

Модуль: Мониторинг атмосферного воздуха

ТЕМА:

**Рассеивание
загрязняющих веществ
в атмосфере**

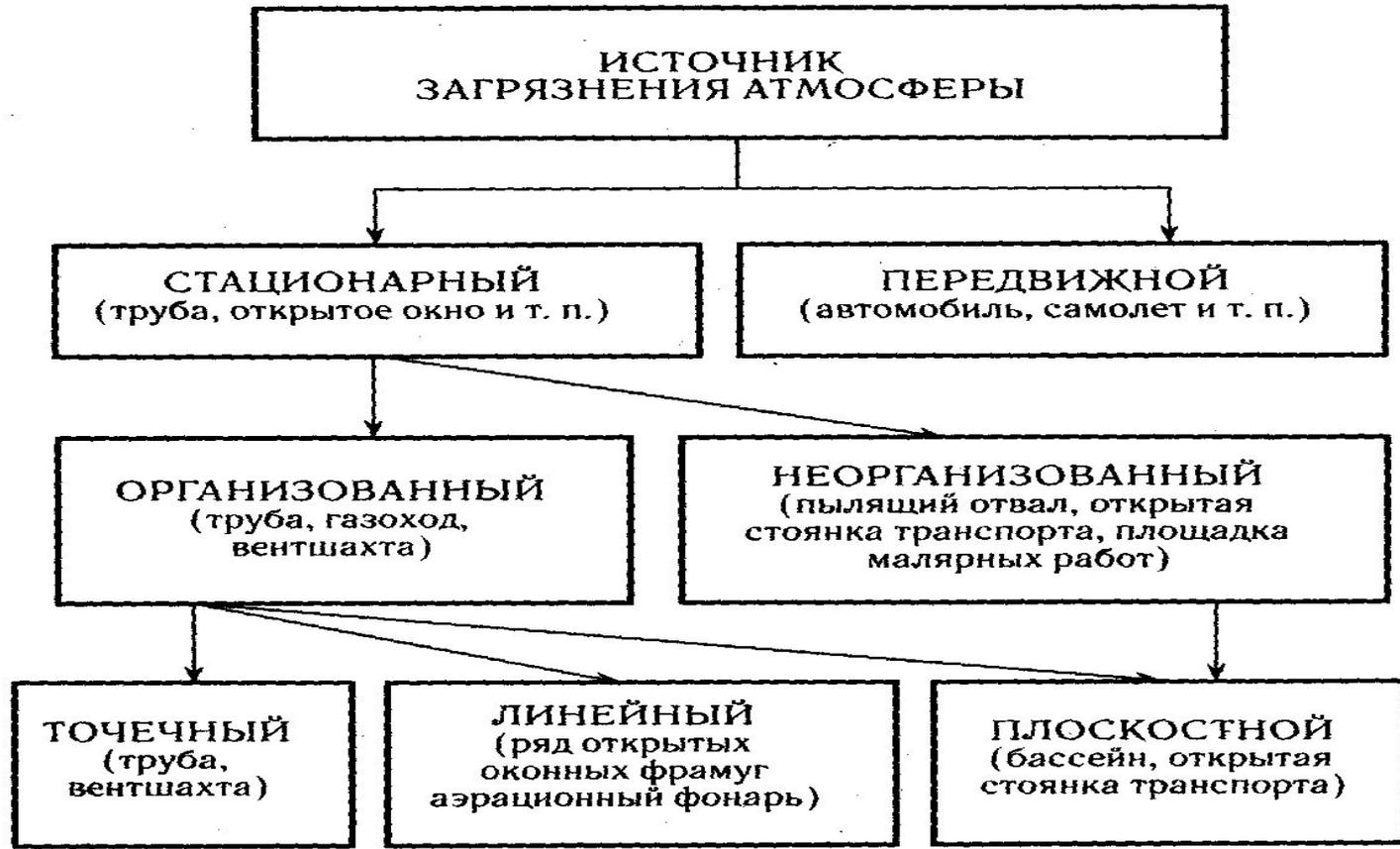
Подсистемы мониторинга атмосферного воздуха



Стратегия мониторинга загрязнения атмосферного воздуха

- Получение объективной информации об уровне загрязнения атмосферного воздуха, оценка состояния воздушной среды;
- Выявление источников выбросов (местоположение, сырье и т.д.)
- Количественное определение выбросов, контроль за выбросами
- Изучение атмосферных процессов переноса загрязнителей (в зависимости от высоты труб, расстояния до источника, метео условий);
- Изучение химических и фотохимических процессов трансформации ЗВ в атмосфере;
- Прогноз состояния атмосферы;
- Оценка эффективности мер по охране воздушной среды;
- Экстренная информация о резких изменениях уровня

