

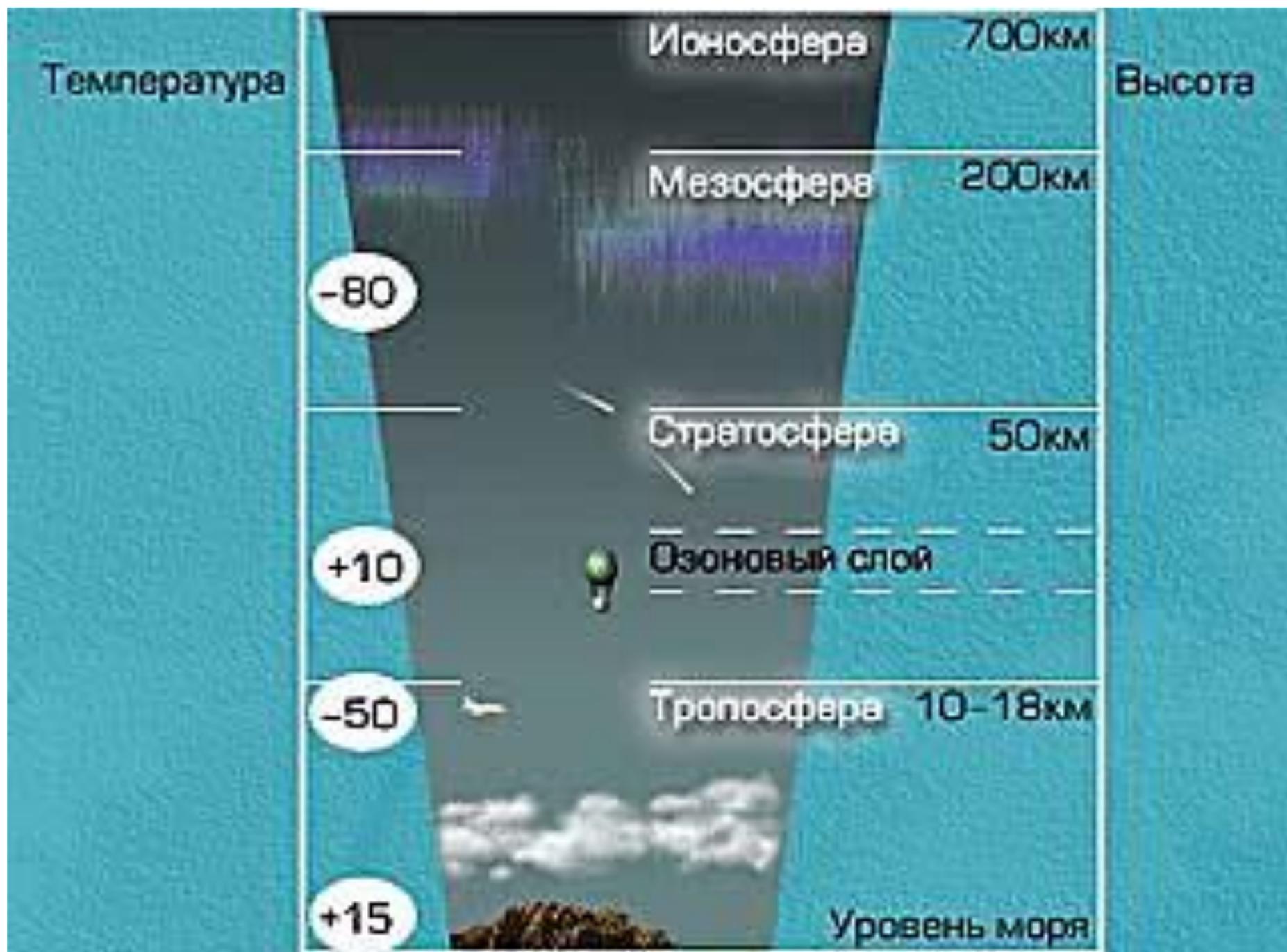
# Лекция 5

# План лекции

1. Атмосфера, тропосфера.
2. Загрязнение атмосферного воздуха
3. Контроль загрязнения атмосферного воздуха
4. Посты наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха
5. Анализ проб атмосферного воздуха
6. Прогноз загрязнения атмосферы

# Атмосфера





# Тропосфера

- **Тропосфера содержит:** космическую и антропогенную пыль, водяной пар, азот, кислород и инертные газы.
- **Тропосфера прозрачна** для проходящей через нее коротковолновой солнечной радиации.
- **Тропосфера нагревается** так как поглощает космическое излучение (за счет водяного пара,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ).
- **Нагревание тропосферы** является причиной вертикального перемещения потоков воздуха, конденсации водяного пара, образования облаков и выпадения осадков.
- **Температура** падает на  $0,5^\circ\text{C}$  на каждые 100 м высоты.
- **Распределение температур** в приземном слое атмосферы является причиной формирования климата и его характеристик.

