

# **«ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ»**

**Кирвель Павел Иванович,**  
Кандидат географических наук,  
доцент кафедры инженерной психологии  
и эргономики БГУИР  
(ауд. 610, 2 корпуса)  
E-mail: [pavelkirviel@yandex.by](mailto:pavelkirviel@yandex.by)

**Разработчик:** преп. каф. ИПиЭ Кирвель П.И.

*Антропогенные  
и природные источники  
загрязнения атмосферы.*

Разработчик: преп. каф. ИПиЭ Кирвель П.И.

## **План занятия:**

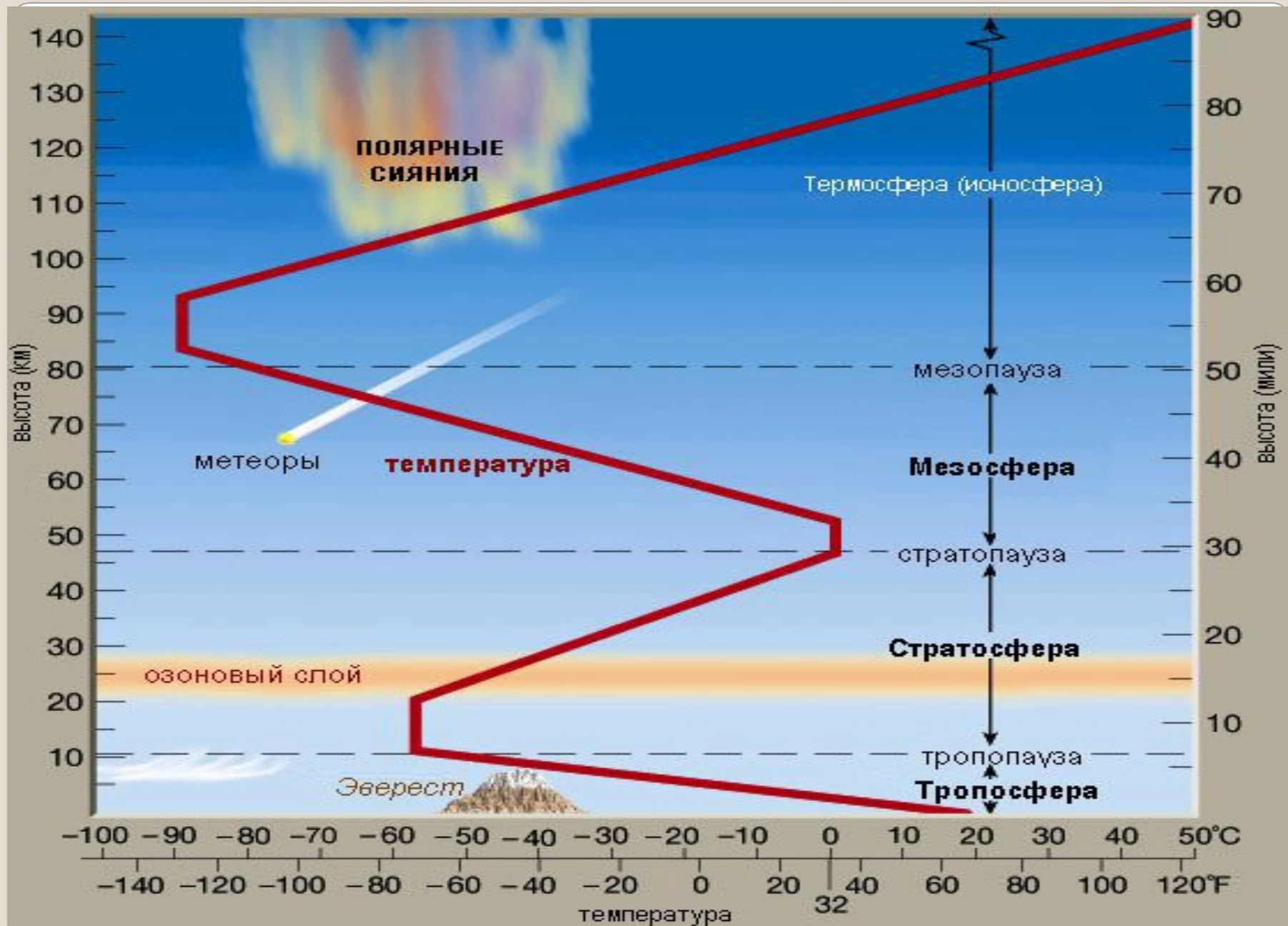
1. Источники и важнейшие компоненты антропогенного загрязнения атмосферы. Природные процессы загрязнения атмосферы.
2. Экологические последствия загрязнения атмосферы.
3. Способы нормирования качества атмосферного воздуха.
4. Основные направления и технологические мероприятия по защите воздушного бассейна.

Условием появления и развития жизни на Земле является атмосфера — окружающая Землю газовая среда, воздушный бассейн. По объему и составу образующих газов атмосфера Земли резко отличается от газовых оболочек других планет Солнечной системы.

**Атмосфера** Земли (от греч. atmos - пар и sphaira - шар) - это газовая, воздушная оболочка, окружающая Землю.

Атмосфера прослеживается на расстоянии до 2000 км от поверхности Земли.

***Атмосферный воздух*** — это механическая смесь газов с взвешенными каплями воды, пыли, кристаллами льда и пр.



Разработчик: преп. каф. ИПиЭ Кирвель П.И.

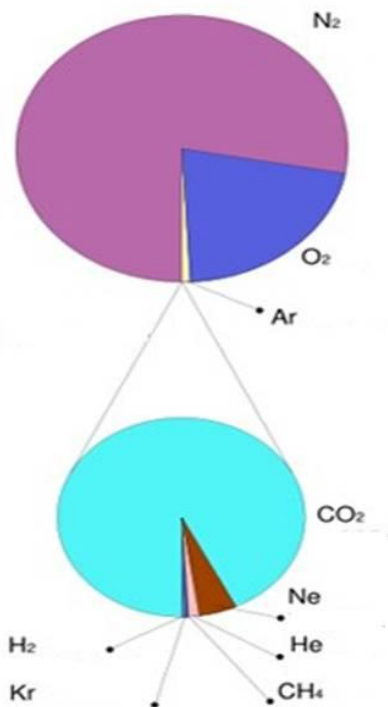
Высота, км	$T, ^\circ\text{C}$	Слои атмосферы	Характеристика слоев
3000		Верхние слои атмосферы	Воздух не рассеивает солнечный свет
1000	+1500	Термосфера	Воздух разрежен, сильно ионизирован
100 – 50	–90	Мезосфера	Давление меньше в 200 раз
55 – 50		Стратосфера	Воздух разрежен, холодный, сухой
25 – 20	+10	Озоносфера	Не пропускает ультрафиолетовое излучение Солнца
9 – 17 км	–60	Тропосфера	Облака, осадки, ветер

**Разработчик:** преп. каф. ИПиЭ **Кирвель П.И.**

# СОСТАВ АТМОСФЕРЫ

Содержание газов в сухом воздухе (об. %) вблизи поверхности Земли

## Состав атмосферы Земли



- 78% азота
- 21% кислорода
- 1% углекислого газа
- 1% паров воды
- 1% прочие газы  
(неон, водород, гелий, метан, криптон)

# Значение атмосферы и её роль в обеспечении жизнедеятельности человека (функции)

- **Защитная**

(Предохранение от ультрафиолетового излучения, метеоритов и т.п.)