Классификация источников загрязнения атмосферы



Классификация источников загрязнения атмосферы

- **Организованный источник** – источник, осуществляющий выброс через специально сооруженные устройства (трубы, газоходы, вентшахты)
- **Неорганизованный источник** – источник загрязнения, осуществляющегося в виде ненаправленных потоков газа, как результат, например, нарушения герметичности оборудования, отсутствия или неэффективности работы систем по отсосу пыли в местах выгрузки пылящих продуктов, пылящие отвалы, открытые емкости, стоянки, площадки малярных работ и т.д.
- **Точечный источник** – источник в виде трубы или вентшахты, когда удаляемые загрязняющие вещества сосредоточены в одном месте.
- **Линейный источник** – имеет значительную протяженность в направлении перпендикулярном ветру (например, близко расположенные на крыше вентшахты, факелы выбросов из которых накладываются один на другой на расстоянии от заветренной стороны здания менее двух его высот).
- **Плоскостной источник** имеет значительные геометрические размеры площадки, по которой относительно равномерно происходит

Другие классификации источников

По дальности
распространения
примесей

Внутриплощадные
(выбрасываемые ЗВ создают
высокие концентрации
только на территории
промплощадки, напр.
маломощные источники
вентвыбросов)

Внеплощадные
(выбрасываемые ЗВ могут
создавать высокие концен-
трации на территории жилого
района, напр. трубы ТЭЦ)

По температуре
выбрасываемой
ГВС

Холодные
 $f > 100$

Нагретые $f \leq 100$
(источники, ГВС которых
имеет перегрев относительно
температуры окружающего
воздуха)

$$f = 10^3 \frac{w_0^2 D}{h^2 \Delta T}$$

$$f = 10^3 \frac{w_0^2 D}{h^2 \Delta T}$$

Классификация по месту расположения

Затененный, или низкий, источник

расположен в зоне подпора или
в зоне аэродинамической тени,
образующейся за зданием
на высоте $h \leq 2,5h_{\text{здания}}$



**Незатененный, или
высокий,**
источник находится в зоне
недеформированного
ветрового потока. К ним
относятся источники,
удаля-
ющие ЗВ на высоту,
превышающую $2,5 h_{\text{здания}}$

Факторы, влияющие на рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере

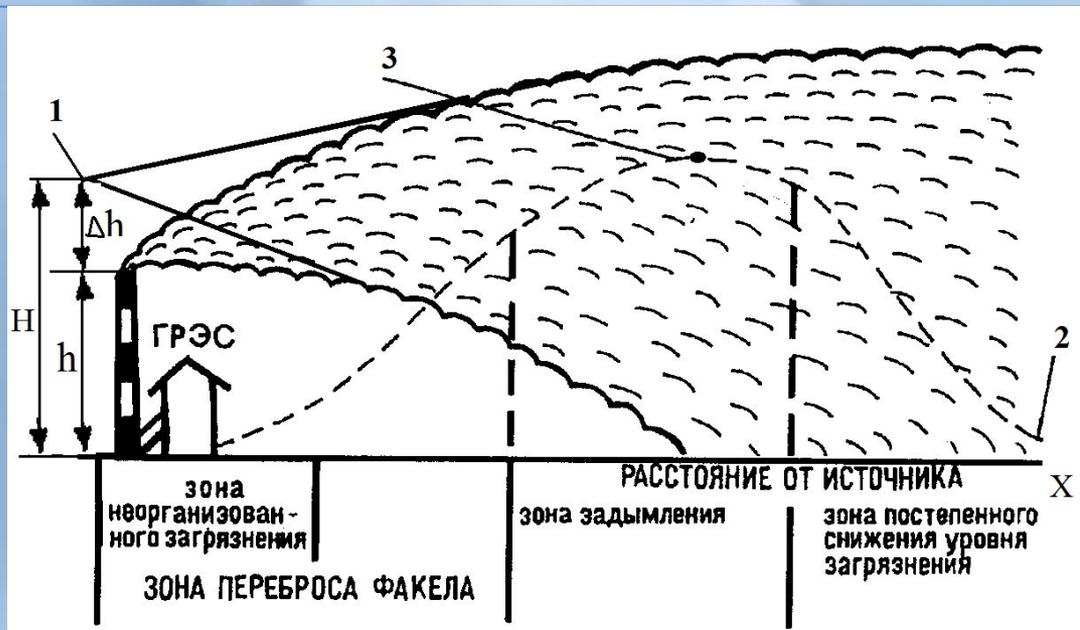
Факторы,
влияющие на
рассеивание ЗВ в
атмосфере

