

### Практическое занятие № 3

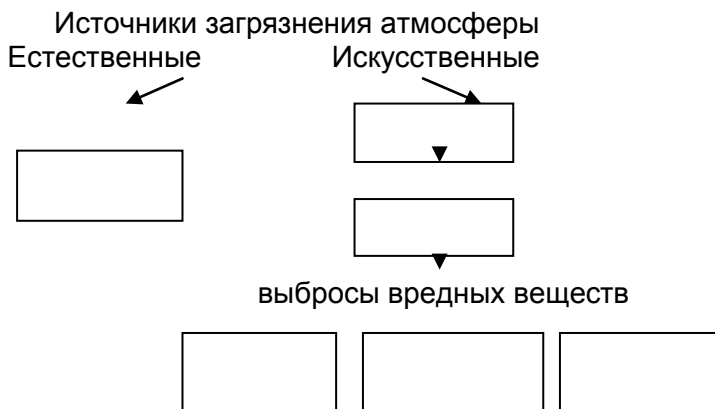
#### Антропогенное воздействие на атмосферу

**Цель:** Изучить источники, последствия загрязнений и нарушения газового баланса атмосферы, меры по охране атмосферного воздуха.

**Задание:**

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.

Дополнить схему



2. Заполнить таблицу.

Загрязнители воздуха, источники	Последствия загрязнения	Меры по охране атмосферного воздуха от загрязнений
Парниковый эффект. Глобальное потепление		
Разрушение озонового слоя		
Кислотные дожди		
Смог		

3. Сделать выводы.

4. Составьте 3 контрольных вопроса.

Постоянство состава воздуха – важнейшее условие существования человечества. Поэтому любые изменения его состава рассматриваются как загрязнение.

В норме атмосферный воздух содержит следующие компоненты:

азот – 78 %, кислород – 20 %, аргон – 0,9 %, углекислый газ – 0,03 %, озон – менее 0,001 %.

Соотношение между основными компонентами воздуха в процессе развития цивилизации существенно не изменилось, однако в период промышленной и научно-технической революций увеличился объем выбросов в атмосферу газов и аэрозолей техногенного происхождения.

Масштабы загрязнения весьма значительны: выброс углекислого газа составляет 20 млрд. т/год (приблизительно 0,7 % углекислого газа, содержащегося в атмосфере);

выброс двуокиси серы – 200 млн т/год (более чем в 2 раза превышает естественное поступление в атмосферу серы в форме газообразных соединений); выброс фреонов – 1 млн т/год; выброс свинца – 0,4 млн т/год (более чем на 2 порядка превышает поступление из естественных источников). За последние 100 лет выбросы углекислого газа в атмосферу возросли в 30 раз, свинца – в 20 раз, двуокиси серы – в 15 раз.

Источники загрязнения атмосферы могут быть естественные (извержение вулканов, лесные пожары, разложение живых организмов) и искусственные (промышленность, транспорт, ЖКХ). В последние десятилетия антропогенные факторы загрязнения воздуха стали значительно превышать по масштабам естественные. Например, техногенное поступление в окружающую среду широко используемых в производстве и быту химических соединений (более 100 тыс. из 3 млн известных) в 10–100 раз превышает их естественное поступление при вулканизации и выветривании горных пород. Если все вулканы Земли ежегодно выбрасывают на поверхность около 3 млрд. т вещества, то человек извлекает из земных недр более 120 млрд. т различных руд, горючих ископаемых, строительных материалов.

Основными источниками загрязнений атмосферы являются энергетика, автомобильный и авиационный транспорт, предприятия черной и цветной металлургии, химической и нефтехимической промышленности. Причем значимость тех или иных источников загрязнения воздуха на разных территориях меняется в зависимости от уровня научно-технического прогресса, стратегии взаимодействия техники и природы, уровня благоустройства населенных мест и многих других социально-экономических факторов.

Основными ингредиентами загрязнения атмосферы являются оксиды углерода, азота и серы, фенолы, формальдегид, углеводороды и взвешенные частицы (пыль).