- **Теплооблапсовая**

(Удержание теплового баланса – «функция одеяла»)

- **Жизнедеятельная**

(Необходима для поддержания жизни всех биологических видов на Земле)

- **Климатообразующая**

(Формирование климата и погоды)

- **Ресурсная**

(Использование химических составляющих атмосферного воздуха в технологических процессах промышленного производства)

- **Физическая**

(Атмосфера является средой распространения света и звука)

- **Механическая**

(Предоставляет возможность перемещения)



Важнейшей характеристикой воздушного бассейна является его качество, так как нормальная жизнедеятельность людей требует не просто воздуха, но воздуха определенной чистоты. **От качества воздуха зависят здоровье людей, состояние растительного и животного мира, прочность и долговечность любых конструкций зданий и сооружений.** В процессе антропогенной деятельности атмосфера подвергается изъятию газовых элементов, загрязнению газовыми примесями и вредными веществами, нагреванию и самоочищению. *Привнесение в воздушную среду каких-либо новых веществ, не характерных для нее, называется загрязнением.*

Отмечается изменение газового состава атмосферы: рост концентрации некоторых ее компонентов (углекислого газа — на 0,4 % , метана — на 1 % , закиси азота — на 0,2 % и др.) и появление новых загрязняющих веществ.

Загрязнение атмосферного воздуха может быть **локальным, региональным и глобальным.** Масштабы загрязнения связаны с мощностью выброса и характером воздушных потоков. *Локальное загрязнение* обусловлено одним или несколькими источниками выбросов, зона влияния которых определяется, главным образом, изменчивой скоростью и направлением ветра. Под *региональным загрязнением* понимается загрязнение атмосферного воздуха на территории в сотни километров, которая находится под воздействием выбросов крупных производственных комплексов. *Глобальное загрязнение*, распространяется на тысячи километров от источника загрязнения и нередко смыкается в пределах всего земного шара. Это относится, прежде всего, к Северному полушарию планеты.

# загрязнение атмосферы

## *По масштабу распространения*

- ***Глобальные*** (фоново-биосферные)

обнаруживаются в любой точке планеты далеко от его источника загрязнения.

- ***Региональные***

обнаруживаются в пределах значительного пространства (региона), но не распространены повсеместно.

- ***Локальные***

загрязнение небольшого участка, обычно вокруг предприятия, города или его части, населенного пункта



# загрязнение атмосферы

*По характеру загрязнения*

**Физическое**

Тепловое

Шумовое

Механическое

Радиоактивное

Электромагнитное

**Химическое**

Пылевидное

Аэрозольное

Газообразное

Парообразное

**Биологическое**

Биотическое

Микробиологическое

# загрязнение атмосферы

## *По источникам загрязнения:*

### Природное:

- лесные пожары;
- вулканические извержения, окисление серы и сульфатов;
- выделения океанов;
- пылевые бури;



### Антропогенное:

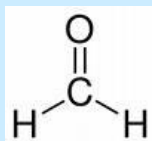
- производство и добыча строительных материалов;
- Сжигание нефтепродуктов и др. хим. соединений (выбросы предприятий, автомобильный транспорт);
- Энергетическая и химическая промышленность и др.
- Теплоэнергетика, отопление жилищ

# Основные экологические проблемы

- Запылённость;
- Дегазация;
- Озоновые дыры;
- Антропогенные облака и туманы;
- Радионуклидное загрязнение.

## Основные загрязнители:

- Твердые частицы (зола, пыль)
- $\text{SO}_2$ ;
- $\text{NO}$ ;
- $\text{CO}$ ;
- Летучие углеводороды, (фреоны);
- ПАУ;
- формальдегид



Загрязнения	Основные естественные источники	Основные антропогенные источники	Среднегодовая концентрация в воздухе, мг/м <sup>3</sup>
Твердые частицы (зола, пыль)	извержения, пылевые бури, лесные пожары и пр.	Сжигание топлива в пром. и бытовых установках, пром. строительных материалов	В городах 0,04-0,4
SO <sub>2</sub>	Вулканические извержения, окисление серы и сульфатов	То же	В городах до 1,0
NO	Лесные пожары	Промышленность, автотранспорт, ТЭС	В районах с развитой промышленностью до 0,2
CO	Лесные пожары, выделения океанов	Автотранспорт, промышленные энергоустановки, черная металлургия	В городах от 1,0 до 50
Летучие углеводороды, (фреоны)	Лесные пожары, природный метан	Автотранспорт, дожигание отходов, холодильная техника	В районах с развитой промышленностью до 3,0
ПАУ	-	Автотранспорт, химические заводы, нефтеперерабатывающие заводы	В районах с развитой промышленностью до 0,01

Разработчик: преп. каф. ИПиЭ Кирвель П.И.

# Антропогенные загрязнители атмосферы и связанные с ними изменения

Антропогенные изменения в атмосфере	Основные газовые примеси в атмосферном воздухе							
	Монооксид углерода	Диоксид углерода	Метан	Монооксид и диоксид азота	Оксид азота	Диоксид серы	Фреоны	Озон
Парниковый эффект		+	+		+	—	+	+
Разрушение озона							+	
Кислородные осадки				+		+		
Фотохимический смог				+				+
Понижение прозрачности атмосферы				+		+		
Ослабление самоочищения атмосферы	+			—				—

Антропогенные изменения в атмосфере	Основные газовые примеси в атмосфере						
	Диоксид углерода	Метан	Оксиды азота	Оксид азота (I)	Диоксид серы	Фреоны	Озон
«Парниковый эффект»	●	●		●	○	●	●
Разрушение слоя озона						●	
Кислотные дожди			●		●		
Фотохимический смог			●				●
Пониженная видимость атмосферы			●		●		
Ослабление самоочищения атмосферы			○				○