Аэродинамические
(проявляются в непосредственной близости от устья трубы и характеризуются в основном температурой и скоростью выброса газов)

Метеорологические
(например, направление и скорость ветра, температурная стратификация атмосферы. Они полностью определяют процесс рассеивания после того, как ГВС лишится своей первоначальной тепловой и кинетической энергии)

Топографические
(например, место расположения источников, их высота, рельеф местности, характер ее застройки. Они не являются движущей силой рассеивания, но влияют на процесс распространения ЗВ)

Влияние аэродинамических факторов

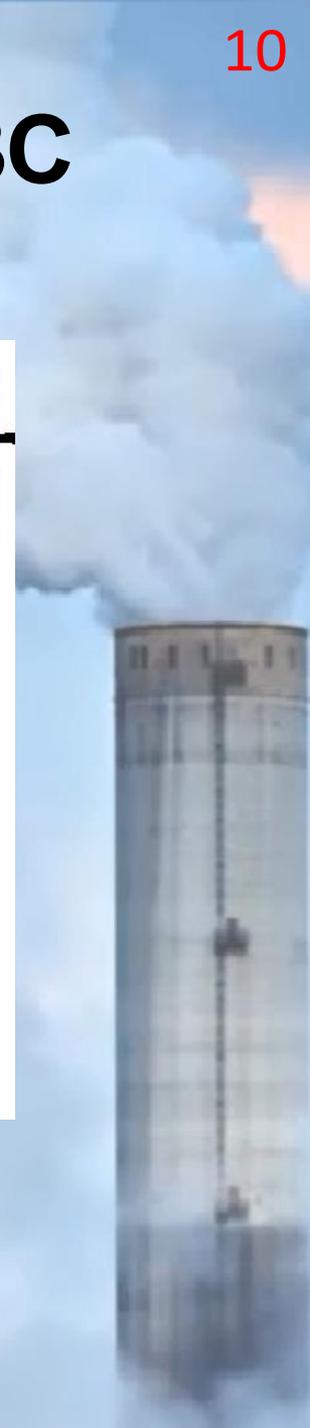
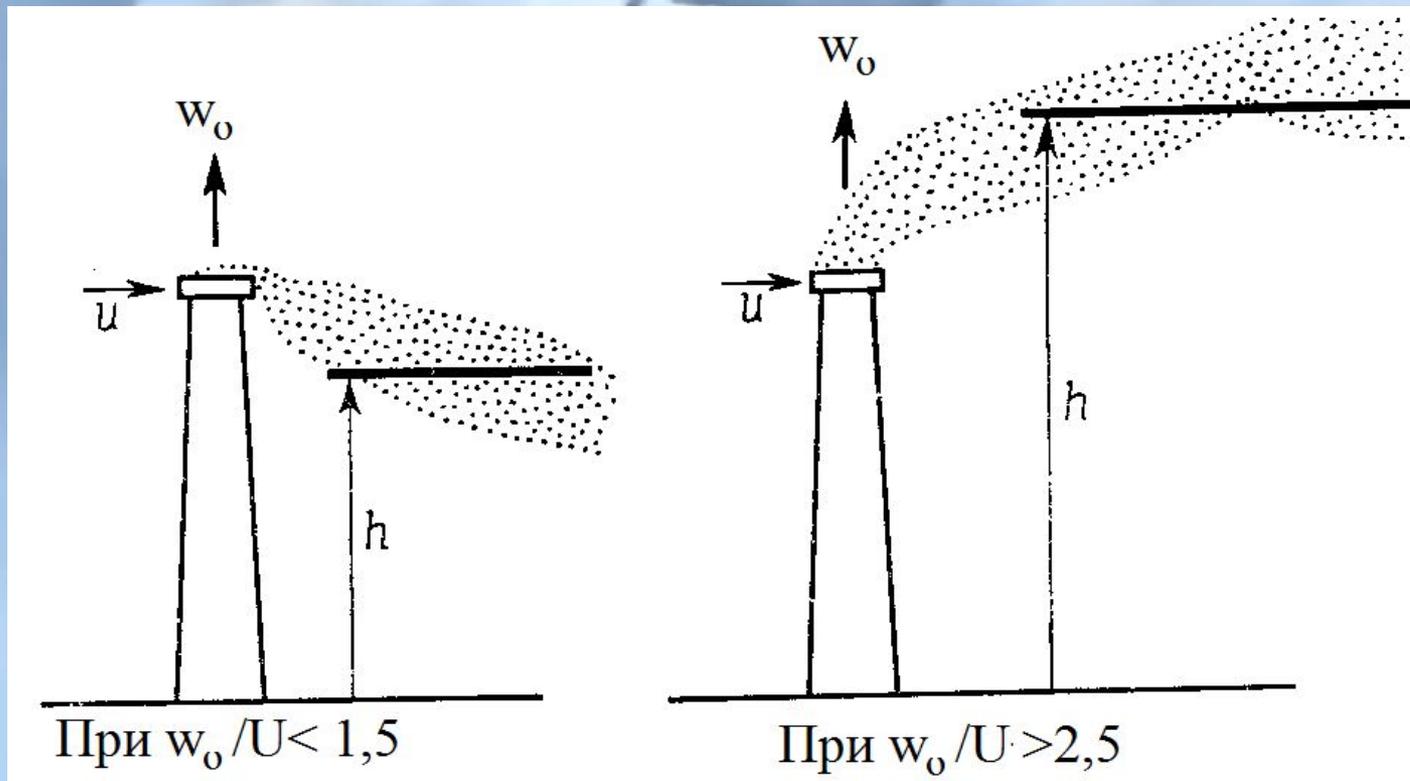


