

ЗАГРЯЗНЕНИЕ И ЗАЩИТА АТМОСФЕРЫ

Лекция 5

- Под загрязнением атмосферы понимают привнесение в нее примесей, которые не содержатся в природном воздухе или изменяют соотношение между ингредиентами природного состава воздуха.
- Загрязнения могут попадать в атмосферу от природных и антропогенных источников, среди которых, в свою очередь, преобладают крупные промышленные объекты и транспортные средства.





Источник: National Park Service

Перевод: Dishisvobodno.ru

- Естественные (вулканы, лесные пожары)
- Транспорт (самолеты, автомобили, морские суда)
- Стационарные источники (промышленность, электростанции)
- Ареальные источники (домашний скот, удобрения)
- Города (газы, бытовые отходы)

Примеси



Примеси поступают в атмосферу в виде **газов, паров, жидких и твердых частиц.**

- Газы, жидкие и мелкие твердые частицы образуют с воздухом **аэрозоли** (дисперсные системы).

Виды аэрозолей :

- дым (размеры твердых частиц менее 1 мкм);
- туман (размер жидких частиц менее 10 мкм): супертонкий (до 0,5 мкм), тонкодисперсный (0,5...3,0 мкм), грубодисперсный (3...10 мкм).

Следует отметить, что аэрозоли чаще полидисперсные, т.е. содержат частицы различного размера.

Размер частиц

- Основной параметр, характеризующий взвешенные частицы, – это их размер, который колеблется от 0,1 до 850 мкм. Из этой гаммы **наиболее опасны частицы от 0,5 до 5 мкм**, поскольку они не оседают в дыхательных путях и именно их вдыхает человек.
- пыль (размеры твердых частиц более 1 мкм): крупнодисперсная (размер частиц более 50 мкм), среднедисперсная (50-10 мкм), мелкодисперсная (менее 10 мкм);
- брызги (размер жидких частиц свыше 10 мкм);

Пыль

Промышленные пыли в зависимости от механизма их образования подразделяют на четыре класса:

- 1) **механическая пыль** – образуется в результате измельчения продукта в ходе технологического процесса;
- 2) **возгоны** – возникают в результате объемной конденсации паров веществ при охлаждении газа, пропускаемого через технологический аппарат, установку или агрегат;
- 3) **летучая зола** – содержащийся в дымовом газе во взвешенном состоянии несгораемый остаток топлива, образуется в процессе горения из входящих в его состав минеральных примесей;
- 4) **промышленная сажа** – входящий в состав промышленного выброса твердый высокодисперсный углерод, образуется при неполном сгорании или термическом разложении углеводородов.



Главная особенность загрязнения атмосферы

- состоит в том, что атмосферный воздух выступает своего рода посредником загрязнения всех других физических сред (гидросферы, литосферы) и объектов биосферы, способствуя распространению больших масс загрязнений на значительные расстояния.
- Промышленные выбросы (примеси), переносимые по воздуху, загрязняют Мировой океан, закисляют почву и воду, вызывают изменения климата и разрушение озонового слоя.

Качество атмосферы

- Под качеством атмосферы понимают **совокупность ее свойств, определяющих степень воздействия физических, химических и биологических факторов** на людей, растительный и животный мир, а также на материалы, конструкции и ОС в целом.
- Качество атмосферы зависит от ее загрязненности.
- В качестве меры, ограничивающей содержание загрязняющих веществ в окружающей природной среде, установлена **предельно допустимая концентрация ПДК (для каждого элемента)**
- Из 105 известных элементов таблицы Менделеева 90 в настоящее время используются в производственной практике, а на их базе получено свыше 500 тысяч новых химических соединений, почти 10% из которых вредные или особо вредные (данные ВОЗ).

Предельно допустимая концентрация (ПДК)

ПДК – это такая концентрация, при воздействии которой на организм человека периодически или в течение всей жизни **не возникает заболеваний** или изменений состояния здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований сразу или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

В практике нормирования и для санитарной оценки степени загрязнения воздушной среды используются несколько видов ПДК:

- **ПДК_{рз}** – предельно допустимая концентрация вредного (загрязняющего) вещества **в воздухе рабочей зоны**.
- **ПДК_{сс}** – предельно допустимая среднесуточная концентрация вредного (загрязняющего) вещества **в воздухе населенных мест**.
- **ПДК_{мр}** – предельно допустимая максимальная разовая концентрация вредного (загрязняющего) вещества в воздухе населенных мест – это такая концентрация, которая **не вызывает рефлекторных реакций** в организме человека.