По агрегатному состоянию выбросы вредных веществ в атмосферу классифицируются: на *газообразные* (диоксид серы, оксиды азота, оксид углерода), *жидкие* (кислоты, щелочи, растворы солей) и *твердые* (канцерогенные вещества, свинец и его соединения, органическая и неорганическая пыль, сажа, смолистые вещества).

- Загрязняющие вещества, выброшенные в атмосферу могут:
- оседать под действием силы тяжести;
- физически захватываться оседающими частицами (туманами и осадками) и поступать в лито- и гидросферу;
- включаться в биосферный круговорот соответствующих веществ (углекислый газ, пары воды, оксиды серы и азота);
- изменять свое агрегатное состояние (конденсироваться, испаряться, кристаллизоваться, вступать в химические реакции с другими загрязнителями);
- находиться в атмосфере относительно длительное время, переносясь воздушными потоками в разные географические области планеты до тех пор, пока не создадутся условия для их физической или химической трансформации (например, фреоны).

Наличие предприятий, выделяющих вредные выбросы, даже при высокой эффективности очистных установок, нейтрализующих до 95% загрязняющих веществ, существенно влияет на состояние атмосферного воздуха населенных мест. Так, в сельской местности загрязненность атмосферы в 10 раз, а в промышленных городах — в 150 раз выше, чем над океаном.

#### **Последствия загрязнения воздуха**

Загрязнение воздуха имеет многообразные вредные последствия. Воздействия его могут быть различны в зависимости от вида загрязнителя, концентрации его в воздухе, длительности и периодичности воздействия.

Неблагоприятное действие веществ, обладающих токсичными свойствами, при проникновении в организм человека может проявляться в виде острых или хронических отравлений и другого рода заболеваний. Кроме того, вещества с генетической активностью могут оказаться причиной врожденных уродств и дефектов развития.

Загрязнение атмосферы снижает продуктивность и плодовитость домашних и диких животных, птиц. Выпадая на почву и в водоемы, вредные примеси, загрязняя атмосферу, ведут к уничтожению растительности. Под действием атмосферного загрязнения происходит разрушение зданий и сооружений, памятников истории, архитектуры, культуры и искусства. Во многих промышленно развитых странах экономический ущерб от загрязнения окружающей среды составляет 3–5 % валового национального продукта. Так, например, в США годовой материальный ущерб, обусловленный загрязнением атмосферы городов, оценивается в 24 млрд долларов.

Загрязнение атмосферного воздуха, кроме локальных эффектов, является причиной последствий глобального масштаба.

Кислотные дожди, глобальное потепление, нарушение озонового слоя Земли вызваны загрязнением атмосферного воздуха.

#### **Парниковый эффект, глобальное потепление**

Так наиболее известным газом, содержание которого в атмосфере резко изменялось за последние 150 лет, является диоксид углерода, он же углекислый газ, относящийся к парниковым газам, то есть газам, создающим в атмосфере условия, задерживающие инфракрасные лучи, в результате чего нагреваются поверхность Земли и нижний слой атмосферы. Количество диоксида углерода в атмосфере при современных темпах потребления ископаемого топлива удваивается каждые 23 года, что может привести к потеплению климата на 1 °C к 2025 году и на 3 °C к концу следующего столетия.

Другим газом в составе атмосферы, влияющим на парниковый эффект на нашей планете, является метан. Основной природной причиной образования метана является деятельность ряда бактерий, разлагающих углеводы на метан. Это происходит, прежде всего, на болотах и в пищеварительном тракте животных. Антропогенное образование метана происходит в кучах компоста, на свалках, рисовых полях (везде, где вода и грязь изолируют останки растений от доступа воздуха), а также при добыче ископаемого топлива.

Помимо диоксида углерода и метана, к парниковым газам относятся фреоны, оксид азота, озон, а также пары воды. Все эти соединения присутствовали в атмосфере почти весь период её существования, но в крайне незначительном количестве. Резкий же рост их концентрации в атмосфере отмечается в последние сто лет.

