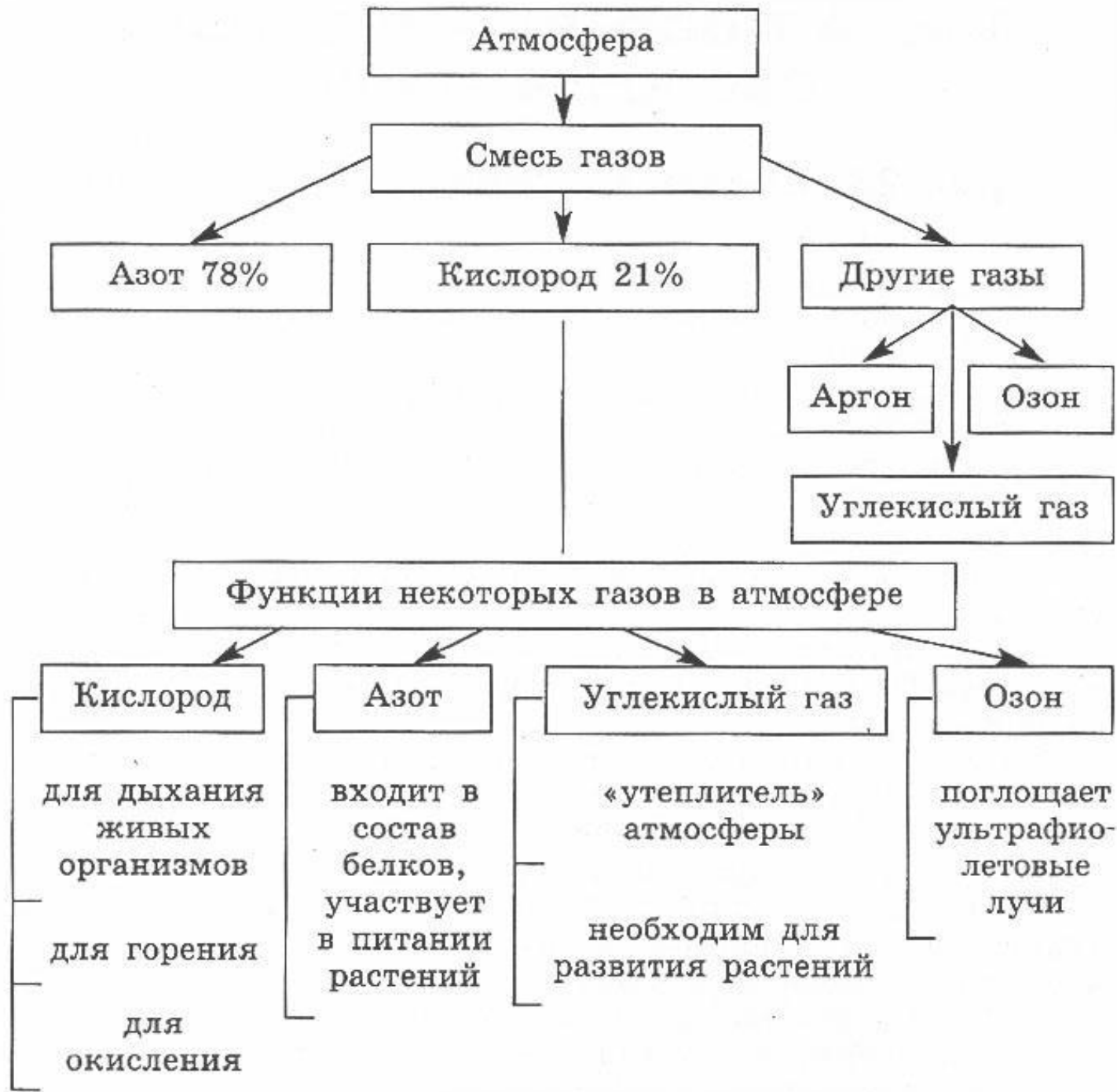


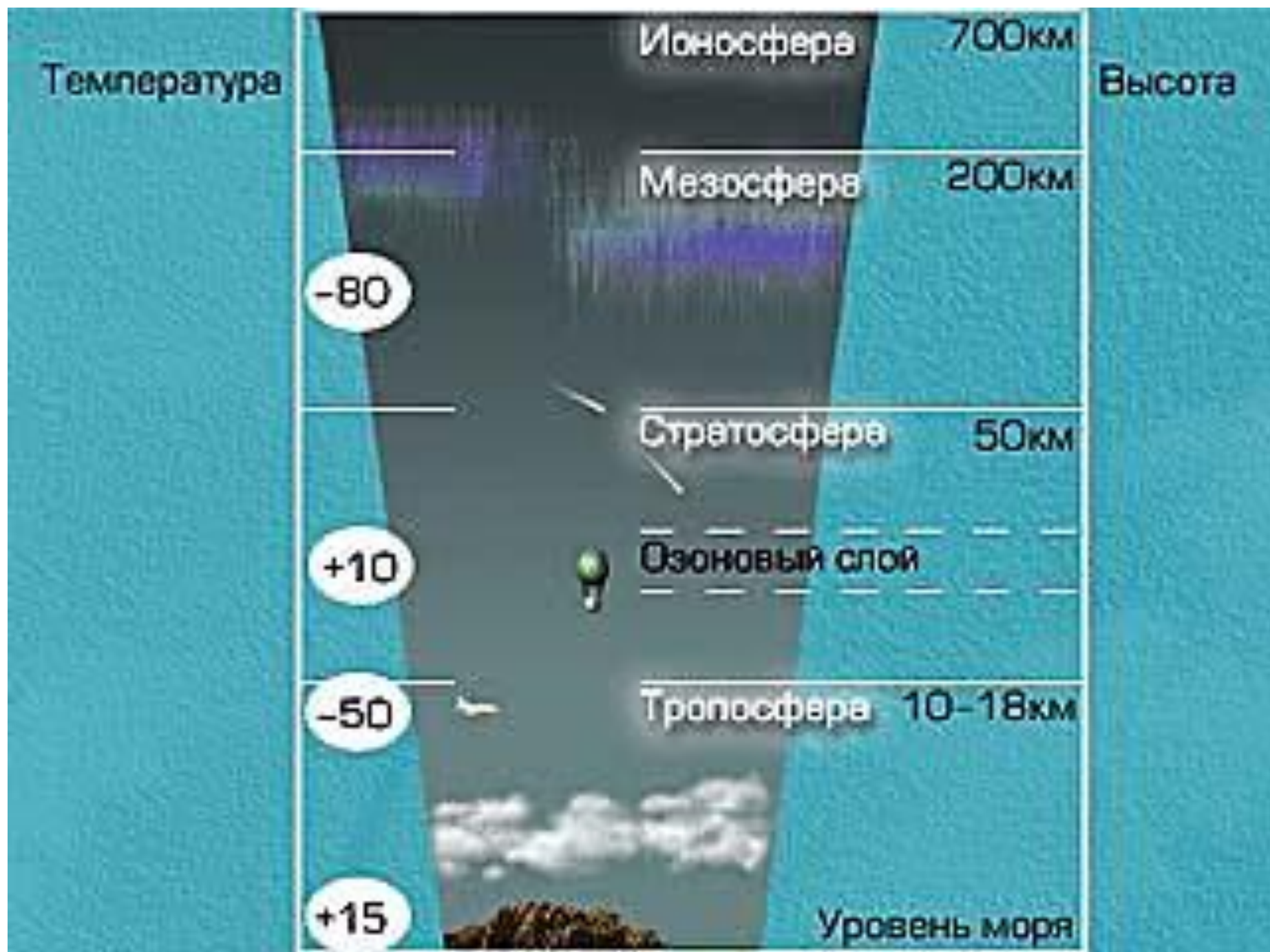
Лекция 5

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, CO_2 , 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

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