ПДК вредного вещества в воздухе рабочей зоны, где человек находится ограниченное время, выше ПДК вредного вещества в воздухе населенных мест

Как правило, для одного вредного вещества $ПДК_{сс} < ПДК_{мр} < ПДК_{рз}$.

Вещество	ПДК _{рз}	ПДК _{сс}	ПДК _{мр}
Аммиак	20	0,04	0,2
Бензол	5	0,1	1,5
Гидразин	0,1	–	–
Диоксид азота	5	0,04	0,085
Диоксид серы	10	0,05	0,5
Оксид углерода	20	3	5
Тетраэтилсвинец	0,005	–	–
Формальдегид	0,5	0,012	0,035
Хлорид водорода	5	0,2	0,2

При одновременном присутствии в атмосферном воздухе нескольких веществ, обладающих суммирующим действием, сумма

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1,$$

- где C_i – фактическая концентрация i -го вредного вещества в атмосферном воздухе; ПДК_i – предельно допустимая концентрация i -го вредного вещества в атмосферном воздухе.
- Концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе населенного пункта зависит от количества этих веществ, выбрасываемых всеми источниками загрязнения.
- Чтобы концентрации загрязняющих веществ не превышали ПДК, т.е. не создавались условия, опасные для здоровья населения, для каждого источника загрязнения устанавливается **предельно допустимый выброс**. Иначе говоря,
- **ПДВ** – это максимально допустимое к выбросу в атмосферный воздух количество загрязняющих веществ данным источником загрязнения в единицу времени.

Основные химические примеси, загрязняющие атмосферу

Наиболее распространенные химические примеси, загрязняющие атмосферу:

- • оксид углерода (CO),
- • диоксид углерода (CO_2),
- • диоксид серы (SO_2),
- • окислы азота (NO_x), в том числе оксид (NO) и диоксид азота (NO_2).

К химическим примесям, представляющим интерес в рамках настоящего курса, отнесем также следующие:

- • озон (O_3),
- • углеводороды (C_xH_y),
- • фреоны (хладоны) или ХФУ,
- • сероводород (H_2S),
- • аммиак (NH_3),
- • углерод (C) – промышленная сажа,
- • свинец (Pb), ртуть (Hg), кадмий (Cd) (аэрозоли токсичных тяжелых металлов),
- • диоксины.

Главные источники загрязнения атмосферы

Транспорт – один из крупнейших источников загрязнения воздуха атмосферы.

- На его долю приходится приблизительно 65% выбросов **оксида углерода** и примерно 55% выбросов **оксидов азота**.
- Основным источником (около 80%) загрязнения атмосферы **соединениями свинца** являются выхлопные газы транспортных средств, в которых используется этилированный бензин, включающий в качестве антидетонационной присадки тетраэтилсвинец. В РФ производство этилированного бензина в настоящее время запрещено.
- Использование бензина, производимого и содержащего высокое содержание серы (при недостатке серы неизбежно приводит к выбросам с выхлопными газами **диоксида серы** или **сернистого ангидрида**).



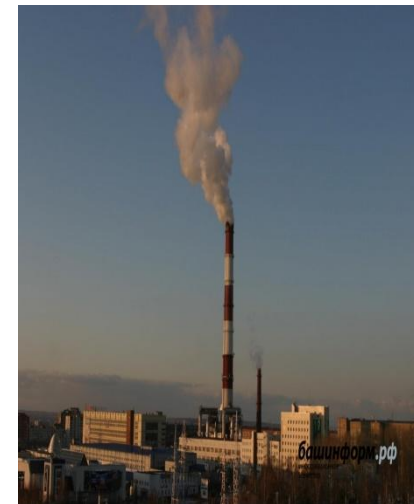
- **Крупные тепловые электростанции (ТЭС)** являются крупными источниками выбросов **диоксида серы** или **сернистого ангидрида**, который образуется в процессе сгорания серосодержащих угля, а также при переработке сернистых руд.