- газ усиливает эффект



- газ ослабляет эффект



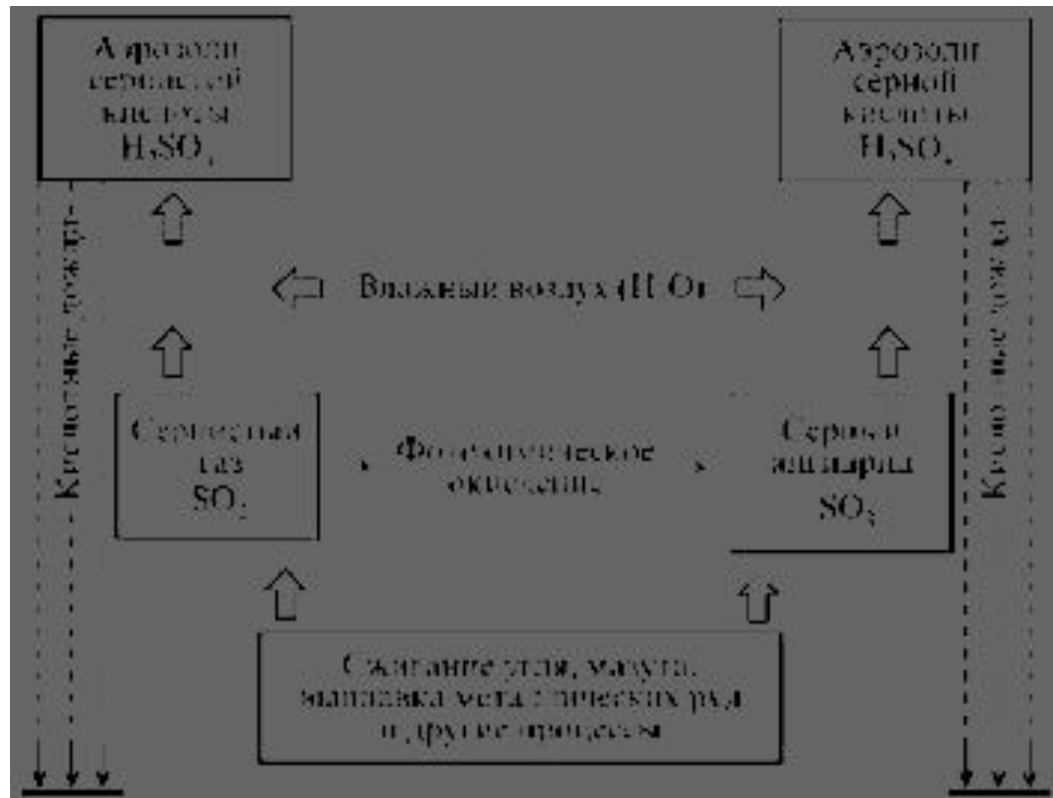
Одним из результатов деятельности человечества в XX ст. явилось загрязнение атмосферы и других компонентов природы *радиоактивными элементами*. Радиоактивное загрязнение окружающей среды представляет собой увеличение естественного радиационного фона в результате использования человеком естественных и искусственных радиоактивных веществ.

Источниками радиоактивного загрязнения окружающей среды явились, прежде всего, экспериментальные взрывы при испытаниях атомных и водородных бомб, различные производства, связанные с изготовлением ядерного оружия, а также ядерные реакторы и атомные электростанции, отходы атомных предприятий и установок. Различного рода повреждения и аварии атомных реакторов в Англии, Франции, Болгарии, Германии, США и в ряде других стран мира приводили к выбросам в окружающую среду. Крупнейшей катастрофой явился взрыв ядерного реактора на Чернобыльской АЭС в 1986 г. Радиоактивное загрязнение воздушной среды такими летучими элементами, как цезий-137, стронций-90, плутоний распространилось по всей Европе. Самое большое пятно очень сильного загрязнения (более 40 Ки на 1 км<sup>2</sup>) находится в Беларуси — 2,6 км<sup>2</sup>, далее идут Украина — 0,56 км<sup>2</sup> - и Россия — 0,46 км<sup>2</sup>. В других странах Европы загрязнение не превышает 2 — 5 Ки на 1 км, такие пятна были обнаружены в Финляндии, Австрии, Швеции и Франции. По оценкам отдельных ученых, на рубеже нового тысячелетия население земного шара получает дополнительное облучение, вдвое большее, чем доза естественного радиационного фона.

# Химическое загрязнение атмосферы



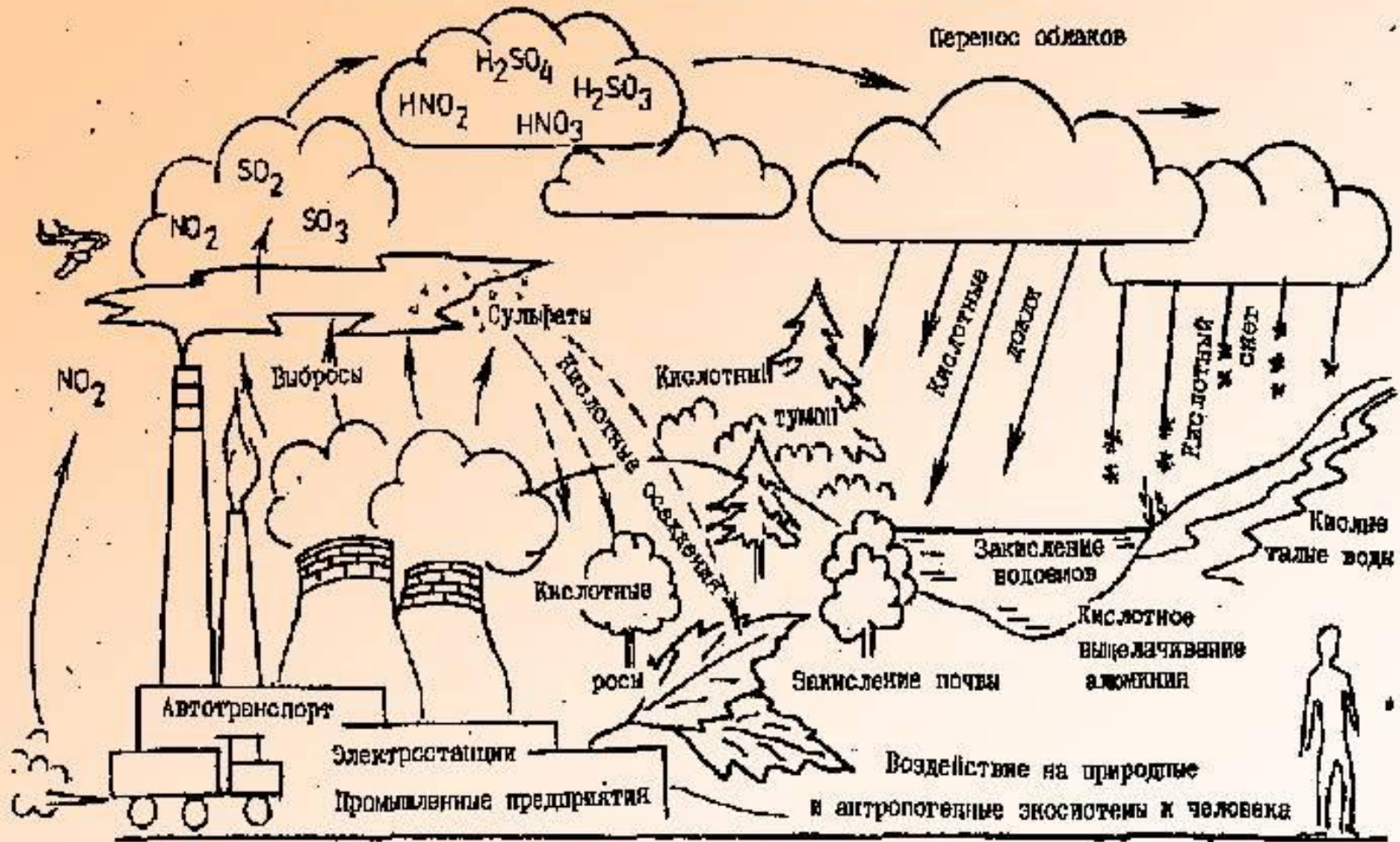
## Кислотные дожди



## Среднесуточное поступление в атмосферу оксидов серы

страна	Общий объем, тыс. т	Доля поступления из других стран, %
Норвегия	25	92
Швеция	47	82
Дания	11	64
Великобритания	85	20
Нидерланды	17	77
Германия	208	53
Польша	133	58
Швейцария	14	90
Австрия	34	85
Франция	121	48
Италия	113	30