Состав газов тропосферы неизменный.  
Смесь, образуемая газами, называется **воздухом**.

### Состав атмосферного воздуха

| <b>Наименование<br/>основных газов</b> | <b>Содержание,<br/>% объемные</b>     | <b>Относительная<br/>молекулярная масса,<br/>кг/моль</b> |
|--|---------------------------------------|--|
| <b>Азот</b>                            | <b>78,09</b>                          | <b>28</b>  |
| <b>Кислород</b>                        | <b>20,95</b>                          | <b>32</b>  |
| <b>Аргон</b>                           | <b>0,93</b>                           | <b>39</b>  |
| <b>Углекислый газ</b>                  | <b>0,03</b>                           | <b>44</b>  |
| <b>Неон</b>                            | <b><math>1,8 \cdot 10^{-3}</math></b> | <b>20</b>  |
| <b>Гелий</b>                           | <b><math>5,2 \cdot 10^{-4}</math></b> | <b>4</b>   |
| <b>Криптон</b>                         | <b><math>1,0 \cdot 10^{-4}</math></b> | <b>83</b>  |
| <b>Ксенон</b>                          | <b><math>8,0 \cdot 10^{-6}</math></b> | <b>131</b>   |
| <b>Водород</b>                         | <b><math>5,0 \cdot 10^{-5}</math></b> | <b>2</b>   |
| <b>Озон</b>                            | <b><math>1,0 \cdot 10^{-6}</math></b> | <b>7 48</b>  |

# Загрязнение атмосферного воздуха

- **Воздух** считается **чистым**, если ни один из микрокомпонентов не присутствует в концентрациях, способных нанести **ущерб здоровью** человека, животным, растительности или вызвать **ухудшение эстетического восприятия** окружающей среды.
- *Например*, пыль, грязь, неприятные запахи, недостаток солнечного освещения в результате задымленности.
- Специфические **вредные вещества**, не существовавшие ранее в природных условиях, в настоящее время становятся составной частью атмосферного воздуха, его **микроэлементами**.
- Так как все живое очень медленно адаптируется к этим новым микрокомпонентам, химические вещества служат фактором неблагоприятного воздействия на природную среду и здоровье человека.



## Выделение некоторых газообразных веществ в атмосферу ( $10^6$ т/сут)

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

# Промышленные источники загрязнения атмосферного воздуха

## Источники выделения

технологические устройства, в процессе эксплуатации которых выделяются примеси

## Источники выбросов

трубы, вентиляц. шахты, аэрационные фонари и др., с помощью которых примеси поступают в атмосферу

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| Тепловые электростанции    | 27 %   |
| Черная металлургия         | 24,3 % |
| Цветная металлургия        | 10,5 % |
| Нефтедобыча и нефтехимия   | 15,5 % |
| Автомобили                 | 37,0 % |
| Промышленное строительство | 8,1 %  |
| Химическая промышленность  | 1,3 %  |



## Промышленные выбросы

```
graph TD; A[Промышленные выбросы] --> B[Организованные]; A --> C[Неорганизованные];
```

### Организованные

### Неорганизованные

- **Организованный** промышленный выброс поступает в атмосферу через газоходы, воздухопроводы и трубы, что позволяет применять для очистки от загрязняющих веществ соответствующие установки.
- **Неорганизованный** промышленный выброс поступает в атмосферу в виде ненаправленных потоков газа в результате отсутствия оборудования по отсосу газа, нарушений герметичности оборудования и т.д.
- **Неорганизованные выбросы** характерны для:
  - очистных сооружений, хвостохранилищ, золоотвалов,
  - участков погрузочно-разгрузочных работ, сливно-наливных эстакад, резервуаров и др.



- **Основные источники** промышленного загрязнения атмосферного воздуха – **предприятия:**

- энергетики,
- металлургии,
- стройматериалов,
- химической и нефтеперерабатывающей промышленности,
- производства удобрений.