Общемировой выброс его оценивается в 190 млн т в год. Концентрация диоксида серы особенно велика в районах расположения этих предприятий.

- **Металлургические, цементные, магнезитовые и другие заводы** являются основными источниками антропогенных **аэрозольных загрязнений воздуха**. Чаще всего в их составе обнаруживаются соединения кремния, кальция и углерода, реже – оксиды металлов: железа, магния, марганца, цинка, меди, никеля, свинца, сурьмы, висмута, селена, мышьяка, бериллия, кадмия, хрома, кобальта, молибдена, а также асбест.

Сжигание каменного угля, производство цемента и выплавка чугуна дают суммарный выброс пыли в атмосферу 170 млн т в год. Значительная часть аэрозолей образуется в атмосфере при взаимодействии твердых и жидких частиц между собой или с водяным паром.

- **Промышленные отвалы** – искусственные насыпи, образующиеся при добыче полезных ископаемых или же из отходов предприятий перерабатывающей промышленности, так же как и производство цемента и других строительных материалов, относятся к постоянным источникам **аэрозольного загрязнения**.
- **Предприятия азотной промышленности** являются крупными источниками выбросов в атмосферу **оксидов азота**. Они производят *ракетное топливо, военную продукцию, азотные удобрения, аммиак, метанол, азотную кислоту и нитраты, анилиновые красители, нитросоединения, вискозный шелк, целлулоид*. Количество оксидов азота, поступающих в атмосферу, 65 млн т в год.
- Помимо выбросов предприятий азотной промышленности, оксиды азота неизбежно содержатся в выбросах, образующихся при простом факельном сжигании топлив в воздушной среде, с учетом высоких температур процесса и наличия азота в природном составе воздуха.



Нефтеперерабатывающие и нефтехимические предприятия – источники органической пыли, включающей **алифатические и ароматические углеводороды, соли кислот**, образующихся при сжигании остаточных нефтепродуктов, в процессе пиролиза.

- Значительный «вклад» в загрязнение ОС, помимо проливов и выбросов ископаемых углеводородов на промыслах, вносят многочисленные факелы **нефтегазодобывающей промышленности**. Иначе как «варварской» трудно назвать продолжающуюся отечественную практику сжигать на факелах попутный нефтяной газ.

Его утилизация, как минимум, двойная экологическая проблема

- это ускоренное истощение одного из природных ресурсов (путем бездарного сжигания попутного газа, являющегося ценнейшим сырьем)
- плюс загрязнение атмосферы – как тепловое, так и ингредиентное.



Последствия загрязнения атмосферы

Наиболее значительные негативные последствия загрязнения воздуха атмосферы:

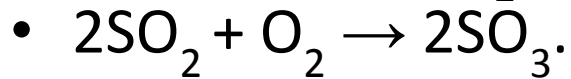
- 1) кислотные дожди;
- 2) нехватка кислорода (нарушение кислородного баланса);
- 3) парниковый эффект;
- 4) разрушение озонового слоя.

Оксиды серы и азота, углерода попадая в атмосферу, могут разноситься ветром на огромные расстояния, таким образом, от кислотных дождей и парниковых газов могут страдать территории, находящиеся за тысячи километров от источника выбросов.

- Сера содержится в таких полезных ископаемых, как уголь, нефть, медные и железные руды.
- Оксиды азота

Кислотные дожди

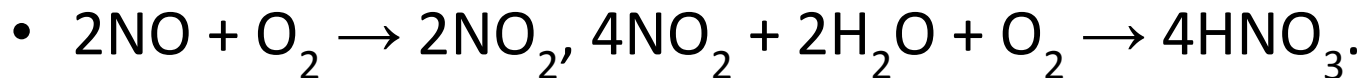
Механизм образования кислотных дождей следующий. В атмосфере SO_2 окисляется до SO_3 :



Получившаяся трехокись реагирует с водяным паром, образуя серную кислоту, которая далее присутствует в воздухе в виде тумана:



Оксиды азота окисляются в воздухе до диоксидов, которые, реагируя с водяными парами в тропосфере, образуют азотную кислоту:



Эти две кислоты (серная и азотная), а также их соли обуславливают выпадение кислотных дождей.