# Схема образования кислотных осадков

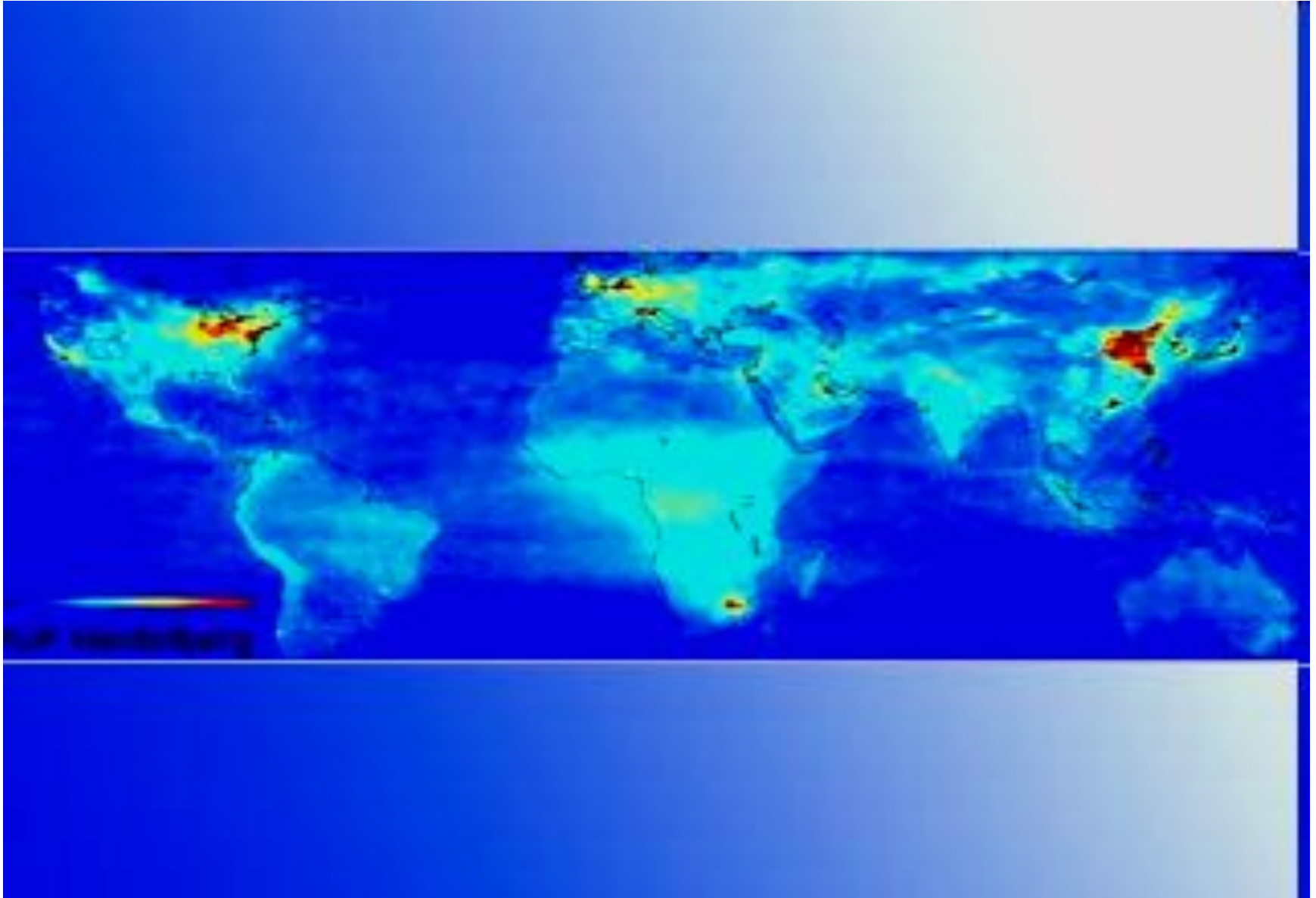


Разработчик: преп. каф. ИПиЭ Кирвель П.И.



**Разработчик:** преп. каф. ИПиЭ Кирвель П.И.

# загрязнение атмосферы выбросами двуокиси азота ( $\text{NO}_2$ )



Разработчик: преп. каф. ИПиЭ Кирвель П.И.

# Смог - канцерогенный фотохимический туман

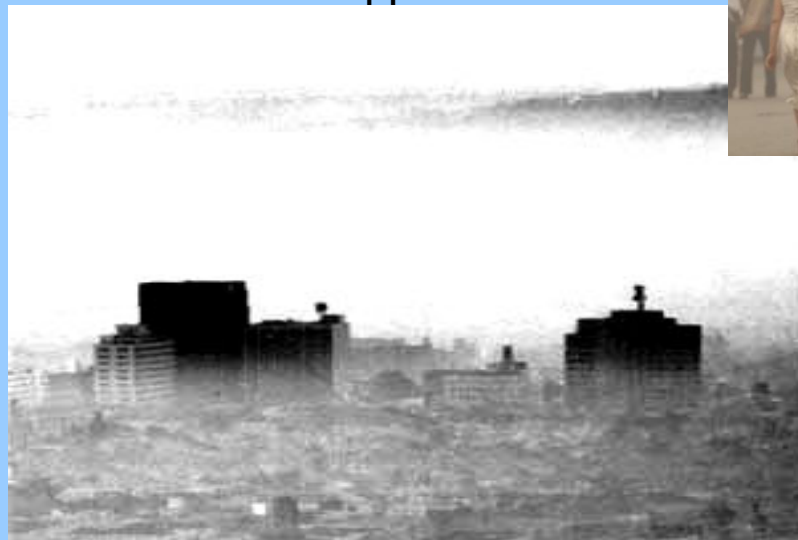
Пекин



Сингапур



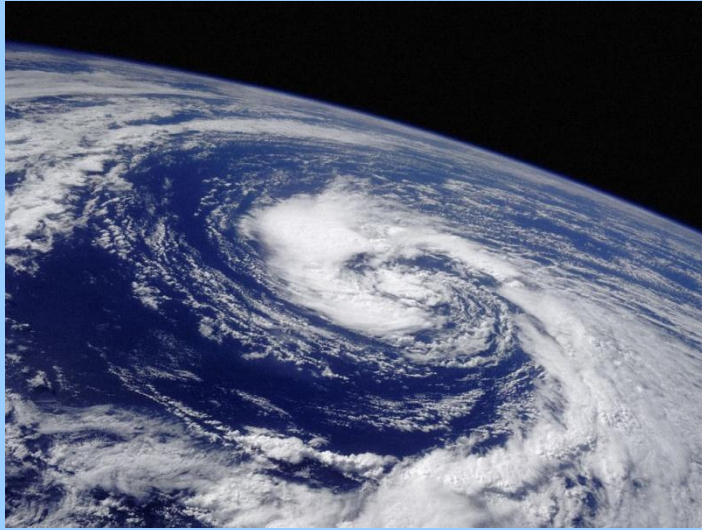
Лос-Анджелес



Москва



# Возникновение антропогенных облаков и туманов



Разработчик: преп. каф. ИПиЭ Кирвель П.И.



## характеристики антропогенных облаков и туманов

№	Вид образования	Темпер.	Относ. влажность, %	Скор. ветра	Время суток	Геометр. размеры
1.	За самолётами (облачные следы)	< - 28°C	100	любая	круглые сутки	100 км в длину и до 1 км в ширину
		< - 36°C	60			
		< - 39°C	0			
2.	Смоги:					
	а) Лос-Анджелес	24..32°C	60..70	штиль	полдень утро	по площади до 1000 км <sup>2</sup>
	б) Лондон	-1..4°C	80..100	0..3		по площади до 1000 км <sup>2</sup>
3.	Облачные шлейфы от крупных пожаров	при любых	<100	любая	круглые сутки	в длину до 500 км, в ширину до 400 км

Разработчик: преп. каф. ИПиЭ Кирвель П.И.