# Критерии санитарно-гигиенической оценки состояния воздуха

- **Предельно допустимая концентрация (ПДК)** – это максимальная концентрация примеси в атмосферном воздухе, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает и не окажет на него вредного влияния (включая отдаленные последствия) и на окружающую среду в целом.

**ПДК**

```
graph TD; A[ПДК] --> B[ПДКмр]; A --> C[ПДКсс];
```

**ПДК<sub>мр</sub>**

– максимально разовая предельно допустимая концентрация

**ПДК<sub>сс</sub>**

– среднесуточная предельно допустимая концентрация

## **ПДК в атмосферном воздухе населенных мест**

| <b>Вещество</b>            | <b>ПДК, мг/м<sup>3</sup></b> |                         | <b>Класс опасности</b> |
|----------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------|
|                            | <b>максимал. разовая</b>     | <b>средняя суточная</b> |                        |
| 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                      |

# Суммация действия вредных веществ

- В случае, когда в воздухе одновременно находятся вещества, обладающие **суммированным (аддитивным) действием** их концентрация, нормированная на ПДК, не должна превышать единицы согласно следующему выражению:

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

- Вещества, обладающие суммацией действия на организм человека:
  - **SO<sub>2</sub>** и аэрозоль **H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**; **SO<sub>2</sub>** и **H<sub>2</sub>S**; **SO<sub>2</sub>** и **NO<sub>2</sub>**;
  - **SO<sub>2</sub>** и фенол **C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH**; **SO<sub>2</sub>** и **HF**;
  - **SO<sub>2</sub>** и **SO<sub>3</sub>**; **NH<sub>3</sub>** и оксиды азота **N<sub>x</sub>O<sub>y</sub>**;
  - **CO**, фенол **C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH** и пыль конверторного производства и т.д.

- Некоторые вещества при одновременном присутствии в атмосферном воздухе не обладают суммацией действия. ПДК сохраняются для каждого вещества в отдельности, *например*:  $\text{CO}_2$  и  $\text{SO}_2$ ;  $\text{CO}$  и  $\text{NO}_2$ ;  $\text{H}_2\text{S}$  и  $\text{CS}_2$ .
- **ПДКрз** – предельно допустимая концентрация веществ в воздухе рабочей зоны.
- **Рабочей зоной** считается пространство до 2 м высотой, где размещается место постоянного или временного пребывания работающих.
- Значение **ПДКрз** должно быть таким, чтобы не вызывать у рабочих при ежедневном вдыхании в течение **8 часов** заболеваний или не приводить к ухудшению состояния здоровья в отдаленные сроки.
- *Например*, **ПДКрз** ( $\text{SO}_2$ ) = 10 мг/м<sup>3</sup>,  
**ПДКрз** ( $\text{NO}_2$ ) = 5 мг/м<sup>3</sup>,  
**ПДКрз** (Hg) = 0,01 мг/м<sup>3</sup>.

# Контроль загрязнения атмосферного воздуха

## Система мониторинга

обеспечивает **наблюдение** за качеством атмосферного воздуха в городах, населенных пунктах и биосферных заповедниках

## Система контроля

обеспечивает **контроль** источников загрязнения и **регулирование** выбросов вредных веществ в атмосферу

Мониторинг состояния воздуха проводится в:

- районах **интенсивного антропогенного воздействия** (в городах, промышленных центрах и т.д.)
- районах, **удаленных от источников загрязнения** (в фоновых районах, заповедниках).

# Организация фонового мониторинга

- Станция мониторинга должна размещаться на расстоянии **40-60 км** от крупных источников загрязнения с подветренной стороны.
- На территориях, примыкающих к станции, в радиусе **40-400 км** не должен изменяться характер деятельности человека.
- Пробы воздуха должны отбираться на высоте не менее **10 м** над поверхностью растительности.
- На станциях фонового мониторинга наблюдение за качеством атмосферного воздуха осуществляется по:
  - **физическим** показателям,
  - **химическим** показателям,
  - **биологическим** показателям.



# Задачи фонового мониторинга

- разработка **моделей переноса примесей**;
- определение роли в процессах переноса факторов: **гидрометеорологических** или **техногенных**;
- исследование и уточнение:
  - критериев **создания** сети наблюдений,
  - **перечней** контролируемых примесей,
  - **методик** контроля и обработки данных измерений,
  - способов **обмена информацией** и приборами,
  - методов международного **сотрудничества**.
- В **биосферных заповедниках** осуществляется оценка и прогнозирование загрязнения атмосферного воздуха путем анализа содержания в нем: **взвешенных частиц, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, Pb, Cd, As, Hg, сульфатов, бензпирена, ДДТ** (дихлордифенилтрихлорэтан) и др.