Основные парниковые газы  
и доля их влияния на глобальное потепление на Земле

Газ	Современный уровень среднегодового прироста концентрации, %	Доля влияния на глобальное потепление, %
Диоксид углерода (CO <sub>2</sub> )	0,5	55
Хлорфторуглероды (фреоны)	4	24
Метан (CH <sub>4</sub> )	0,9	15
Гемииоксид азота (N <sub>2</sub> O)	0,8	6

На межправительственной мадридской конференции в 1995 году ООН провозгласила глобальное потепление научным фактом. Обеспокоенность мирового сообщества данной проблемой привела к разработке и принятию международной Конвенции по изменению климата. В декабре 1997 г. в Киото (Япония) на конференции был подписан Протокол к Конвенции, установивший для государств – участников количественные обязательства по сокращению выбросов диоксида углерода. Так, члены Европейского союза и Швейцария должны к 2012 годам снизить выбросы на 8 %, США – на 7 %, Япония – на 6 % относительно базового 1990 г.

Протокол предусматривает систему квот на выбросы тепличных газов. Поэтому переговоры по вопросу сокращения идут очень сложно. Такие страны, как Индия и Китай, вносящие значительный вклад в загрязнение атмосферы тепличными газами, не подписали соглашение. Джордж Буш отказался подписать Киотский протокол, при том что США выбрасывают углекислого газа в атмосферу втрое больше, чем все страны Западной Европы.

Основным препятствием на пути международного взаимодействия по вопросу предотвращения «парникового эффекта» является научная неопределенность. Поскольку многие видные ученые, например академик А.П. Капица, настаивают на том, что никакого потепления нет, а на самом деле продолжается длительный ледниковый период и на него накладываются более короткие климатические циклы потепления. Кроме того, подписание Киотского протокола влечет за собой серьезные экономические последствия – сворачивание загрязняющих производств и дорогостоящую модификацию очистных технологий.

Тем не менее, факт остается фактом – за последние сто лет среднегодовая температура поднялась более чем на полградуса. В докладе ООН под названием «Климатические изменения 2001: последствия, адаптация и уязвимость» предсказывается, что в течение нынешнего столетия средняя глобальная температура повысится на 5,8°C.

#### Разрушение озонового слоя

В последние десятилетия большое внимание ученых привлекают пространства в озоносфере с пониженным содержанием озона. Это явление представляет собой сложную экологическую проблему, заключающуюся в истощении озонового слоя Земли. Известно, что озоновый слой находится на высоте от 10 до 50 км и защищает земную поверхность от солнечного излучения высокой энергии (УФ-лучей), избыток которой губителен для живых существ.

Общее количество озона в атмосфере невелико, тем не менее, это один из наиболее важных её компонентов. Благодаря озону ультрафиолетовая солнечная радиация в слое между 15 и 40 км над земной поверхностью ослабляется примерно в 7 000 раз.

Уменьшение «толщины» озонового слоя приводит к увеличению количества ультрафиолетового излучения, достигающего поверхности Земли, и нарушению теплового баланса планеты. Избыток ультрафиолета губителен для живых существ. Так, например, установлено, что увеличение дозы ультрафиолетового излучения на 1 % приводит к увеличению раковых заболеваний на 2 %. Кроме того, уменьшение содержания в атмосфере озона и увеличение УФ-излучения может быть причиной катаракты глаз, ослабления иммунной системы человека, понижения эффективности вакцинации против инфекционных заболеваний.

Одной из главных причин истощения озонового слоя Земли является загрязнение атмосферы за счет выбросов в нее фреонов, которые широко применяются в быту в качестве хладагентов, пенообразователей и растворителей в аэрозольных упаковках. Эти газообразные вещества поднимаются, не разлагаясь, до высоты озонового слоя, где они подвергаются фотохимическому разложению с образованием окиси хлора, интенсивно разрушающей озон. Помимо фреонов, серьезным катализатором разложения озона являются оксиды азота. Продукты неполного сгорания органического топлива сверхзвуковых самолетов и космических аппаратов также

разрушают озоновый слой. За счет них разрушается до 10 % озонового слоя атмосферы. Только один запуск космического корабля «Шаттл» приводит к разрушению примерно 10 млн т озона.

### Кислотные дожди

Широко известный ныне термин «кислотные дожди» появился в 1872 г., его ввел в практику английский инженер Роберт Смит, опубликовавший книгу «Воздух и дождь: начала химической климатологии». Наиболее глубоко научными исследованиями кислотных дождей стали заниматься только в конце 60-х годов XX века.