**Тепловое загрязнение атмосферы**



**Парниковый эффект**



**Разработчик:** преп. каф. ИПиЭ Кирвель П.И.



# парниковые газы



# Выбросы парниковых газов странами



## Экологические последствия загрязнения атмосферы

Атмосферные загрязнения оказывают многообразное вредное влияние на организм человека, животных, растения и микроорганизмы, вызывают глобальные изменения в биосфере, наносят ощутимый экономический ущерб.

*Повышенный уровень загрязнения атмосферного воздуха отражается, прежде всего, на здоровье людей.* Многочисленными исследованиями доказано, что в промышленных центрах с высоким уровнем загрязнения воздуха резко возрастает количество заболеваний, особенно среди людей старшего возраста и детей, повышается смертность, Взвешенные частицы дыма и сажи поглощают солнечный свет, при этом теряется значительная часть ультрафиолетовых лучей, представляющих наибольшую ценность для здоровья людей и животных. *Ультрафиолетовая недостаточность* часто становится причиной заболеваний рахитом и авитаминозом. Загрязненный воздух вызывает раздражения и болезни дыхательных путей — бронхит, эмфизему, астму.

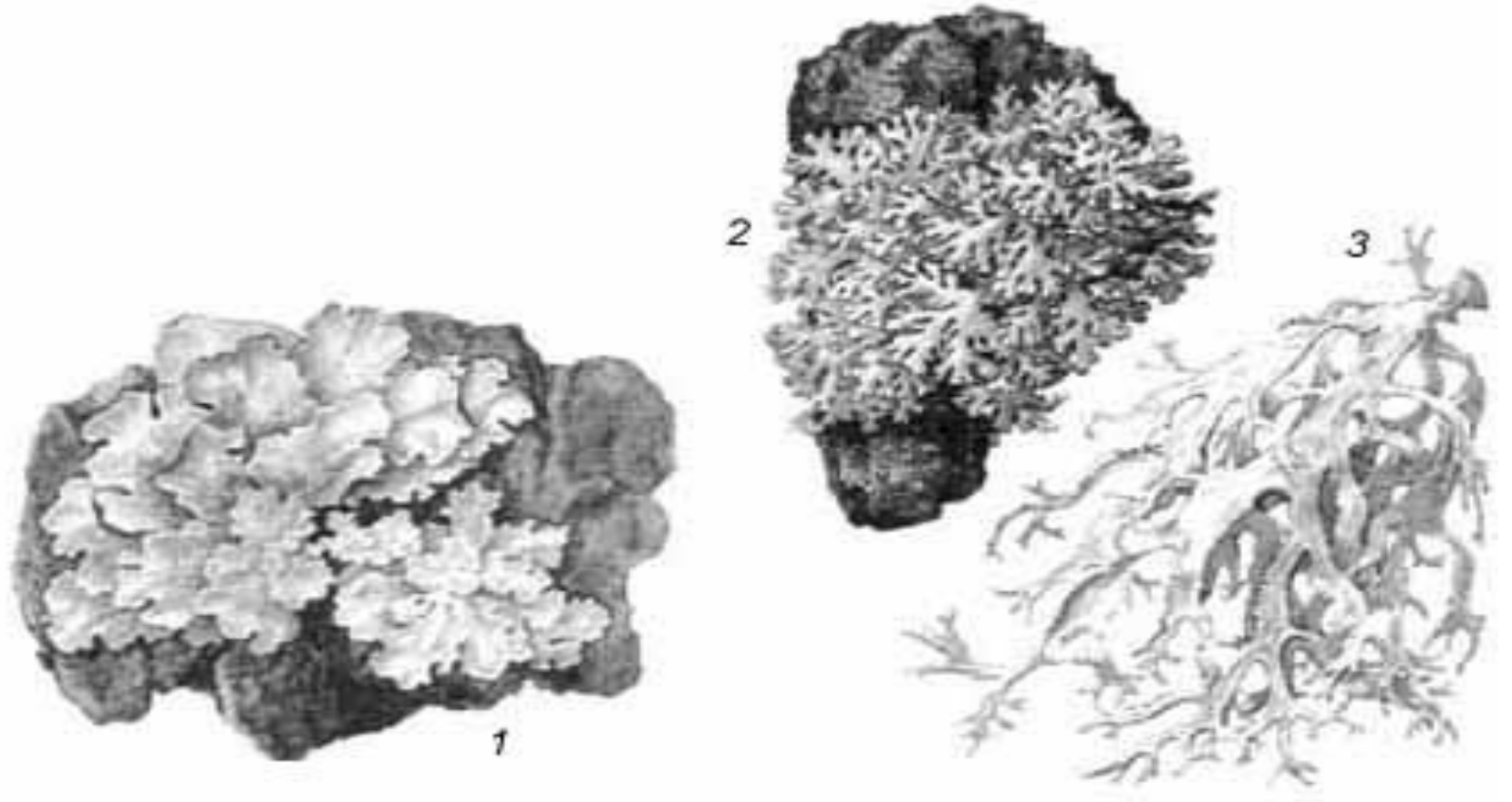
Особенно опасны воздействия на человека канцерогенных веществ, которые способствуют развитию раковых и других опухолевых образований. Канцерогенные вещества образуются в результате частичного синтеза при неполном сгорании топлива. Их источниками являются выхлопные газы автотранспорта, авиации, промышленные отходы при сжигании твердого и жидкого топлива, газы, образующиеся в процессе переработки нефти.

**Разработчик:** преп. каф. ИПиЭ Кирвель П.И.

Загрязнение воздушного бассейна вызывает значительные потери в народном хозяйстве. В промышленном производстве — это разрушение металлических конструкций, крыш и фасадов зданий, снижение качества выпускаемой продукции. Высокие концентрации в воздухе окислов серы, азота и углерода ускоряют процессы разрушения строительных материалов и коррозии металлов. Установлено, что в индустриальных городах сталь ржавеет в 20, а алюминий разрушается в 100 раз быстрее, чем в сельской местности. Аналогичный ущерб наносится жилищно-коммунальному хозяйству городов, объектам социально-культурной сферы, памятникам архитектуры и искусства, находящимся на открытом воздухе.

Загрязнение атмосферы наносит огромный ущерб сельскому хозяйству. Существует зависимость недобора урожая сельскохозяйственных растений от содержания загрязнителей в воздухе. Установлено отрицательное влияние фенола, пыли и сернистого ангидрида на урожайность озимой пшеницы. При снижении концентрации пыли на  $0,1 \text{ мг/м}^3$  урожайность пшеницы возрастает на 0,36 ц/га. С загрязнением воздуха и других компонентов окружающей среды связано снижение продуктивности сельскохозяйственных животных.