$$f = 10^3 \frac{w_0^2 D}{h^2 \Delta T}$$

Высота эквивалентного источника зависит от:

- Температуры ГВС (тепловая подъемная сила)
- Скорости выхода ГВС из устья трубы (кинетическая энергия)
- Плотности ГВС (зависимость обратная)
- Скорости ветра

Влияние скорости выхода ГВС и скорости ветра



Расчет высоты эквивалентного источника

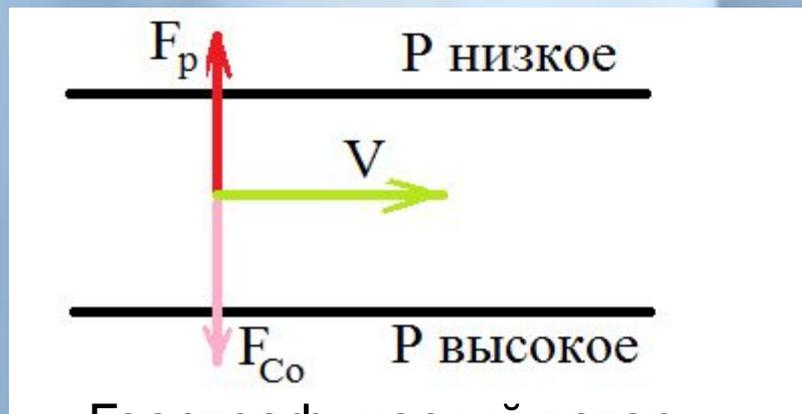
11

•

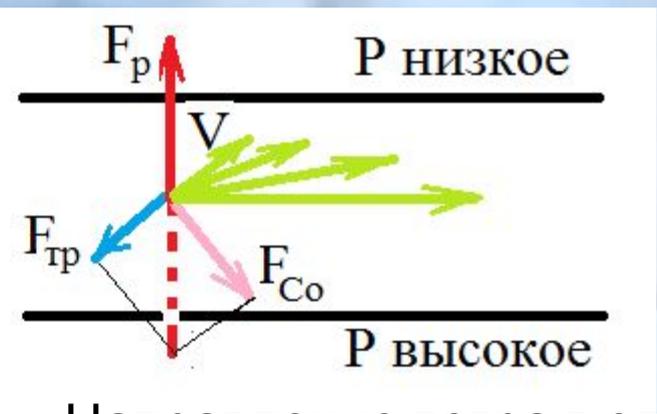
$$f = 10^3 \frac{w_0^2 D}{h^2 \Delta T}$$