Известно, что при нормальном природном составе воздуха обычная дождевая вода имеет слабокислую реакцию ( $\text{pH} = 5,5 \dots 5,6$ ). Подкисленные атмосферные осадки ( $\text{pH}$  ниже 5,5) возникают из-за повышенного содержания в воздухе в первую очередь оксидов серы и оксидов азота, которые, взаимодействуя с парами воды, образуют соляную, азотную и серную кислоты. Известен также «синдром кислотных частиц», при котором наблюдается оседание твёрдых частиц сульфатов или нитратов в отсутствие влаги с дальнейшим их растворением в воде с образованием кислот.

В результате попадания кислотных дождей (или снега, тумана, града) в поверхностный слой почвы и водоемы развивается подкисление, что приводит к деградации экосистем, гибели отдельных видов рыб и других водных организмов, сказывается на плодородии почв, снижении прироста лесов и их усыхании. Так, проведенные в Европе исследования показывают, что в последние 10 лет скорость роста многих вечнозеленых растений замедлилась на 20–30 %.

Ярким примером негативного воздействия кислотных осадков на природные экосистемы является закисление озер. Особенно интенсивно оно происходит в Канаде, Швеции и на юге Финляндии. Объясняется это тем, что значительная часть выбросов серы в таких промышленно развитых странах выпадает именно на их территории, а коренные породы, слагающие ложе озер в этих странах, обычно представлены гранитами, не способными нейтрализовать кислотные осадки, в отличие, например, от известняков, которые создают щелочную среду и препятствуют закислению. В итоге, только в Канаде из-за частых кислотных дождей уже стали мертвыми 4000 озер.

Кислотные осадки ускоряют процессы коррозии металлов и разрушения зданий. Установлено, что в промышленных районах сталь ржавеет в 20 раз, а алюминий разрушается в 100 раз быстрее, чем в сельских районах.

Другой пример неблагоприятного воздействия кислотных дождей может проявиться в том, что при заборе питьевой воды с повышенной кислотностью токсические материалы из труб могут растворяться в ней и неблагоприятно воздействовать на организм человека.

### Смог

Еще одним серьезным следствием антропогенного загрязнения атмосферного воздуха является смог, представляющий собой ядовитую смесь дыма, тумана и пыли, вызывающую тяжелые последствия в организме живых существ.

Различают два типа смога: зимний смог (лондонский тип) и летний (лос-анжелесский тип).

1) Лондонский тип смога возникает зимой в крупных промышленных городах при неблагоприятных погодных условиях, таких как отсутствие ветра и температурная инверсия. Температурная инверсия проявляется в повышении температуры воздуха в интервале 300–400 м от поверхности земли вместо обычного понижения. В результате циркуляция атмосферного воздуха нарушается – дым и загрязняющие вещества не могут подняться вверх и не рассеиваются.

Концентрации оксидов серы, взвешенной пыли, оксида углерода достигают опасных для здоровья человека уровней, приводят к расстройству кровообращения, дыхания, а нередко и к смерти.

5 декабря 1952 г. почти над всей Англией возникла и сохранялась несколько дней подряд зона высокого давления и безветрия, сопровождавшаяся частым для этих мест густым туманом. В результате в воздухе возникла температурная инверсия. Смертность в Лондоне резко возросла в первый же день катастрофы, а по прошествии тумана она снизилась до обычного уровня. Было установлено, что прежде других умирали горожане старше 50 лет, люди, страдающие заболеваниями лёгких и сердца, а также дети в возрасте до одного года.

Английские специалисты зафиксировали, что концентрация диоксида серы в те дни достигала значений выше  $10 \text{ мг/м}^3$ , при предельно допустимой концентрации этого вещества в воздухе населённых мест  $0,5 \text{ мг/м}^3$ .

2) Лос-анжелесский тип смога, или фотохимический смог, не менее опасен, чем лондонский. Возникает он летом при интенсивном воздействии солнечной радиации на воздух, перенасыщенный выхлопными газами автомобилей.

Впервые он был зафиксирован в 1944 г. в Лос-Анджелесе, когда в результате большого скопления автомобилей была парализована жизнь всего города.