# ***БИОИНДИКАЦИЯ***



***1–пармелия;***

***2–гипогимния;***

***3–эверния***

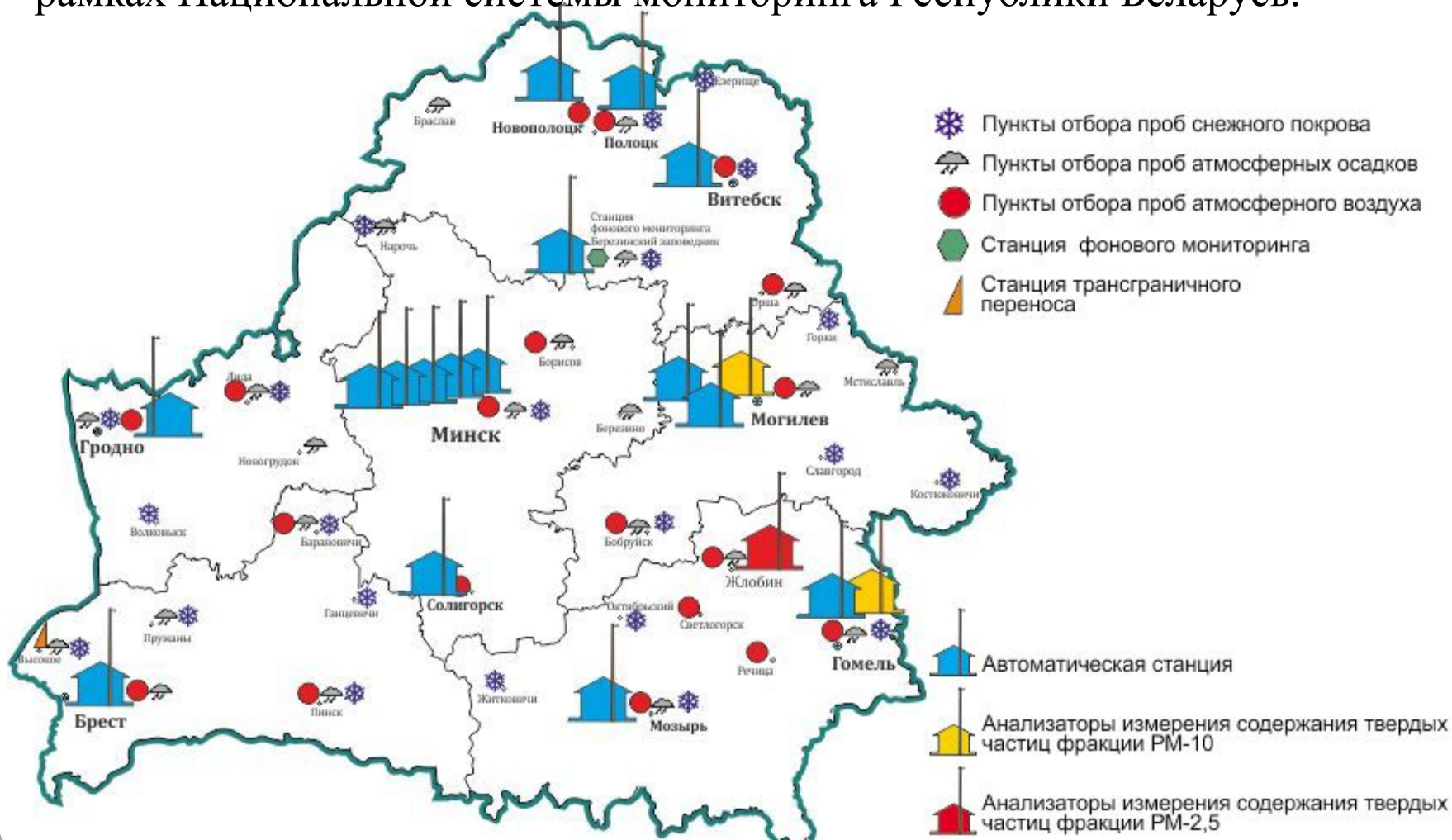
## Степень загрязнения в зависимости от видового разнообразия лишайников

Зона	Степень загрязнения	Наличие (+) или отсутствие (-) лишайников		
		кустистые	листовые	накипные
1	Загрязнения нет	+	+	+
2	Относительно чистая зона	-	+	+
3	Зона умеренного загрязнения	-	-	+
4	Зона критического загрязнения	-	-	-



# Мониторинг атмосферного воздуха

Наблюдение и контроль за состоянием атмосферы осуществляется в рамках Национальной системы мониторинга Республики Беларусь.



Разработчик: преп. каф. ИПиЭ Кирвель П.И.

## **Способы нормирования качества атмосферного воздуха.**

Для оценки состояния атмосферного воздуха на территории Республики Беларусь действуют единые **нормативы предельно допустимых концентраций** загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (ориентировочно безопасных уровней воздействия) и уровней вредных физических и иных воздействий на него.

Качество атмосферного воздуха регулируется также нормативами:

- предельных объемов образования загрязняющих веществ при эксплуатации технологического и другого оборудования, сооружений и объектов;
- потребления атмосферного воздуха для производственных нужд;
  - содержания загрязняющих веществ в отработанных газах и вредных физических и иных воздействий передвижных источников на атмосферный воздух;
  - удельных выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Наблюдение и контроль за состоянием воздушного бассейна страны осуществляется в рамках Национальной системы мониторинга Республики Беларусь. Наблюдение за состоянием атмосферного воздуха по химическим, физическим, биологическим и другим показателям проводят органы гидрометеорологической и санитарно-эпидемиологической служб. Они располагают широкой сетью станций и постов наблюдения, соответствующими лабораториями.

$$C_1/ПДК_1 + C_2/ПДК_2 + \dots + C_n/ПДК_n < 1,0,$$

$C_1, C_2, C_n$  — концентрации 1-го, 2-го, ..., n-го вредного вещества соответственно.

$ПДК_1, ПДК_2, ПДК_n$  — предельно допустимые концентрации соответствующих веществ.

$ПДК_{р.з}$  — предельно допустимая максимальная разовая концентрация химического вещества в воздухе населенных мест,  $мг/м^3$ . Эта концентрация при вдыхании в течение 30 мин не должна вызывать рефлекторных реакций в организме человека.

$ПДК_{с.с}$  — предельно допустимая среднесуточная концентрация химического вещества в воздухе населенных мест,  $мг/м^3$ . Она не должна оказывать вредного действия на человека при неопределенно долгом вдыхании (годы).

$ПДВ$  — предельно допустимый выброс загрязняющих веществ в атмосферу, при котором обеспечивается соблюдение гигиенических нормативов.

$ЛК_{50}$  — летальная концентрация вещества, вызывающая при вдыхании (мыши — 2 ч, крысы — 4 ч) гибель 50% животных,  $мг/л$ .

Разработчик: преп. каф. экологии Кирвель П.И.

$ПК_{одор}$  — пороговая концентрация вещества, вызывающая ощущение запаха,  $мг/л^3$ .

- Для гигиенической оценки степени опасности загрязнения атмосферного воздуха при одновременном присутствии нескольких веществ применяют комплексный показатель загрязнения  $P$ . Показатель  $P$  учитывает кратность превышения ПДК, класс опасности вещества, количество совместно присутствующих загрязнителей в атмосфере, характер комбинированного действия веществ.

$$P = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{k_i C_i}{\text{ПДК}_i}}$$

- $P$  – показатель, который учитывает кратность превышения ПДК;
- $n$  – количество загрязняющих веществ;
- $k_i$  – коэффициент изоэффективности, зависящий от класса опасности  $i$ -вещества:
  - для 1 класса – 2,0, для 2 класса – 1,5, для 3 класса – 1,0, для 4 класса – 0,8;
- $C_i$  – фактическая среднесуточная (среднегодовая) концентрация  $i$ -вещества, мг/м<sup>3</sup>;
- $\text{ПДК}^i$  – среднесуточная (среднегодовая) ПДК  $i$ -вещества. мг/м<sup>3</sup>.

