

## Загрязнение атмосферы.

Загрязнение атмосферы.....	1
Рабочая программа.....	1
Общая характеристика структуры и состава атмосферы.....	1
Защитные функции атмосферы.....	2
Комбинированное воздействие загрязненного воздуха на людей, растения и материалы.....	2
Основные загрязнители воздушной среды.....	3
Нормирование загрязнений и регламентация условий выбросов загрязняющих веществ.....	4
Влияние на здоровье людей.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Проблема разрушения озонового слоя.....	6
Смог.....	7
Кислотные осадки.....	8
Парниковый эффект.....	8
Вопросы для самоконтроля.....	9
Литература.....	11
Краткий конспект лекции.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Основные загрязнители воздушной среды.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Нормирование загрязнений и регламентация условий выбросов загрязняющих веществ.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Проблема разрушения озонового слоя.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Смог.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Кислотные осадки.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Парниковый эффект.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

### **Рабочая программа**

Атмосфера: состав, стратификация, динамика. Источники и виды загрязнения атмосферы. Общие подходы к снижению и предотвращению загрязнения атмосферы. Очистка пылегазовых выбросов (примеры технологий и устройств).

Антропогенные эффекты, связанные с загрязнением атмосферы: разрушение озонового слоя, повышение температуры, кислотные дожди, смог. Химия стратосферного озона. Разрушение озонового слоя: причины, последствия, пути предотвращения. Радиационный баланс Земли: естественная и антропогенная составляющие. Парниковый эффект: сущность, причины, последствия и мероприятия по их предотвращению. Кислотные дожди: причины, влияние на биоту и экосистемы, стратегия борьбы с кислотными осадками. Смог: понятие, виды, наиболее ядовитые компоненты, условия существования.

### **Общая характеристика структуры и состава атмосферы.**

Жизнь на Земле возможна до тех пор, пока существует атмосфера - газовая оболочка, защищающая живые организмы от вредного воздействия космических лучей и температуры.

Масса воздуха в атмосфере достигает  $5.15 \cdot 10^6$  т. Основная часть его (до 80%) находится в нижнем, приземном слое – тропосфере. Толщина тропосферы в среднем 11-12 км: 8-10 км над полюсами и 16-18 км над экватором. При удалении от поверхности Земли в атмосфере происходит понижение температуры на  $6^{\circ}\text{C}$  на каждый километр. На высоте 18-20 км плавное уменьшение температуры прекращается, она остается почти постоянной:  $-50-60^{\circ}\text{C}$ . Этот участок называется тропопаузой.

Следующий слой – стратосфера - занимает 20-50 км от земной поверхности. В ней сосредоточена остальная часть воздуха. Здесь температура повышается при удалении от поверхности Земли на  $1-2^{\circ}\text{C}$  на каждый километр и в стратопаузе на высоте 50-55 км доходит до  $0^{\circ}\text{C}$ .

Далее идет слой мезосферы, расположенный на высоте 55-80 км. При удалении от Земли температура в нем понижается на 2-3 градуса на 1 км, и на высоте 80 км, в мезопаузе, она достигает -70;-90<sup>0</sup>С.

Слои термосферы (80-1000 км) и экзосферы (1000-2000 км) - наиболее разряженные части атмосферы.

Здесь встречаются лишь отдельные молекулы, атомы и ионы газов. Следы газов обнаружены до высоты 10-20 тыс. км.

Толщина воздушной оболочки Земли сравнительно невелика: при сопоставлении с космическими расстояниями: она составляет 1/4 радиуса Земли и 0.00001 расстояния от Земли до Солнца. Плотность атмосферы на уровне моря 0.001 г/см, в 1000 раз меньше плотности воды.

### ***Защитные функции атмосферы***

Атмосфера защищает Землю от многочисленных метеоритов. Ежедневно в атмосферу падает около 200 млн. метеоритов, доступных для наблюдений невооруженным глазом, но они сгорают в атмосфере. Это приводит к увеличению массы Земли на 1000 т в год.

Атмосфера является теплоизоляционным фильтром Земли. Без атмосферы перепад температуры в сутки достигал бы 200<sup>0</sup>С.