В результате фотохимических реакций образуются соединения, например органические перекиси и нитриты, сильно раздражающие слизистые оболочки дыхательных путей и глаз и, вызывающие

увядание и гибель растений. Смог Лос-Анджелесского типа усиливает коррозию металлов, разрушение строительных конструкций, резины и других материалов.

По официальным данным, например, в Афинах в дни образования фотохимического смога смертность в шесть раз выше, чем в дни относительно чистой атмосферы. В некоторых наших городах (Кемерово, Новокузнецк, Медногорск), особенно в тех, которые расположены в низинах, в связи с ростом числа автомобилей вероятность образования фотохимического смога в яркие солнечные дни резко увеличивается.

## **МЕРЫ ПО ОХРАНЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ**

Основными путями снижения и полной ликвидации атмосферных загрязнений служат: разработка и внедрение очистных сооружений, безотходной технологии производства, борьба с выхлопными газами автомобилей, озеленение.

**Очистные сооружения.** В настоящее время очистные сооружения являются основным средством борьбы с промышленными загрязнениями атмосферы. Очистка выбросов в атмосферу осуществляется путем пропускания их через различные фильтры (механические, электрические, магнитные, звуковые и др.), воду и химически активные жидкости. Все они предназначены для улавливания пыли, паров и газов.

Эффективность очистных сооружений различна и зависит как от физико-химических свойств загрязнений, так и от совершенства применяемых методов и аппаратов. При методах грубой очистки устраняется от 70 до 84 % загрязнителей, средней очистки—до 95—98 и тонкой — 99 % и выше.

**Безотходная технология производства.** Решить проблему охраны атмосферы от промышленных загрязнений только с помощью очистных сооружений невозможно, поскольку не все загрязнители ими улавливаются. Полностью решить эту проблему можно только при перестройке технологии действующих и вновь строящихся предприятий на безотходное производство. Последнее решает одновременно две задачи:

социальную — сохранение необходимой для людей чистоты воздуха и экономическую — утилизация и возвращение в производство значительных количеств ценных продуктов, сырья и материалов.

**Защита воздуха от выхлопных газов автомобилей.** В настоящее время как у нас, так и за рубежом ведутся исследования и разработки по снижению и полной ликвидации загрязнений от выхлопных газов автомобилей. В качестве частных решений этой проблемы можно указать на установку фильтров и дожигających устройств, замену содержащих свинец добавок, четкую организацию движения, исключающую частую смену режима работы двигателей (когда резко увеличивается выброс загрязнителей) и т. д. Однако кардинально решить этот вопрос можно лишь путем замены двигателей внутреннего сгорания.

Среди многих предлагаемых вариантов наиболее перспективным считается электромобиль. Он выпускается уже многими автомобильными компаниями за рубежом и в нашей стране. Но пока он не совершенен из-за низкой скорости и необходимости частой зарядки и не может конкурировать с существующими моделями автомобилей. Однако в дальнейшем усовершенствованные электромобили постепенно вытеснят работающий на бензине транспорт со многих городских маршрутов, заменят такси и автомобили индивидуального пользования.

Для уменьшения токсических веществ в выхлопных газах автомобилей в некоторых странах переходят к замене бензина другими видами горючего, например смесью различных спиртов. Перспективно с точки зрения охраны атмосферы использовать газобаллонные автомобили, в выхлопных газах которых содержится 0,1 % ядовитых веществ при норме до 2 %. При загрузке 300л сжиженного природного газа автомобиль может проезжать 50 км. Быстрому внедрению в практику газобаллонных автомобилей способствует то, что газ в два с лишним раза дешевле бензина.

**Озеленение** городов и промышленных центров имеет важное значение в борьбе с загрязнениями атмосферы. Прежде всего зеленые растения за счет фотосинтеза освобождают воздух от диоксида углерода и обогащают его кислородом. На деревьях и кустах оседает до 72 % взвешенных в воздухе частиц пыли и до 60% диоксида серы. Поэтому в парках, скверах и садах пыли в десятки раз меньше, чем на открытых улицах и площадях. Многие виды деревьев и кустарников выделяют фитонциды, убивающие бактерии. Зеленые насаждения в значительной мере регулируют микроклимат города, смягчают городской шум, приносящий огромный вред здоровью людей.