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)

Вещество	Источник	
	природный	антропогенный
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.

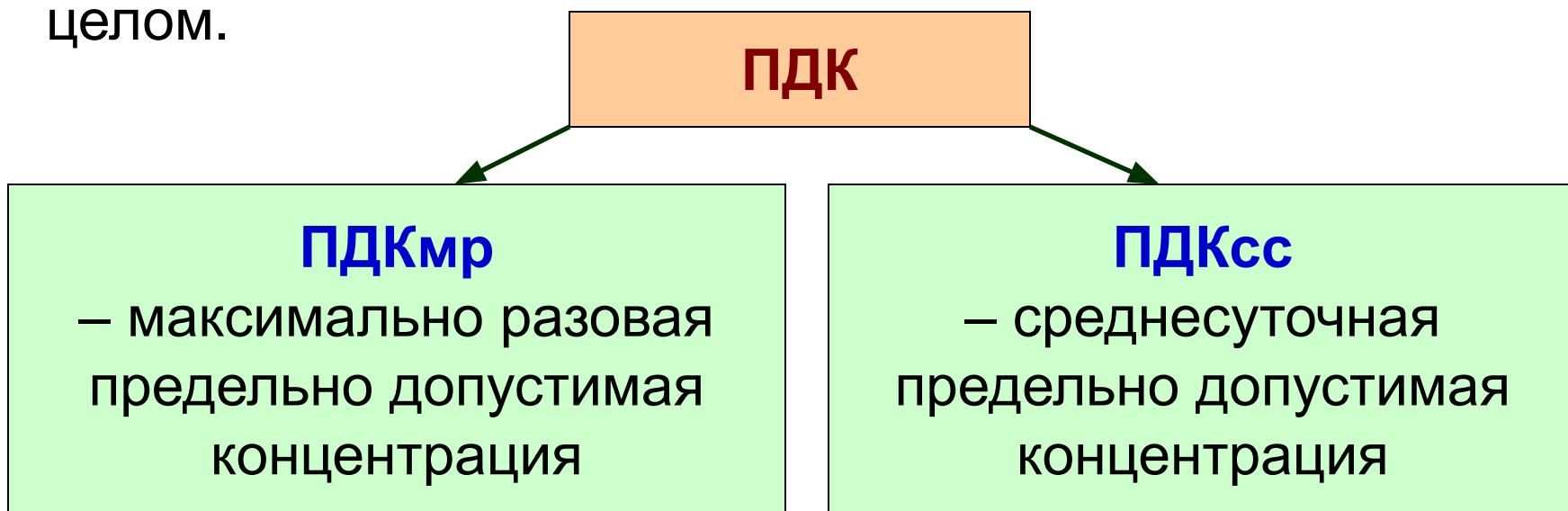


- **Основные источники** промышленного загрязнения атмосферного воздуха – **предприятия:**