На верхние слои атмосферы обрушивается поток космических лучей: гамма-, рентгеновские, УФ-, видимые, ИК-. Если бы все они достигали земной поверхности, жизнь была бы уничтожена в течение минуты, однако благодаря атмосфере этого не случается. Озоновый экран – слой атмосферы с наибольшей концентрацией озона (20-25км от поверхности Земли) поглощает УФ-лучи с длиной волны 200 - 320 нм, поэтому до земной поверхности доходят УФ-лучи, полезные для высших животных и человека, но губительные для микроорганизмов.

### ***Комбинированное воздействие загрязненного воздуха на людей, растения и материалы.***

Загрязнение воздуха – это привнесение в атмосферу или возникновение в ней новых, чуждых ей химических соединений, биологических систем, а также физических воздействий. Очень важно сознавать, что загрязнение атмосферы - это не одна, а множество примесей к основным компонентам воздуха. Более того, количество каждого конкретного загрязнителя сильно варьирует в зависимости от расстояния до источника загрязнения, направления ветра, погодных условий, состава и концентрации смеси, воздействию которой организм подвергается. Количества меняются изо дня в день, каждый час и от места к месту. Это означает, что последствия, наблюдаемые нами, практически никогда не вызываются единственным загрязнителем. Все они - результат комбинированного воздействия целой смеси загрязнителей.

Например, как растения, так и животные могут испытывать при загрязнении стресс, в результате чего становятся более уязвимыми для других факторов среды, скажем, для засухи или паразитов. При такой ситуации очень сложно определить, какой именно загрязнитель вызывает

наблюдаемый эффект. Информации относительно воздействия каждого из загрязняющих веществ также мало. Однако можно сделать общие выводы.

Возможны три основных типа комбинированного действия химических веществ на живые организмы:

синергизм, когда одно вещество усиливает действие другого, т.е. воздействие суммы загрязнителей значительно больше, чем сумма воздействий отдельных веществ А и В:

$$(A+B) > (A)+(B)$$

суммация (аддитивное действие), когда воздействие веществ суммируется:

$$(A+B) = (A)+(B)$$

антагонизм, когда действие одного вещества ослабляет действие другого:

$$(A+B) < (A)+(B)$$

### Основные загрязнители воздушной среды:

В качестве наиболее распространенных и опасных были выделены 8 категорий загрязнителей (по Б.Небелу).

Виды загрязнителей	Основные источники загрязнения	Возможное влияние на состояние атмосферы
Взвеси (крошечные частицы и капли, находящиеся во взвешенном состоянии). Мы наблюдаем их в виде дымки или смога. Взвеси могут легко переносить другие загрязнители, прилипшие к ним.	Разработка полезных ископаемых, вспашка почвы, металлургические производства.	Изменение климата, состояния озонового слоя, создание смога.
Углеводороды (УВ) и другие летучие органические соединения	Химическая, нефтехимическая промышленность, сжигание топлива, выбросы транспорта, курение	Нарушение теплообмена атмосферы с гидросферой, изменение климата, состояния озонового слоя, усиление парникового эффекта
Угарный газ ( $CO$ )	Сжигание топлива, транспорт	Нарушение теплового баланса верхних слоев атмосферы, изменение климата
Оксиды азота ( $N_xO_y$ )	Сжигание топлива, авиация, транспорт, минеральные удобрения	Образование кислотных осадков, изменение состояния озонового слоя, создание смога.
Оксид серы ( $SO_2$ )	Сжигание топлива, металлургические производства	Изменение климата, кислотные осадки.
Озон ( $O_3$ ) в приземном слое и другие фотохимические окислители	Фотохимические реакции в атмосфере	Изменение климата, сильное влияние на здоровье человека
Тяжелые металлы (Hg, Cd, Zn, Cu и др.)	Транспорт, металлургия	Сильное влияние на живые организмы

Радиация	естественная и искусственная (медицина, энергетика)	ядерная	Злокачественные образования и генетические мутации
----------	---	---------	--

### Источники загрязнения атмосферы.

Классификацию источников загрязняющих веществ следует производить в соответствии с ГОСТ 27593-88, при этом различаются:

– **промышленные** источники загрязнения, т. е. предприятия промышленности и энергетики, вследствие функционирования которых происходят выбросы в атмосферу, сбросы в водоемы и захоронение загрязняющих веществ; *В общем объеме выбросов загрязняющих веществ доля первых пяти отраслей (энергетика, цветная, черная металлургия, нефтедобыча и нефтепереработка) возросла с 71,7% в 1991 году до 79,2% в 1999 году.*

*В валовом объеме выброса от стационарных источников загрязнения доля предприятий энергетики в Ростовской области составляет 65,8%, к тому же в структуре выбросов высока доля оксидов серы из-за использования высокосернистых углей.*

– **транспортные** источники загрязнения, связанные с функционированием транспортных средств и объектов, например, загрязнение почвенных покровов и поверхности растений опасными веществами за счет эксплуатации автотранспорта (выхлопные газы, протечки горючего и смазки, стирание колес и дорожного покрытия), из-за потерь перевозимых грузов и т. д.; *Автомобиль выбрасывает в атмосферу более 200 видов токсичных веществ, среди которых ПАУ, соединения ТМ. При стирании тормозных колодок в воздух и почвы попадают медь, ванадий, цинк, молибден, никель и хром, а при стирании автомобильных шин – кадмий, свинец, цинк, молибден.*

– **сельскохозяйственные** источники загрязнения, возникающие в процессе сельскохозяйственного производства, например, применение минеральных удобрений, обработка полей и сельскохозяйственных угодий пестицидами и гербицидами и т. д.;

– **хозяйственно-бытовые** источники, связанные с бытовыми условиями и жизнедеятельностью отдельно взятых людей и с функционированием созданной для них искусственной среды обитания;

– специфические **военные** источники загрязнения, например, испытание и применение различных видов оружия как на полигонах, так и в условиях полевых действий.

Каждый из перечисленных источников загрязняет окружающую среду как в условиях нормальной эксплуатации, так и при авариях и катастрофах.

### Общие подходы к снижению и предотвращению загрязнения атмосферы. Очистка пылегазовых выбросов (примеры технологий и устройств).

Главные источники основных загрязнителей воздуха: трубы промышленных предприятий; печи, сжигающие отходы; двигатели транспортных средств; угольные электростанции.

### **Нормирование загрязнений и регламентация условий выбросов загрязняющих веществ**

ПДК<sub>в</sub> – предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе. ПДК<sub>м.р.</sub> – характеризует разовое, единовременное воздействие на организм человека, к которому он более устойчив в допустимых пределах, чем к хроническому, т.к. после снятия воздействия организму дается время для самовосстановления. ПДК рабочей зоны – рассчитывается на относительно здоровую (работоспособную) часть населения, воздействие на которую происходит в определенные часы работы, исключая детей, стариков, инвалидов, как более уязвимую группу населения. Содержание загрязняющих веществ, ниже которого болезненные реакции не наблюдаются, называется пороговым уровнем.

При больших количествах загрязнителя проявляются последствия для здоровья. Они зависят как от концентрации вещества, так и от длительности его воздействия (экспозиции).

Уровень загрязнения воздуха определяется тремя факторами:

- 1) поступление загрязнителей в воздух (величина выброса);
- 2) объем пространства, в котором они рассеиваются (высота выброса, направление и скорость ветра, разность  $t^0$ , влажность воздуха);
- 3) удаление загрязнителей из воздуха (расстояние до источника выброса).

Когда загрязнители смешиваются с достаточно большими объемами воздуха, их концентрация понижается вплоть до порогового уровня. В дальнейшем почвенные микроорганизмы или другие природные процессы могут поглотить и ассимилировать загрязняющие вещества, полностью устранив их из среды. К сожалению, современная цивилизация производит такие количества и такие типы загрязненных веществ, что мнение «природа сама справится с загрязнением» не выдерживает критики.

В 1996 г. средние за год концентрации загрязняющих веществ превышали установленные санитарно-гигиенические нормы ПДК в воздухе 205 городов России (44% населения страны). Случаи превышения ПДК загрязняющих веществ в 10 раз отмечались в 70 городах.