факторов

Направление ветра Параллельные изобары



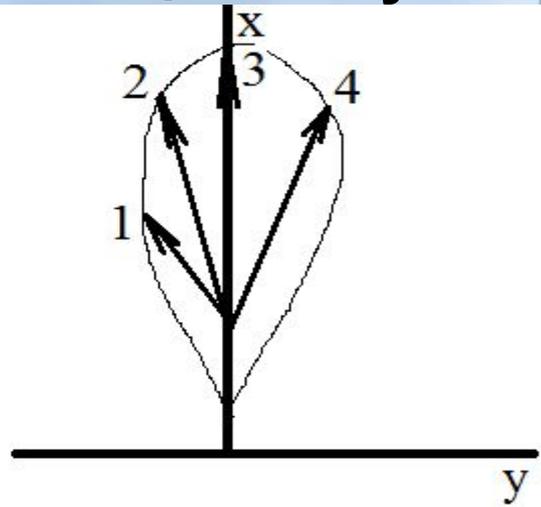
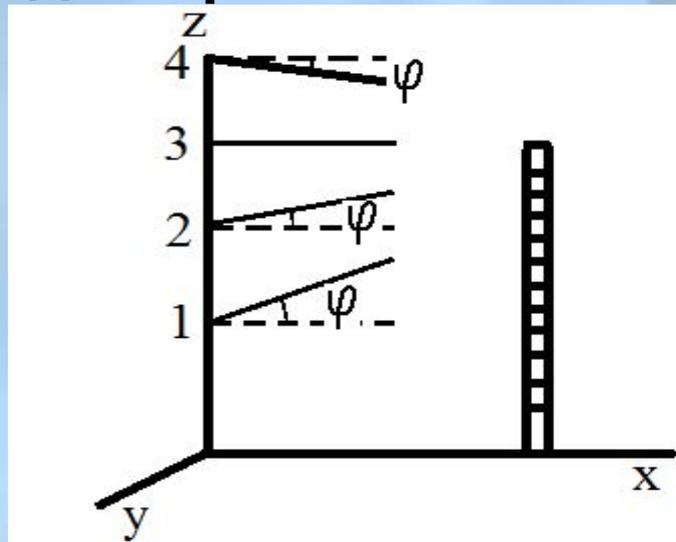
Геострофический ветер



Направление ветра в слое трения

трения

Модель рассеивания загрязняющих веществ с угловым



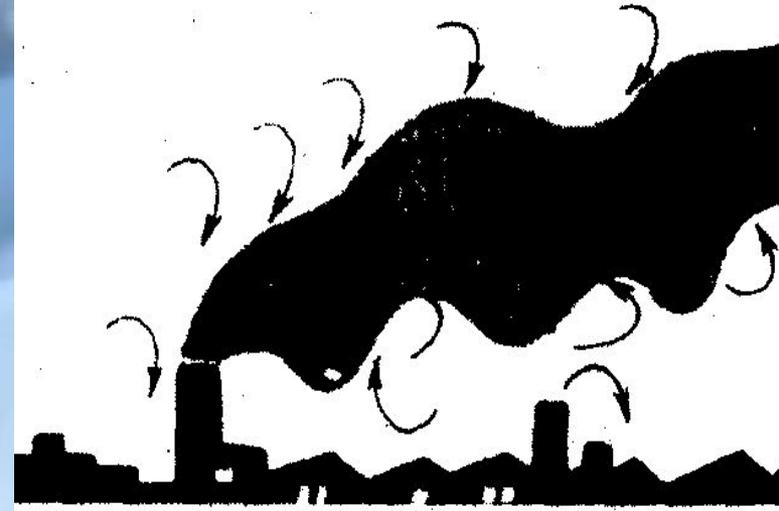
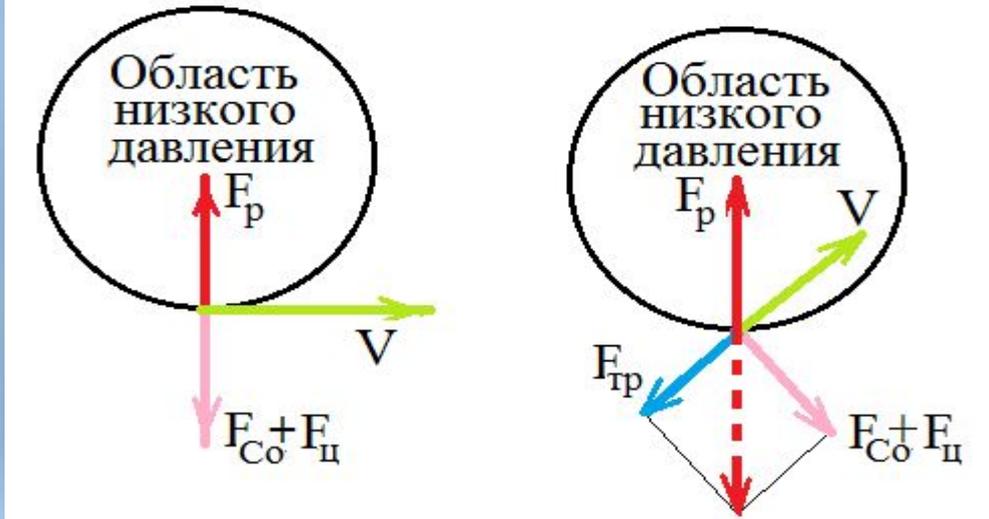
Направление ветра