- 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 в атмосферном воздухе населенных мест

Вещество	ПДК, мг/м³		Класс опасности
	максимал. 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

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:
 - **SO₂** и аэрозоль **H₂SO₄**; **SO₂** и **H₂S**; **SO₂** и **NO₂**;
 - **SO₂** и фенол **C₆H₅OH**; **SO₂** и **HF**;
 - **SO₂** и **SO₃**; **NH₃** и оксиды азота **N_xO_y**;
 - **CO**, фенол **C₆H₅OH** 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*: CO_2 и SO_2 ; CO и NO_2 ; H_2S и 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** (SO_2) = 10 мг/м³,
ПДКрз (NO_2) = 5 мг/м³,
ПДКрз (Hg) = 0,01 мг/м³.

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, SO₂, NO₂, CO₂, O₃, 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 on the page. 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.

United Nations Environment Programme

Мониторинг районов интенсивного антропогенного воздействия

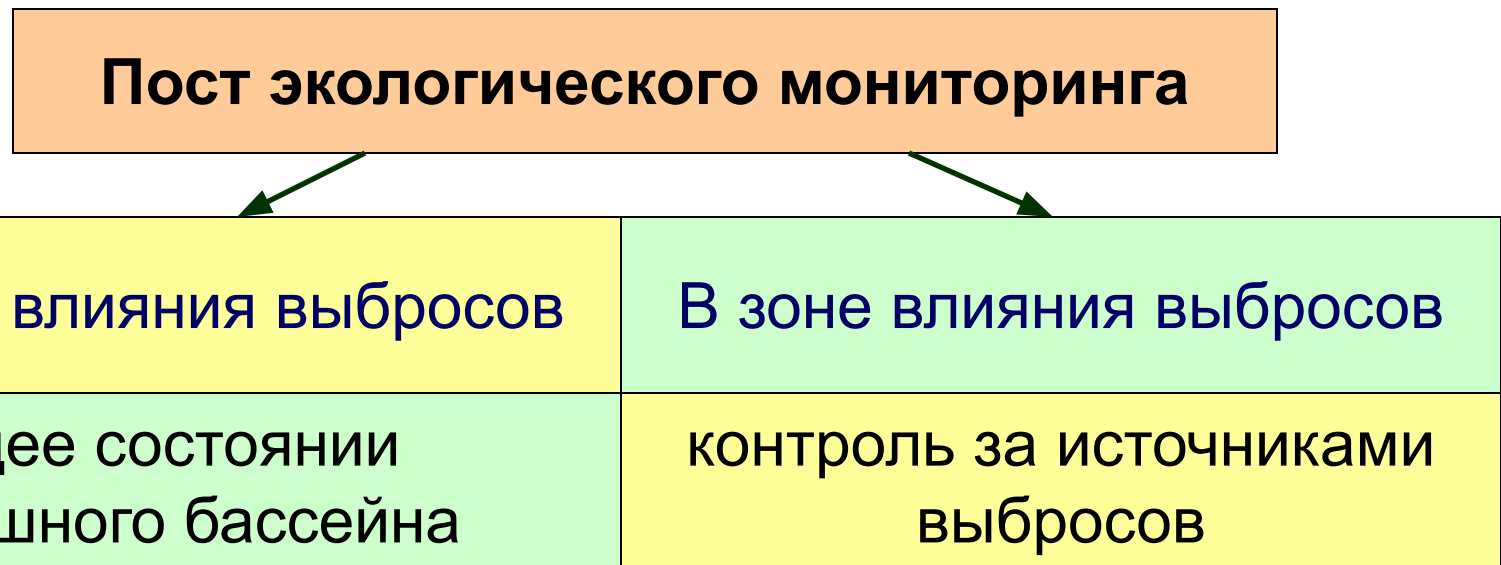
- Необходимость такого мониторинга определяется **предварительными** исследованиями в течение 1-2 лет, с использованием методов математического и физического **моделирования**.
- Обычно расположение **источников выбросов** и их параметры известны или их можно определить.
- Зная розу ветров можно с использованием **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.



- 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 стратификация нижнего слоя атмосферы	Скорость ветра (м/с)		Вид инверсии, высота над источником выброса, м
		на уровне флюгера	на уровне выброса	
Высокие с горячими выбросами	Неустойчивая	3-7	7-12	Приподнятая, 100-200
Высокие с Холодными выбросами	Неустойчивая	Штиль	3-5	Приподнятая, 10-200
Низкие	Устойчивая	Штиль	Штиль	Приземная, 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 загрязнения	Градация параметра P	Уровень загрязнения атмосферного воздуха	Повто ряемость %
1	$>0,35$	Относительно 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%**.