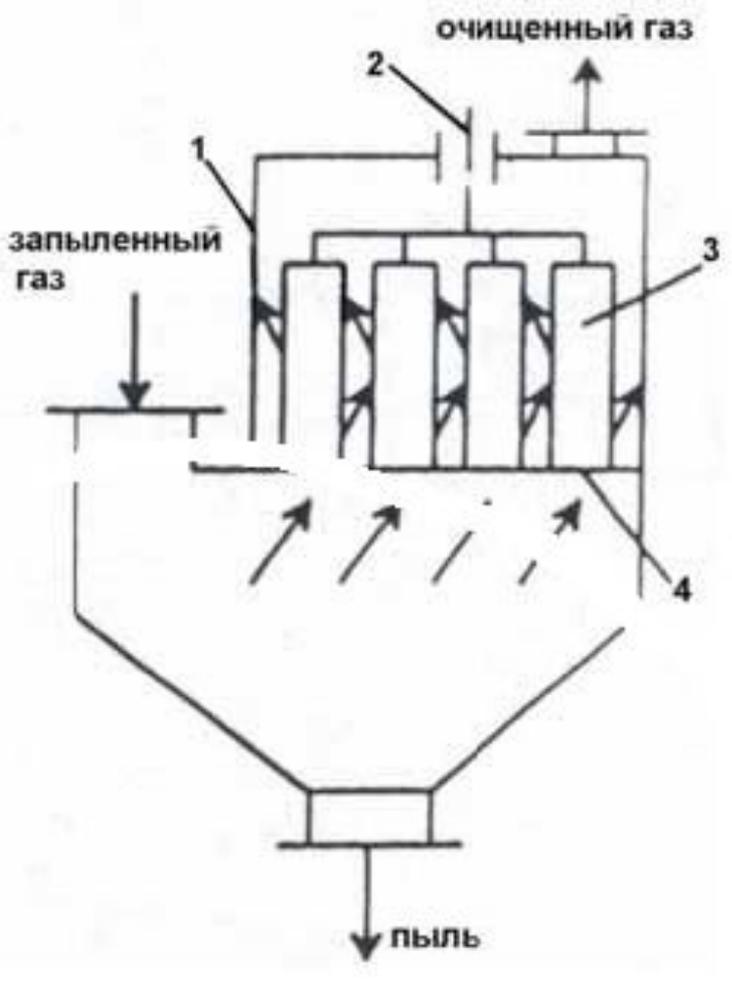
В качестве материала фильтрующего элемента используется войлок, лавсан, полипропилен и другие материалы толщиной 5-15 см.

Эффективность туманоуловителей для частиц размера менее 3 мкм может достигать 0,99.



### Схема процесса фильтрации

*Фильтры* широко используют для тонкой очистки промышленных выбросов. Работа их основана на фильтрации воздуха через пористую перегородку, в процессе которой твердые частицы примесей задерживаются на ней. В процессе очистки запыленного газа частицы приближаются к волокнам или к поверхности зерен материала, сталкиваются с ними и осаждаются главным образом в результате действия сил диффузии, инерции и электростатического притяжения. В фильтрах уловленные частицы накапливаются в порах или образуют пылевой слой на поверхности перегородки, и, таким образом, сами становятся для вновь поступающих частиц частью фильтрующей среды. По мере накопления пыли пористость перегородки уменьшается, а сопротивление возрастает. Поэтому возникает необходимость удаления пыли и регенерации фильтра.



**Рукавный фильтр: 1 - корпус; 2 - встряхивающее устройство; 3 - рукав; 4 - распределительная решетка.**

**В промышленности наиболее широко применяют тканевые рукавные фильтры. В корпусе фильтра устанавливается необходимое число рукавов, в которые подается загрязненный воздух, при этом очищенный воздух выходит через патрубок. Частицы загрязнений оседают на фильтре. Насыщенные загрязненными частицами рукава продувают и встряхивают для удаления осажденных частиц пыли.**

**Эффективность таких фильтров достигает 0,99 для частиц размером более 0,5 мкм.**