Число городов с высоким уровнем загрязнения воздуха (индекс загрязнения более 14) – 44 города. К ним относятся такие крупные города и промышленные центры, как Москва, Екатеринбург, Красноярск, Магнитогорск, Новосибирск, Челябинск, Кемерово.

Мониторинг трансграничного переноса загрязняющих веществ в атмосфере показал, что загрязнение территории России свинцом и кадмием другими странами больше, чем наши собственные выбросы. «Импорт» этих металлов в Россию из Польши, Германии и Швеции превышает «экспорт» в них из России более чем в 10 раз. «Импорт» свинца из Украины, Белоруссии и Латвии превышает его «экспорт» из России в эти страны в 5-7 раз, а кадмия из этих стран и Финляндии – в 7-8 раз.

Выпадения свинца и кадмия от зарубежных источников составляют около 30% суммарного загрязнения этими металлами европейской территории России, однако в западных регионах России эта доля значительно больше. Таким образом, трансграничный перенос существенно загрязняет территорию РФ свинцом и кадмием.

Большую опасность для организма представляют ксенобиотики - чуждые организму химические вещества. Например, установлена высокая чувствительность мужских половых желез к бензолу, хлорорганическим соединениям, марганцу, свинцу.

Ксенобиотики способны оказывать эмбриотропное действие, которое может проявляться в гибели плода, уродствах, выкидышах.

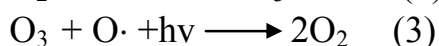
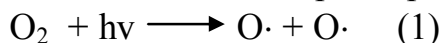
Химические вещества могут быть мутагенами, вызывающими изменение наследственных свойств у потомства, если мутация захватывает половые клетки. Известны следующие мутагены:

- естественные природные вещества (нитраты, тяжелые металлы, алкалоиды, гормоны);
- переработанные природой соединения (продукты переработки нефти, сгорания угля);
- химические вещества, не встречающиеся в природе (пестициды, нитрозамины)

### **Проблема разрушения озонового слоя**

Область спектра с длиной волны 200-400 нм называют биологически активным ультрафиолетом. Один джоуль его вызывает в человеческом организме более сильные изменения, чем джоуль жесткого излучения (рентгеновского,  $\gamma$ -лучей и т.д.), разрушая молекулы белков и ДНК. В случае истощения озонового слоя, защищающего нас от УФ, человечеству грозит резкий рост заболеваемости раком кожи и глазами болезнями, приводящими к слепоте.

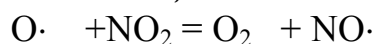
Химия стратосферного озона еще полностью не изучена, однако доказано, что количество озона в стратосфере не статично - оно представляет собой результат равновесия между двумя реакциями: под воздействием УФ-лучей некоторые молекулы кислорода распадаются на свободные атомы (1), которые могут присоединяться к молекулам  $O_2$  с образованием озона (2), однако весь кислород не превращается в озон, т.к. свободные атомы кислорода реагируют с  $O_3$  и вновь образуют кислород (3).

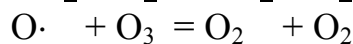
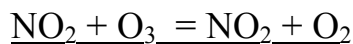


Интенсивность природных реакций синтеза и разложения озона одинакова, что и позволяет поддерживать плотность стратосферного озона в относительной неизменности. Однако в последнее время загрязнение атмосферы ведет к понижению концентрации  $O_3$ . Выделяют три цикла разрушения озона:

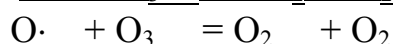
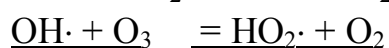
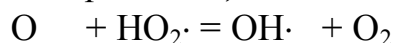
- азотный (источниками атомов свободного азота служат его оксиды);
- хлорный ( атомы хлора высвобождаются из ХФУ(фреонов) при низких температурах);
- водородный.

*Азотный цикл*

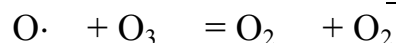
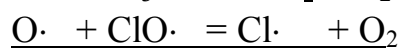
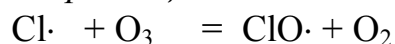




*Водородный цикл*



*Хлорный цикл*



Атомы Н, Cl, N - катализаторы реакции разложения  $\text{O}_3$ . Следовательно, попадание в верхние слои атмосферы  $\text{NO}_2$ ,  $\text{HO}_2\cdot$  и  $\text{Cl}\cdot$  может длительное время влиять на баланс озона.