Градиентный ветер

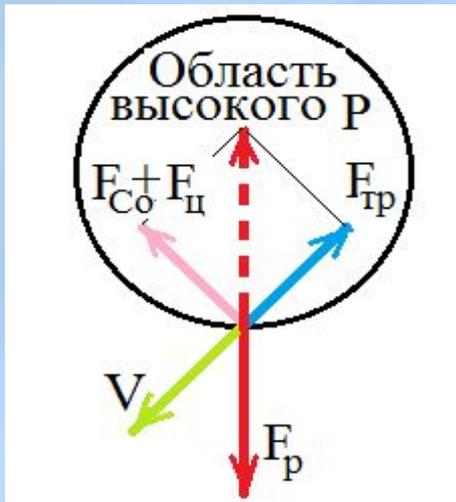
Циклон

Вне зоны трения

Вблизи поверхности земли



АНТИЦИКЛОН



К одной из наиболее неблагоприятных ситуаций в плане загрязнения атмосферного воздуха относится центральная часть стационарного

Скорость ветра

Опасная скорость ветра – это такая скорость, при которой приземные концентрации ЗВ имеют наибольшие значения.

Для низких и неорганизованных источников опасной является скорость ветра 0-1 м/с, т.е. при слабых ветрах примеси скапливаются в приземном слое атмосферы.

$$f = 10^3 \frac{w_0^2 D}{h^2 \Delta T}$$

$$f = 10^3 \frac{w_0^2 D}{h^2 \Delta T}$$

•
$$f = 10^3 \frac{w_0^2 D}{h^2 \Delta T}$$

$$\frac{D^S_0 W}{T \Delta S H} \epsilon_{01} = \lambda$$

$$\frac{D^S_0 W}{T \Delta S H} \epsilon_{01} = \lambda$$

$\bar{H} = \frac{h - H_{3D}}{H_{3D}}$	0	0,25	0,5	0,75	1	1,2
ψ	0,8	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6

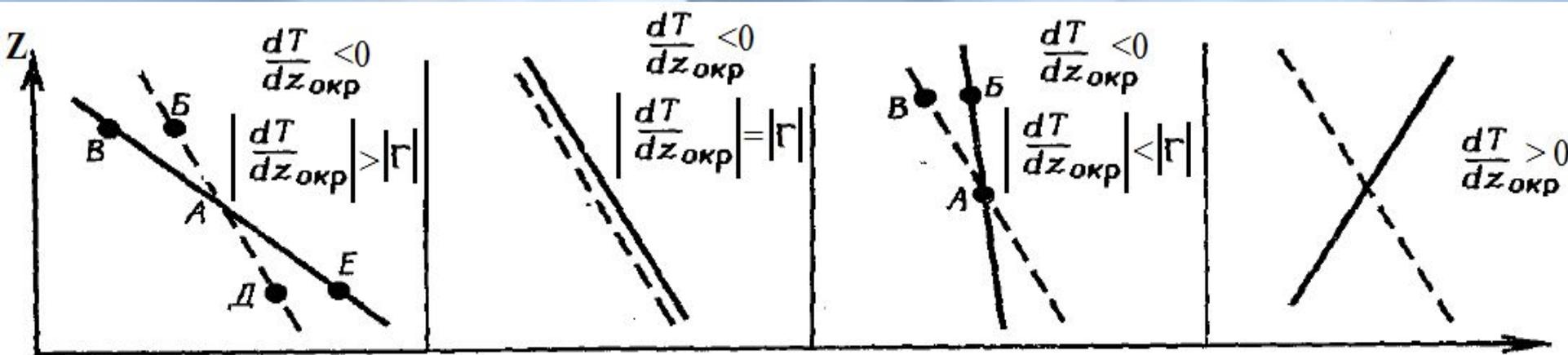
Изменение скорости ветра с высотой

•

$$f = 10^3 \frac{w_0^2 D}{\dots}$$

Условия устойчивости атмосферы	n
Большой градиент температуры	0,20
Нулевой или малый градиент температуры	0,25
Умеренная инверсия	0,33
Значительная инверсия	0,5