# Фоновый мониторинг

- **Сеть фоновых станций**, расположенная на территории нашей страны, включена в **Глобальную систему мониторинга окружающей среды (ГСМОС)**, функционирующую в соответствии с программой **ООН** по проблемам окружающей среды под эгидой **ЮНЕП**.
- Информация, получаемая с фоновых станций, позволяет оценивать состояние и **тенденции глобальных изменений** загрязнения атмосферного воздуха.

The logo of the United Nations Environment Programme (UNEP) is centered in the background. It features a blue globe with a white grid, surrounded by a laurel wreath. Below the globe, the word "UNEP" is written in a large, blue, serif font.

UNEP

United Nations Environment Programme

# Мониторинг районов интенсивного антропогенного воздействия

- Необходимость такого мониторинга определяется **предварительными** исследованиями в течение 1-2 лет, с использованием методов математического и физического **моделирования**.
- Обычно расположение **источников выбросов** и их параметры известны или их можно определить.
- Зная розу ветров можно с использованием **математических моделей** рассчитать **поля концентраций загрязняющих веществ** в атмосферном воздухе для любой ситуации.
- Однако полученные модели должны проверяться **экспериментально**.

# Особенности организации мониторинга

- На карту-схему города (района) наносится регулярная **сетка** с шагом 0,1; 0,5 или 1 км.
- В точках, совпадающих с узлами сетки **отбираются и анализируются пробы**.
- Метод позволяет выявить **границы промышленных комплексов** и дает возможность сравнения полученных результатов с расчетными данными математических моделей. Использование **методов моделирования** является обязательным.
- Если выявлена **вероятность роста** концентрации выше установленных нормативов, то за содержанием компонентов следует установить **наблюдение**.
- Если такой вероятности нет, то установление стационарного поста наблюдений нецелесообразно.

# Стационарные посты наблюдения

- После того, как установлена **степень загрязнения** атмосферного воздуха всеми существующими и намечаемыми к строительству источниками, их **распределение** по территории и во времени с учетом **математического и физического моделирования**, приступают к **размещению** стационарных постов наблюдений и программы их работ.

**Пост экологического мониторинга**



|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| <b>Вне зоны влияния выбросов</b>       | <b>В зоне влияния выбросов</b>      |
| общее состояние<br>воздушного бассейна | контроль за источниками<br>выбросов |

- При размещении постов наблюдений предпочтение отдается районам **жилой застройки** с наибольшей плотностью населения, где возможны случаи превышения установленных пороговых ПДК.
- Наблюдения должны проводиться за **всеми примесями**, уровни которых превышают ПДК.
- Измеряются **основные загрязняющие** вещества:
  - пыль,
  - диоксид серы  $SO_2$ ,
  - оксид углерода  $CO_2$ ,
  - оксиды азота  $N_xO_y$ .
- Выбор других веществ, требующих контроля, определяется **спецификой производства** и выбросов в данной местности, частотой превышения ПДК.



# Контроль за радиоактивным загрязнением

на фоновом уровне

в зонах влияния атомных станций

- **фоновые станции** с датчиками **гамма-излучения**,
- специальные **станции**, установленные на расстоянии 50-100 км от возможного источника радиоактивного загрязнения с **интегрирующими термолюминесцентными дозиметрами**.
- В пределах санитарно-защитной зоны (до 25 км) – **посты дистанционного радиоактивного контроля**.
- Мониторинг загрязнения территории на основе **снегомерной съемки** позволяет контролировать уровни загрязнения атмосферного воздуха как в незагрязненных (фоновых) районах, так и в городах, и других населенных пунктах.

# Контроль трансграничного переноса

- Сеть станций трансграничного переноса оборудуется **системами отбора** газа и аэрозолей, сбора сухих и мокрых выпадений анализа содержания примесей в отобранных пробах.
- Информация поступает в метеорологические **синтезирующие центры**, которые осуществляют:
  - **сбор, анализ и хранение информации** о трансграничном переносе примесей в атмосфере;
  - **прогнозирование** переноса примесей на основе метеорологических данных;
  - **идентификацию** районов выбросов и **источников**;
  - **регистрацию** и **расчет выпадений** примесей из атмосферного воздуха на подстилающую поверхность и другие работы.