Озоновая «дыра» - значительное пространство в озоносфере планеты с заметно пониженным (до 50%) содержанием озона. Такая «дыра» впервые была обнаружена в 1985 году в озоновом экране над Южным полюсом.

### **Смог**

Смог (англ. smoke – дым, fog – густой туман) - видимое загрязнение воздуха любого характера. Смог возникает при определенных условиях: большом количестве пыли и газов в воздухе и длительном существовании антициклонных условий погоды (областей с высоким атмосферным давлением), когда загрязнители скапливаются в приземном слое атмосферы. Смог вызывает удушье, приступы астмы, аллергические реакции, раздражение глаз, повреждение растительности, зданий и сооружений.

Выделяют три типа смога: ледяной (аляскинского типа); влажный (лондонского типа); сухой, или фотохимический (лос-анжелесского типа).

Наиболее изучен влажный смог. Он обычен для мест с высокой относительной влажностью воздуха и частыми туманами. Это способствует смешиванию загрязняющих веществ, их взаимодействию в химических реакциях. Главными токсичными компонентами его являются чаще всего  $\text{CO}_2$  и  $\text{SO}_2$ . Печально знаменит случай, когда в 1952 году влажный смог в Лондоне унес более 4 тысяч жизней.

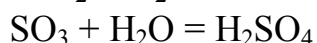
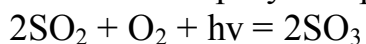
Фотохимический смог - вторичное загрязнение воздуха, возникающее в процессе разложения загрязняющих веществ солнечными лучами. Главный ядовитый компонент - озон.

Ледяной смог возникает при очень низких температурах и антициклоне. В этом случае выбросы даже небольшого количества загрязняющих веществ приводят к возникновению густого тумана, состоящего из мельчайших кристалликов льда и, например, серной кислоты.

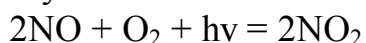
### **Кислотные осадки**

Основные антропогенные источники образования кислотных дождей – соединения серы и азота, образующиеся большей частью при переработке ископаемых.

Сера содержится в таких ископаемых, как уголь, нефть, железные и медные руды; одни из них используют как топливо, другие перерабатывают на предприятиях химической и металлургической промышленности. При переработке, например, при обжиге руд, сера переходит в химические соединения, чаще всего в сернистый газ. Газ частично улавливается очистными сооружениями, но основная масса выбрасывается в атмосферу. Соединяясь с парами воды, предварительно окисленный кислородом воздуха сернистый газ образует серную кислоту:



Азот также содержится в угле и нефти. При их сжигании азот попадает в воздух главным образом в виде оксида азота (II), который в присутствии кислорода воздуха образует сначала оксид азота (I), а затем с водой азотную кислоту:



Растворенные в воде кислоты переносятся облаками на значительные (до 500 км) расстояния и выпадают на землю в виде кислотных осадков (pH меньше 5,5). Кислотные осадки (дождь, снег, град, роса) наносят значительный экологический, экономический и эстетический ущерб. В результате выпадения кислотных осадков нарушается равновесие в экосистемах, ухудшается продуктивность сельскохозяйственных растений и плодородие почв, ржавеют металлические конструкции, разрушаются здания, сооружения, памятники культуры и т.д.

Существуют два пути борьбы с кислотными осадками: устранение последствий закисления, например, известкование почв; сокращение выбросов кислотообразующих веществ, например, замена топлива, использование жидкостных известковых фильтров (скрубберов), использование альтернативных источников энергии, энергосбережение.

### **Парниковый эффект**

Поток солнечного излучения содержит лучи инфракрасной (ИК), видимой и ультрафиолетовой (УФ) частей спектра, но максимум приходится на видимое излучение. Земля и атмосфера поглощают 67% солнечного излучения. Около 33% излучения атмосфера и поверхность Земли отражают обратно. Доля отраженного излучения (альbedo планеты) может существенно колебаться при изменении климата, росте концентрации пыли во время извержения вулкана, вырубке леса на больших территориях. Уменьшение или рост альbedo приводят к нагреванию или охлаждению Земли.