Температурная стратификация атмосферы

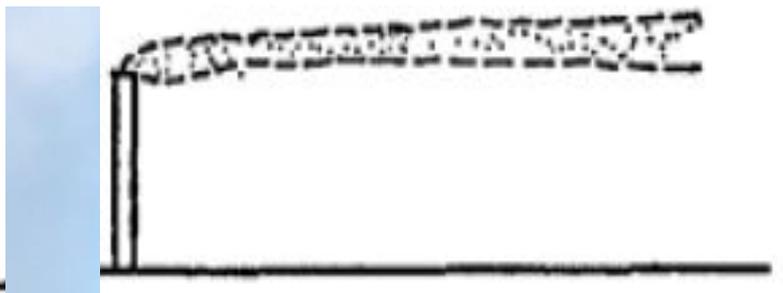


Неустойчивая, или
сверхadiaбатическая

Безразличная

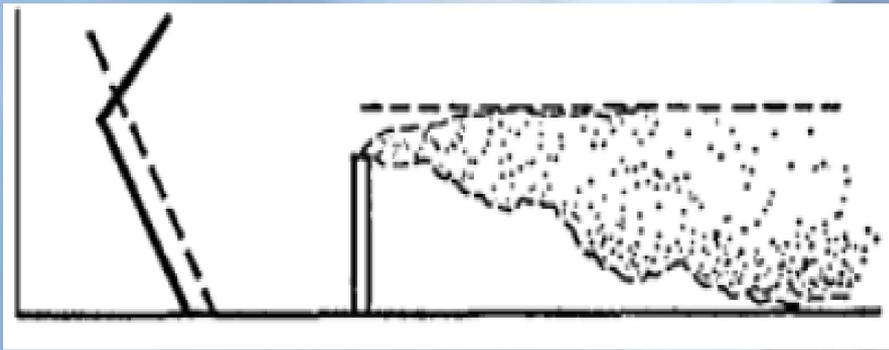
Устойчивая, или
подадиабатическая

Сильно
устойчивая



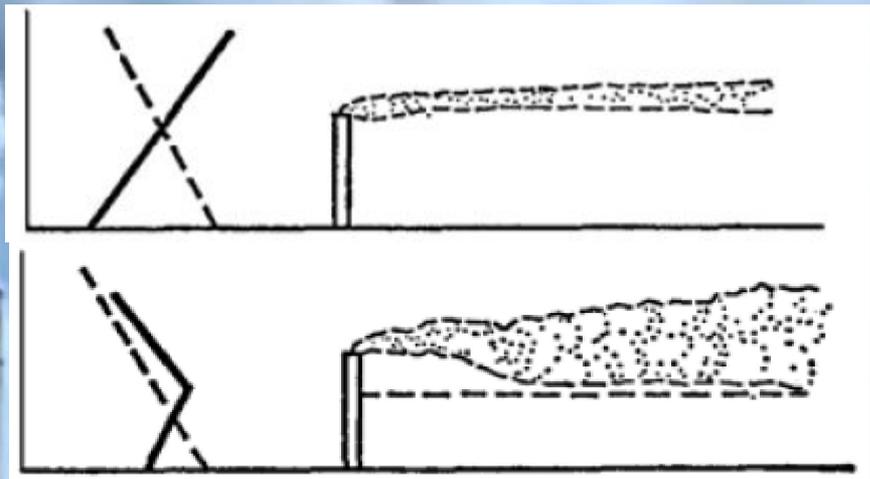
Температурные инверсии

Инверсия оседания, или приподнятая инверсия



Образуется при опускании слоя воздуха в воздушную массу с более высоким давлением. Происходит адиабатическое сжатие и нагревание слоя воздуха в процессе его опускания. Инверсионный слой располагается на некотором расстоянии над поверхностью земли.

Радиационная инверсия, или приземная инверсия



Инверсия связана с радиационной потерей тепла земной поверхностью в ночное время. Ясной ночью земля быстро излучает тепло и остывает. Слои воздуха, примыкающие к ней охлаждаются до температуры более низкой, чем температура выше расположенных слоев. В результате слой, прилегающий к земле, представляет собой устойчивый

Высота слоя перемешивания

Высота слоя перемешивания определяется тепловой подъемной силой.



Экспериментальное определение ВСП:

Реальный профиль атмосферы определяют зондированием ее в ночное время. Линию сухоадиабатического градиента проводят, начиная от максимальной температуры поверхности этого месяца. Точка пересечения реального и сухоадиабатического градиента даст ВСП.

При слабом ветре с уменьшением ВСП загрязнение воздуха возрастает. С усилением ветра связь между ВСП и загрязнением воздуха ослабевает.

Неблагоприятные метеоусловия (НМУ)

Для высоких источников НМУ – сверхадиабатический градиент температур и скорость ветра близкая к опасной. Эти условия используются как расчетные.

Аномально неблагоприятные метеоусловия:

1. Приподнятая инверсия с нижней границей, расположенной над эффективной высотой трубы (не выше 200 м);
2. Ниже источников штиль, а на уровне выбросов скорость ветра близка к опасной;
3. Застойные явления (приземная инверсия + штиль);
4. Туманы (за счет создания значительных градиентов концентрация примесей происходит их перенос из окружающего воздуха в область тумана);
5. При расположении пром. объектов на окраине города неблагоприятным является направление ветра на жилые кварталы.

Потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА)

•

$$\text{ПЗА} = \bar{q}_i / \bar{q}_0$$

$$f = 10^3 \frac{w_0^2 D}{h^2 \Delta T} \bar{q}_i = q_n \cdot \exp \left\{ \left[\frac{\ln(aq_n / q_n)}{(z_2 - z_1)2} \right]^2 - \frac{z_1 \cdot \ln(aq_n / q_n)}{z_2 - z_1} \right\}$$

Потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА)

Для городов, в которых преобладают **низкие, а также высокие источники с холодными выбросами** можно принять $a = 1,5$, т.е. условия существенного загрязнения связаны с превышением q_n в 1,5 раза. Тогда

$$q_i = q_n \cdot \exp \left\{ \frac{0,04 z_1}{(z_2 - z_1)^2} - \frac{0,4 z_1}{z_2 - z_1} \right\}$$

Вероятность P_1 превышения q_n связана со следующими НМУ: приземными инверсиями, слабыми ветрами, туманами и застойными явлениями и может быть рассчитана из их повторяемости:

$$P_1(q > q_n) = P_{ин} + P_{сл} - P_3 + P_7$$

Вероятность P_2 превышения $1,5q_n$ в городах связана с туманами и застоями воздуха, поэтому

$$P_2(q > 1,5q_n) = P_T + P_{3\Box}$$

z_1 и z_2 - аргументы интеграла вероятности: $\Phi(z_1) = 1 - 2 P_1$; $\Phi(z_2) = 1 - 2 P_2$

Численные значения интеграла показывают вероятность того, что при большом числе наблюдений доля случаев превышения q_n и $1,5q_n$ будет приближаться к вероятности P_1 и P_2 появления соответствующих НМУ.

(ПЗА)

Для условного района выбирают минимальные значения P_1 и P_2 , равные 0,1 и 0,05 соответственно. Тогда ПЗА будет равен:

$$ПЗА = 2,3 \cdot \exp \left\{ \frac{0,04}{(z_2 - z_1)^2} - \frac{0,4z_1}{z_2 - z_1} \right\}$$

По значениям ПЗА выделено 5 зон:

Зона	I низкий	II умеренный	III повышенный	IV высокий	V очень высокий
ПЗА	1,8 - 2,4	2,4 - 2,7	2,7 - 3,0	3,0 - 3,3	3,3 - 4,0

Для оценки ПЗА в случае преобладания **нагретых выбросов из высоких источников**: $a = 2$; за q_n принимается половина расчетной максимальной концентрации $C_m/2$. Наблюдения показали, что вероятности P_1 и P_2 реализации условий $q > C_m/2$ и $q > 2C_m/2$ связаны с повторяемостью приподнятых над трубой инверсий, слабых ветров и опасной скорости ветра:

$$P_1 \left(q > \frac{C_m}{2} \right) = P_{ин} + P_{сл} + \frac{P_{Um}}{2}$$

$$P_2 (q > C_m) = P_{ин} + P_{сл}$$

$$ПЗА = \exp \left\{ \frac{0,12}{(z_2 - z_1)^2} - \frac{0,69z_1}{(z_2 - z_1)} \right\}$$

(рельеф местности и городская застройка)

- В долинах скапливается более плотный холодный воздух, в результате возникает температурная инверсия, которая нарушается лишь над их кромкой, где имеется ветровой поток. Это способствует концентрации в долинах ЗВ.

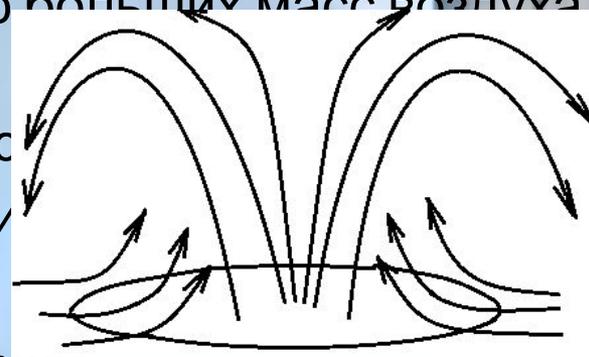


- Рельеф влияет на возникновение ветров, обусловленных разностью нагревания. Например, восходящие и нисходящие горно-долинные ветры. Днем воздух в долинах прогревается быстрее, чем на равнинах. Поэтому возникают местные ветры от равнин к долинам. Ночью наоборот.

- В городах режим циркуляции ветра очень сложен:

- Высокие постройки препятствуют перемещению больших масс воздуха и изменяют структуру ветра

- Городская застройка увеличивает механическую турбулентность атмосферы. Это влияние прослеживается до высоты 3 Нзд.



- Города являются источниками тепла, что усиливает

- вертикальную диффузию ЗВ

Городской остров