# Экологическая информация

- **Экстренная информация** содержит сведения о резких изменениях уровней загрязнения атмосферного воздуха и передается в контролирующие организации незамедлительно.
- **Оперативная информация** содержит обобщенные результаты наблюдений за месяц, а **режимная** - за год. Информация по передается контролирующим организациям в сроки их накопления: ежемесячно и ежегодно.
- **Режимная информация**, содержащая данные о среднем и наибольшем уровнях загрязнения воздуха за длительный период, используется при **планировании мероприятий по охране атмосферы, установлении нормативов выбросов, оценках ущерба**, наносимого хозяйству загрязнением атмосферного воздуха.

# Посты наблюдений загрязнения

- Существующая в нашей стране сеть наблюдений загрязнения атмосферного воздуха включает:
  - посты **ручного отбора проб** воздуха – пробы для анализа доставляются в химические лаборатории);
  - **автоматизированные системы наблюдений** и контроля окружающей среды (**АНКОС**).
- Посты наблюдений загрязнения (**ПНЗ**) могут быть стационарными, маршрутными и передвижными (подфакельными).
- Системы **АНКОС** являются стационарными, они оснащены устройствами непрерывного отбора и анализа проб воздуха и передачи информации по каналам связи в центр управления и регулирования состоянием атмосферного воздуха в заданном режиме.

- **Стационарный пост наблюдений** – это специально оборудованный павильон, в котором размещена аппаратура, необходимая для регистрации концентраций загрязняющих веществ и метеорологических параметров по установленной программе.
- Из числа стационарных постов выделяются **опорные стационарные посты**, которые предназначены для выявления долговременных изменений содержания основных или наиболее распространенных загрязняющих веществ.
- Место для установки стационарного поста выбирается, как правило, с учетом **метеорологических условий формирования уровней загрязнения** атмосферного воздуха.

Перед установкой поста следует **проанализировать**:

- **расчетные поля концентраций** по всем ингредиентам от совокупности выбросов всех стационарных и передвижных источников;
- **особенности застройки** и рельефа местности:
  - перспективы развития **жилой застройки**,
  - расширения **предприятий промышленности**,
  - **энергетики**, коммунального хозяйства,
  - **транспорта** и других отраслей городского хозяйства;
- **функциональные особенности** выбранной зоны;
- **плотность населения**;
- **метеорологические** условия данной местности и др.







# Отбор проб атмосферного воздуха для анализа

- **Отбор проб атмосферного воздуха** осуществляется через **поглотительный прибор** аспирационным способом путем пропускания воздуха **с определенной скоростью** или заполнения сосудов **ограниченной емкости**.
- **Для исследования газообразных примесей** пригодны **оба метода**, а для исследования примесей в виде аэрозолей (пыли) - **только первый**.
- В результате пропускания воздуха через поглотительный прибор осуществляется **концентрирование** анализируемого вещества в поглотительной среде. **Для достоверного определения** концентрации вещества расход воздуха должен составлять **десятки и сотни литров в минуту**. Пробы подразделяются на **разовые** (период отбора 20 - 30 мин) и **средние суточные** (определяются путем осреднения не менее четырех разовых проб атмосферного воздуха, отобранных через равные промежутки времени в течение суток).

# Отбор проб атмосферного воздуха для анализа

- Для получения **средних суточных значений** концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе **пробы воздуха** отбирают в **7, 13, 19 и 01 ч** по местному декретному времени.
- **Средняя суточная концентрация** может быть получена и **при более частых отборах** проб воздуха в течение суток, но обязательно через **равные промежутки времени**.
- **Наилучшим способом** получения средних суточных значений является **непрерывный отбор** проб воздуха в течение **24 ч**.

## Отбор проб атмосферного воздуха для анализа

- **Для отбора проб** воздуха используются электроаспираторы, пылесосы и другие приборы и устройства, **пропускающие воздух**, а также устройства, **регистрирующие объем** пропускаемого воздуха (реометры, ротаметры и другие расходомеры).
- **Отбор проб воздуха** должен сопровождаться **наблюдениями за дымовыми факелами** источников выбросов и основными метеорологическими **параметрами**, к числу которых относятся :
  - скорость и направление ветра,
  - температура и влажность воздуха,
  - атмосферные явления,
  - состояние погоды
  - состояние подстилающей поверхности.