Земля освобождается от поглощенной энергии, испуская тепловое инфракрасное излучение. По закону сохранения энергии в отсутствие



атмосферы тепловой поток от Земли должен был бы совпадать с потоком солнечной энергии, поглощенной поверхностью Земли. Однако атмосфера играет роль фильтра с односторонним пропусканием, за счет чего создается так называемый «парниковый» эффект, и средняя глобальная температура Земли составляет  $15^{\circ}\text{C}$ , а не расчетные  $5^{\circ}\text{C}$ .

Ежегодно на Земле сжигается около 2 млрд.т ископаемого топлива, что означает поступление в атмосферу почти 5,5 млрд.т углекислого газа. Еще 1,7 млрд.т углекислого газа поступает туда же за счет выжигания тропических лесов и окисления гумуса. Поэтому в настоящее время в атмосфере увеличивается содержание углекислого и других (метан, фреоны, оксиды азота) газов, которые практически прозрачны для солнечных лучей, но задерживают длинноволновое тепловое излучение Земли, не дают ему уходить в космос. Установлено, что содержание  $\text{CO}_2$  в атмосфере за последние 100 лет увеличилось на 25% ( в начале XX века было 0,029%, а в настоящее время более 0,036%). В результате температура приземного слоя воздуха повысилась (по некоторым расчетам, на 0,5%) и продолжает повышаться. К 2040 году прогнозируют увеличение температуры на 3-4 $^{\circ}\text{C}$ .

Такое потепление климата приведет к таянию полярных льдов и повышению уровня Мирового океана на 140 см, и тогда обширные густозаселенные области океанских и морских побережий окажутся под водой. Некоторые регионы с неустойчивым увлажнением станут более сухими, в результате чего не исключены деградация земель и потери урожаев. Влажные области будут еще больше насыщены влагой, увеличится частота и интенсивность тропических штормов.

Глобальное потепление может вызвать смещение основных зон земледелия до нескольких сот километров на каждый градус изменения температуры. Возможно изменение частоты и характера экстремальных воздействий на сельское хозяйство, обусловленных большими наводнениями, устойчивыми засухами, лесными пожарами.

### ***Альтернативные источники энергии***

Истощение мировых запасов нефти неизбежно приведет к тому, что «эпоха нефти» сменится «эпохой метана» и других видов топлив. Россия является крупнейшей газовой державой мира, на ее долю приходится почти 40% разведанных запасов природного газа. 1м<sup>3</sup> природного газа заменяет в эксплуатации примерно 1 л бензина или дизельного топлива. Кроме того, при работе на природном газе расход моторного масла сокращается на 15-20%, а общий моторесурс двигателя возрастает на 35-40%.

В больших городах лидирует во всех видах негативных воздействий на окружающую среду автомобильный транспорт: загрязнение атмосферного воздуха – 71%, воздействие на климат – 68% (по данным Госстандарта РФ).

Женевская конвенция по безопасности автотранспортных средств.

Проблема использования альтернативного бензину топлива для энергетической установки автомобиля: первая волна -1970-е годы – мировой

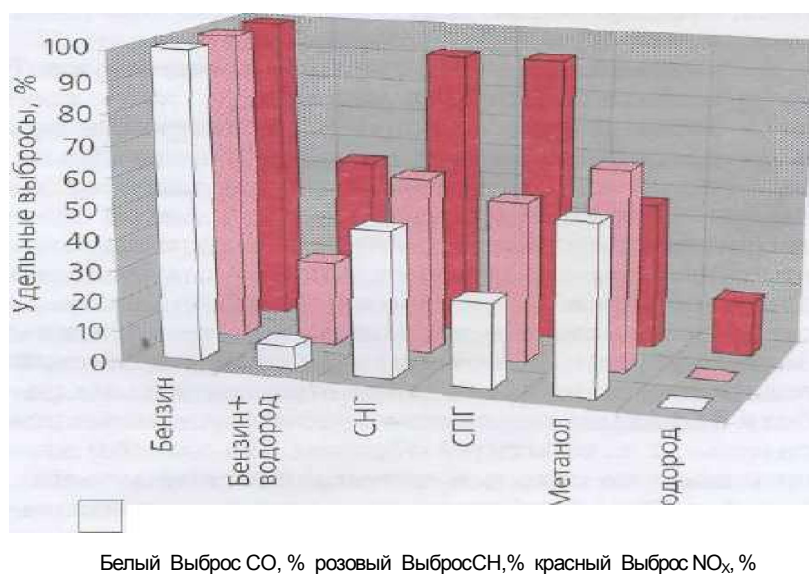
энергетический кризис, к тому же подогретый пессимистическими прогнозами Римского клуба о близком конце мировых запасов нефти; вторая волна – «Буря в пустыне»: как будут развиваться государства, находясь в нефтяной зависимости от арабских стран?