Степень суммарного загрязнения атмосферного воздуха рядом веществ может оцениваться по индексу загрязнения атмосферы (ИЗА). Расчет ИЗА производится для приоритетных для данной территории загрязняющих веществ.

$$\text{ИЗА} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \right)^{\alpha_i}$$

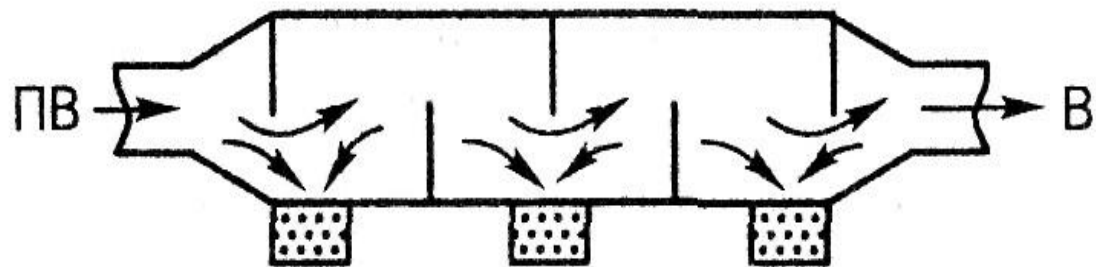
- $\alpha_i$  – безразмерный коэффициент, учитывающий опасность  $i$ -вещества, равный 1,5 для веществ 1-го класса опасности, 1,3 – 2-го класса, 1,0 – 3-го класса и с неустановленным классом, 0,85 – 4-го класса.
  - ИЗА  $\leq 5$  – низкий уровень загрязнения,
  - $5 < \text{ИЗА} < 7$  – повышенный уровень загрязнения,
  - $7 \leq \text{ИЗА} < 14$  – высокий уровень загрязнения,
  - ИЗА  $\geq 14$  – очень высоким уровень загрязнения.

## Основные направления и технологические мероприятия по защите воздушного бассейна.

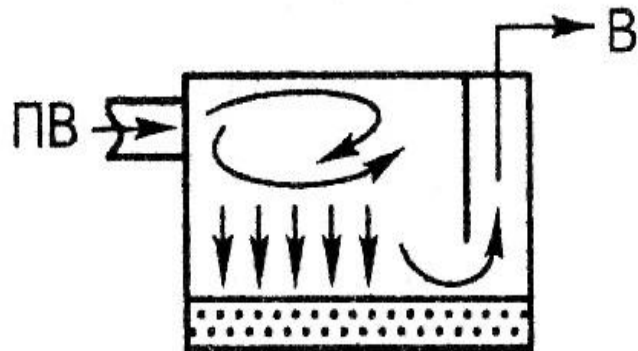
Защита атмосферного воздуха от загрязнений предусматривает систему мероприятий.

**Группа санитарно-технических мероприятий:** установка газопылеочистного оборудования, герметизация технологического и транспортного оборудования, сооружение сверхвысоких дымовых труб. Одна из основных мер предотвращения загрязнения атмосферного воздуха — строительство газоочистных сооружений и устройств. Наиболее распространены сухие инерционные золоулавливатели (батареи циклоны) и электрофильтры. В мокрых инерционных золоулавливателях процесс осаждения частиц летящей золы осуществляется с участием воды.

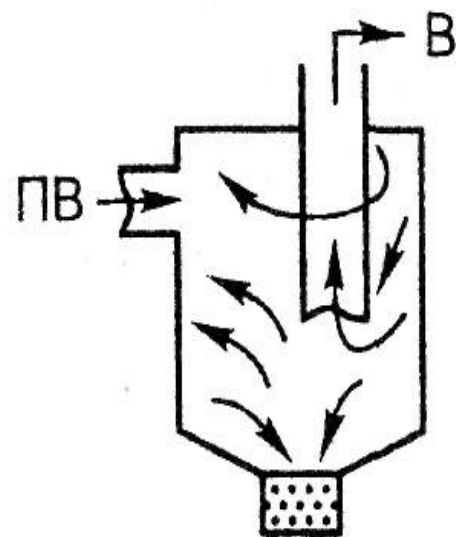
При невозможности или нецелесообразности использования пылегазоулавливающих устройств применяют прием рассеивания загрязняющих веществ через высокие и сверхвысокие дымовые трубы. Этот метод не позволяет защищать воздушную среду от поступления токсичных примесей, но дает возможность существенно снизить их приземную концентрацию до уровня ПДК. Сущность метода заключается в том, что мощные потоки дымовых газов, двигаясь в трубе с высокой скоростью за счет естественной тяги, рассеиваются на значительном расстоянии от источника загрязнения.



а



б

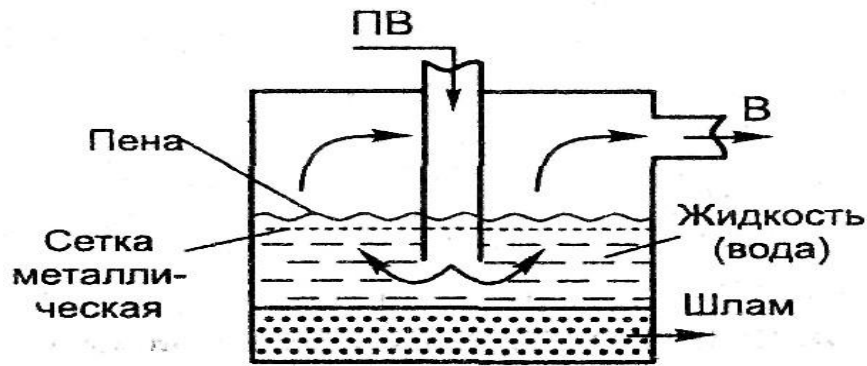


в

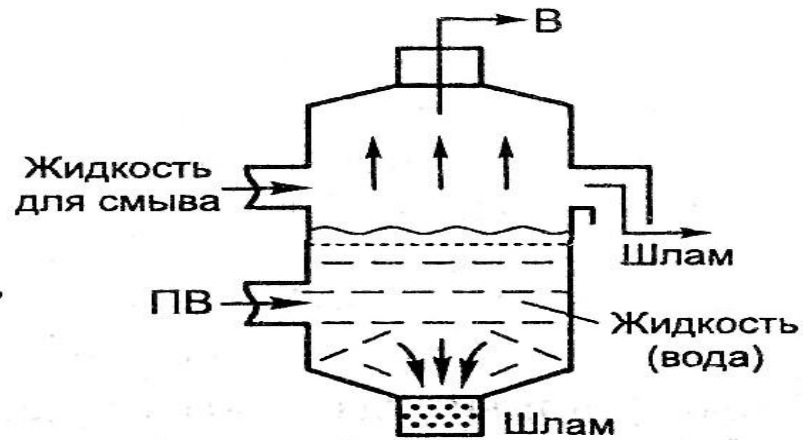
Рис. 2.11. Аппараты сухой очистки:

а – пылесадочная камера лабиринтного типа; б – прямо-  
точного типа; в – циклон

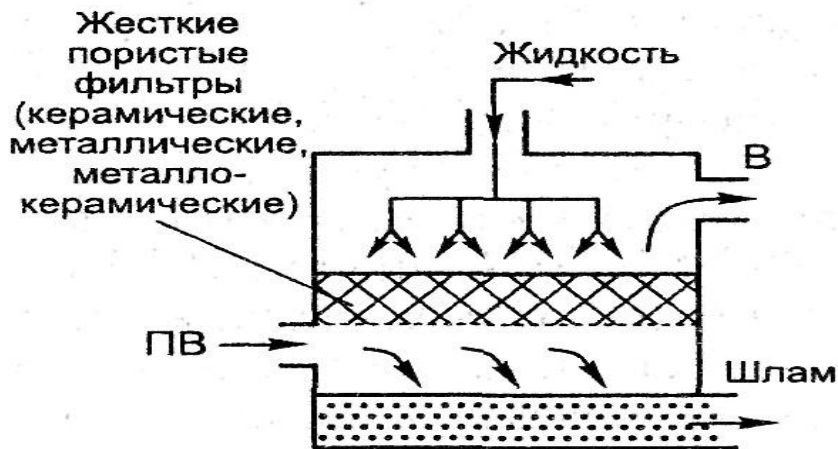
Разработчик: преп. каф. ИПиЭ Кирвель П.И.



а



а'



б



б'

Рис. 2.13. Мокрые пылеуловители:

а, а' — пенные аппараты; б, б' — соответственно форсуночный скруббер и скруббер (труба) Вентури



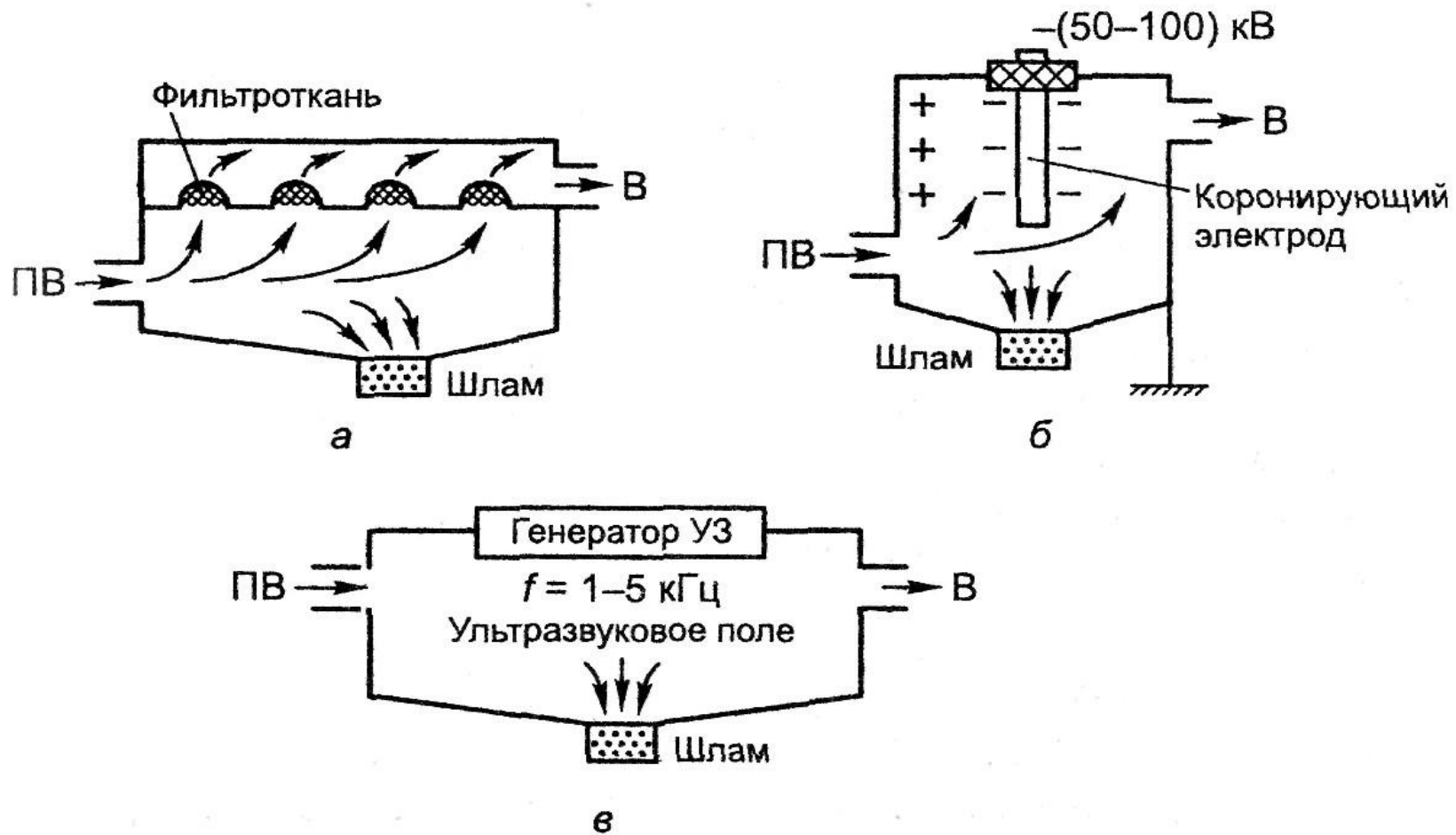


Рис. 2. 12. Фильтры:

*а* – рукавный фильтр ( $\eta=95-98\%$ ); *б* – электростатический фильтр ( $\eta=96-98\%$ );

*в* – ультразвуковые фильтры ( $\eta=90\%$  при действии УЗ-поля 3–5 с)

**Группа технологических мероприятий:** улучшение технологии производства и сжигания топлива; создание новых технологий, основанных на частично или полностью замкнутых циклах, при которых исключаются выбросы вредных веществ в атмосферу. В то же время решается важная задача — утилизация и возвращение в производство ценных продуктов, сырья и материалов.

**Группа планировочных мероприятий:** оптимальное расположение промышленных предприятий с учетом "розы ветров", создание санитарно-защитных зон вокруг промышленных предприятий, вынос наиболее токсичных производств за черту города, рациональная планировка городской застройки, озеленение городов.

С целью охраны атмосферного воздуха на территориях населенных мест при размещении новых объектов и реконструкции действующих устанавливаются санитарно-защитные зоны. *Санитарно-защитная зона — это территория вокруг предприятия, где возможно превышение ПДК для одного или нескольких загрязняющих веществ*

# Нормативные правовые акты

Закон Республики Беларусь «Об охране атмосферного воздуха» № 2-З от 16 декабря 2008 г.

Постановления Совета Министров Республики Беларусь:

«Об утверждении Положения о порядке выдачи разрешений на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, внесения в них изменений и (или) дополнений, приостановления, возобновления, продления срока действия разрешений на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, прекращения их действия»

№ 664 от 21.05.2009 г.

«Об утверждении Положения о порядке ведения государственного кадастра атмосферного воздуха и использования его данных»

№ 509 от 21.04.2009 г.

Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь

«Об утверждении Инструкции о порядке установления нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух»

№ 43 от 23.06.2009 г.

Разработчик: преп. каф. ИПиЭ Кирвель П.И.

**МИР В НАШИХ РУКАХ!**

**Спасибо за внимание**