## Отбор проб атмосферного воздуха для анализа

- **Результаты наблюдений** заносятся в рабочий журнал гидромет наблюдателя, а **обработанные результаты** - в книжку записи наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха и метеорологическими элементами **(КЗА-1)**.
- По данным таких дискретных наблюдений **нельзя установить** суточный ход концентрации примеси и его зависимость от метеорологических условий.
- Поэтому **на пунктах наблюдений** за загрязнением атмосферного воздуха (ПНЗ) **используются газоанализаторы** представляющие информацию о суточном ходе концентрации по записи на диаграммной ленте.

## Сбор и обработка данных о загрязнении атмосферного воздуха

- **Данные о результатах наблюдений** со стационарных и маршрутных постов **поступают в одно из подразделений** местных органов Госкомгидромета, где они **проходят контроль и сводятся в таблицы** наблюдений за загрязнением атмосферы:
- **ТЗА-1** - результаты разовых наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха сети **постоянно действующих** стационарных и маршрутных **постов** в одном городе или промышленном центре
- **ТЗА-2** - результаты **подфакельных** наблюдений;
- **ТЗА-3** - данные **средних суточных** наблюдений за выпадением и концентрацией пыли и газообразных примесей;
- **ТЗА-4** - данные **суточных** наблюдений с помощью **газоанализаторов** или других приборов и устройств **непрерывного действия**.

# Оперативное прогнозирование загрязнения атмосферного воздуха

- проводится с целью кратковременного **сокращения выбросов вредных веществ** в атмосферный воздух **в периоды неблагоприятных метеорологических условий**.
- В отдельные периоды, неблагоприятные для рассеяния выбросов, **концентрации** вредных веществ **могут сильно возрасти** относительно среднего и фоновое городского загрязнения.
- Чтобы **прогнозировать** и **учитывать** эти условия установлены факторы, определяющие **изменение концентраций вредных веществ** в атмосферном воздухе при изменении метеорологических условий

## Комплексы неблагоприятных метеорологических условий для источников разных типов

| Источники                           | Термическая<br>стратификация<br>нижнего слоя<br>атмосферы | Скорость ветра (м/с) |                      | Вид инверсии,<br>высота<br>над<br>источником<br>выброса, м |
|-------------------------------------|---|----------------------|----------------------|--|
|                                     |   | на уровне<br>флюгера | на уровне<br>выброса |  |
| Высокие с<br>горячими<br>выбросами  | Неустойчивая  | 3-7                  | 7-12                 | Приподнятая,<br>100-200                                    |
| Высокие с<br>Холодными<br>выбросами | Неустойчивая  | Штиль                | 3-5                  | Приподнятая,<br>10-200                                     |
| Низкие                              | Устойчивая  | Штиль                | Штиль                | Приземная,<br>2-50   |

# Комплексы неблагоприятных метеорологических условий для источников разных типов (дополнение к таблице)

- Для **высоких источников** с **горячими** (теплыми) **выбросами** :
  - высота слоя перемешивания меньше **500 м**, но больше эффективной высоты источника;
  - скорость ветра на высоте источника близка к опасной скорости ветра;
  - наличие тумана и скорость ветра больше **2 м/с**.
- Для **высоких источников** с **холодными выбросами**: наличие тумана и штиль.
- Для **низких источников** выбросов: сочетание штиля и приземной инверсии.

- Для характеристики **загрязнения** атмосферного **воздуха по городу в целом**, т.е. для **фоновой характеристики**, в качестве обобщенного показателя используется параметр **P**:

$$P = \frac{M}{N}$$

- **N** - число наблюдений за концентрацией примеси в городе в течение одного дня на всех стационарных постах;
- **M** - количество наблюдений в течении того же дня с повышенной концентрацией примеси ( $q$ ), превышающей среднее сезонное значение ( $q_{\text{сс}}$ ), **более чем в 1,5 раза** ( $q > 1,5 q_{\text{сс}}$ ).

| Группа<br>загрязнения | Градация<br>параметра $P$ | Уровень<br>загрязнения<br>атмосферного<br>воздуха | Повто<br>ряемость<br>% |
|-----------------------|---------------------------|---|------------------------|
| 1                     | $>0,35$                   | Относительно<br>высокий                           | 10                     |
| 2                     | 0,21-0,35                 | Повышенный  | 40                     |
| 3                     | $=<20$                    | Пониженный  | 50                     |

**В** целях предотвращения чрезвычайно высоких уровней загрязнения, из первой группы выделяется подгруппа градаций с  $P > 0,5$ , повторяемость которой составляет **1 - 2%**.