Нехватка кислорода (нарушение кислородного баланса)

Обусловлена:

- **сокращением его поступления из природных источников,**
- **неуклонным увеличением его потребления.**

Основные причины сокращения поступления кислорода в атмосферу – интенсивное загрязнение поверхностных вод Мирового океана и уменьшение общей площади лесных массивов. Установлено, что водная поверхность океана регенерирует около 50% атмосферного кислорода.

Увеличение потребления кислорода связано с ростом населения земного шара, а также с широким внедрением технологических процессов, в которых окислительные реакции осуществляются за счет атмосферного кислорода.

- Так, авиалайнер при трансатлантическом перелете сжигает около 100 т кислорода, в США автомобили потребляют кислорода в два раза больше, чем его регенерирует природа на всей их территории. На всю техногенную деятельность человечество тратит 30...40

Парниковый эффект

Суть **парникового эффекта** заключается в том, что парниковые газы хорошо пропускают солнечное излучение, достигающее до поверхности Земли и нагревающую ее, и заметно поглощают отраженное тепловое (длинноволновое). Часть этого поглощенного теплового излучения возвращается атмосферой к поверхности Земли.

Отмечены сильные региональные аномалии в виде засух или, наоборот, необычайно обильных осадков, наводнений и т.д.

Парниковые газы: **водяной пар, углекислый газ, метан и озон.**



Газ	Формула	Вклад (%)
Водяной пар	H ₂ O	36—72 %
Углекислый газ	CO ₂	9—26 %
Метан	CH ₄	4—9 %
Озон	O ₃	3—7 %
Закись азота	N ₂ O	

Последствия

- Последствием кислотных дождей является гибель флоры и фауны, водоемов и лесов. Подкисление верхних горизонтов почв и всего почвенного профиля влияет на урожайность и качество сельскохозяйственных культур.
- Нарушение кислородного баланса будет иметь глобальные последствия. Подсчитано, что при 5%-ном ежегодном приросте потребления свободного кислорода на технологические нужды через 100 лет его содержание в атмосфере может снизиться до критического для человека предела – до 17% (по массе). И тогда человечеству необходимо будет искать эффективные способы получения свободного кислорода из минералов земной коры.
- Расчеты показывают, что увеличение средней глобальной температуры даже на 1°C приведет к значительному изменению атмосферной циркуляции и условий увлажнения почвы. Главным последствием потепления будет подъем уровня Мирового океана, что вызовет затопление громадных прибрежных территорий, увеличение частоты и силы глобальных возмущений атмосферы.

Озоновый слой

Озоновый слой **поглощает коротковолновое ультрафиолетовое излучение** Солнца, сохраняя жизнь на Земле.

В общем случае, УФ-излучение – это электромагнитное излучение с длинами волн в диапазоне 1...400 нм. УФ-излучение подразделяют на три области:

- 1) УФ-А – с длиной волны 315...400 нм (длинноволновое);
- 2) УФ-В – 280...315 нм (средневолновое);
- 3) УФ-С – 1...280 нм (коротковолновое).

Длинноволновое излучение слабо влияет на организм человека.

Средневолновое сильно воздействует на кожный покров и обладает противорахитным действием (297 нм).

Коротковолновое оказывает отрицательное воздействие на тканевые белки и липоиды, сетчатку глаза, разрушает кровяные тельца, а также вызывает мутацию молекул ДНК.

- Защитные свойства озонового слоя определяются не только его толщиной, но и углом, под которым солнечная радиация падает на Землю. Из этого следует, что

Разрушение озонового слоя

На протяжении многих лет в озоновом слое наблюдаются локальные уменьшения содержания озона – озоновые дыры.

Можно выделить три важных **условия формирования озоновой дыры**:

- 1) высокие концентрации хлорных соединений;
- 2) низкие температуры в стратосфере;
- 3) наличие аэрозольных облаков.

Основная причина разрушения озонового слоя – попадание в него **хлора, фтора и оксидов азота**, которые содержатся в основном в промышленных выбросах и выбросах автомобилей.

Следствием разрушения озонового слоя является повышение вероятности заболевания человека раком кожи.

В 1987 г. 34 страны подписали Монреальский протокол об ограничениях производства хлорированных и фторированных углеводородов (в настоящее время идет широкая дискуссия об обоснованности и эффективности этих мер). Другим направлением явилось бы создание систем генерации озона в атмосфере, что