При современном техническом уровне создать автомобиль, работающий на водороде, несложно. Сложнее создать развитую инфраструктуру: производство в массовых масштабах водорода, его транспортировка к местам заправки, сеть заправочных станций. Поэтому, по оценкам специалистов, автомобиль на водородном топливе появится не ранее 2020 года.

Но уже сейчас «Хонда» и «Тойота» выпускают автомобили с так называемыми комбинированными энергетическими установками. При смешанном питании двигателя водородом и бензином выбросы CO снижаются в 10 раз, выбросы несгоревших углеводородов – в 2-3 раза, оксидов азота – в 2 раза.

Есть и другой путь становления экологически безопасного транспорта: двигатель, работающий на водородном синтез-газе. Топливом может служить метан, метанол или диметилэфир. На борту автомобиля устанавливается специальный термохимический конвертер, который преобразует газ в водородное топливо. При этом в отработанных газах практически нет CO, CH и раз в 5-6 снижается выброс оксида азота.

Вид применяемого топлива



Одно из основных направлений Московской программы экологизации транспорта подразумевает широкое использование газа в качестве моторного топлива — приспособление производственно-технической базы транспортных предприятий; переоборудование транспортных средств для работы на газе; организация городской системы технического обслуживания и ремонта газобаллонного оборудования — ГБО; развитие городской сети газозаправочных комплексов; внедрение новых конструкций и модернизация ГБО; серийное производство газобаллонных автомобилей и автобусов (совместное постановление Правительства Москвы и Правления РАО «Газпром» от 26.11.96, № 943/134.). Отработанные газы двигателей, работающих на газе, по наиболее вредным компонентам в 3~20 раз менее опасны, чем выхлопы бензиновых или дизельных двигателей.

Вопросы для самоконтроля

1. Классификация загрязнителей атмосферы по агрегатному состоянию.  
Примеры.
2. Охарактеризуйте последствия загрязнения атмосферы.
3. Какими факторами определяется уровень загрязнения воздуха?
4. Какими нормативами контролируется уровень загрязнения воздуха?
5. В чем заключаются причины разрушения озонового слоя Земли? Каковы его последствия? Назовите возможные пути предотвращения дальнейшего разрушения озонового слоя.
6. Охарактеризуйте явление фотохимического смога, его причины и последствия.
7. Сущность парникового эффекта, его причины и следствия.

### **Литература**

1. Вронский В.А. Прикладная экология. - Ростов-на-Дону: Феникс, 1996.- 509 с.
2. Кушнарев Ф.А., Хованский А.Д., Приваленко В.В. Эколого-энергетический атлас Ростовской области. - Ростов-на-Дону: СКНЦ ВШ, 1996. – 70 с.
3. Миллер Т. Жизнь в окружающей среде. Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1993.- 256 с.
4. Небел Б. Наука об окружающей среде. В 2-х т. - М.: Мир, 1993.
5. Никитин Д.П., Новиков Ю.В. Окружающая среда и человек: учеб. пособ. для ВУЗов. – М.: ВШ, 1986.- 415 с.
6. Стадницкий Г.В., Родионов А.И. Экология: учеб.пособ..- М.: ВШ, 1988.- 272 с.
7. Хоружая Т.А. Методы оценки экологической опасности. - М.: «Экспертное бюро-М», 1998.- 224 с.