

**Курс лекций по
дисциплине «Экология»**

**Преподаватель:
Игорь Константинович
ГАЛЕТИЧ**

Экология

Лекции 5-6.

Виды загрязнения окружающей среды

□ **Общие понятия**

□ **Энергетические загрязнения**

а) Шумовое загрязнение

б) Вибрационное загрязнение

в) Электромагнитное загрязнение,

основные источники электромагнитных полей

г) Ионизирующие излучения

Литература

Основная литература

1. Банников А.Г. и др. Основы экологии и охрана окружающей среды. – М.: Колос, 1999. – 304 с.
2. Білявський Г.О. та ін. Основи загальної екології: Підручник. – К.: Либідь, 1995. – 368 с.
3. Введение в экологию / под ред. Казанского Ю.А. – М.: ИЗДАТ, 1992. – 135 с.
4. Джигирей В.С. та ін. Основи екології та охорона навколишнього природного середовища. Навчальний посібник. - Львів: Афіша, 2004. – 272 с.
5. Кизима Р.А. та ін. Екологія в будівництві: посібник / За ред. Кизими Р.А. – Рівне: НУВГП, 2005. – 220 с.
6. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология. – Ростов-на-Дону: изд-во «Феникс», 2003. – 576 с.
7. Небел Б. Наука об окружающей среде. Как устроен мир, тт. 1-2. М.: Мир, 1993
8. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек: учебное пособие для ВУЗов, М.: Агенство «ФАИР», 1998. – 328 с.
9. Строительная экология: учебное пособие / Тетиор А.Н. – К.: УМК ВО, 1991. – 276 с.
10. Экология города: Учебник. – К.: Либра, 2000. 464 с.

Дополнительная литература:

1. Злобін Ю.А. Основи екології / Підручник. – К.: Лібра, 1988. – 248 с.
2. Михайлов А.М. Охрана окружающей среды при разработке месторождений открытым способом – М.: Недра, 1991. – 184 с.
3. ДБН В.1.4.-2.01 – 97 – Радіаційний контроль будівельних матеріалів і об'єктів будівництва.
4. Система норм и правил снижения уровня ионизирующего излучения природных радионуклидов в строительстве.

Виды загрязнения окружающей среды

Экологические системы (экосистемы) - это совокупность различных видов растений, животных и микроорганизмов, взаимодействующих между собой и с окружающей средой и являющихся **функциональными подсистемами биосферы**, которые могут сохраняться неопределенно долгое время при условии наличия соответствующих биотических и абиотических факторов.

Одним из условий устойчивого равновесия экосистем является относительное постоянство этих факторов или, по крайней мере, их изменение в пределах, не превышающих скорости адаптации живых организмов.

Загрязнением в узком смысле считается **привнесение** в какую-либо среду новых, не характерных для нее **физических, химических и биологических агентов** или **превышение естественного уровня этих агентов в среде**.

Загрязнение окружающей среды подразделяют на:

- **природное**, вызванное какими-то естественными причинами: извержение вулканов, разломы земной коры, стихийные пожары, и т. д.
- **антропогенное**, возникающее в связи с **хозяйственной деятельностью человека**.

Антропогенное загрязнение это **побочные отходы, образующиеся в результате хозяйственной деятельности человека (общества)**, которые, попадая в окружающую природную среду, изменяют или разрушают ее **биотические и абиотические свойства**.

Загрязнения могут влиять на энергетический баланс, физико-химические свойства, уровни радиоактивности и электромагнитного фона окружающей среды. Как пример, на рисунке показано количество отходов, поступающих в биосферу за сутки от города с миллионным населением

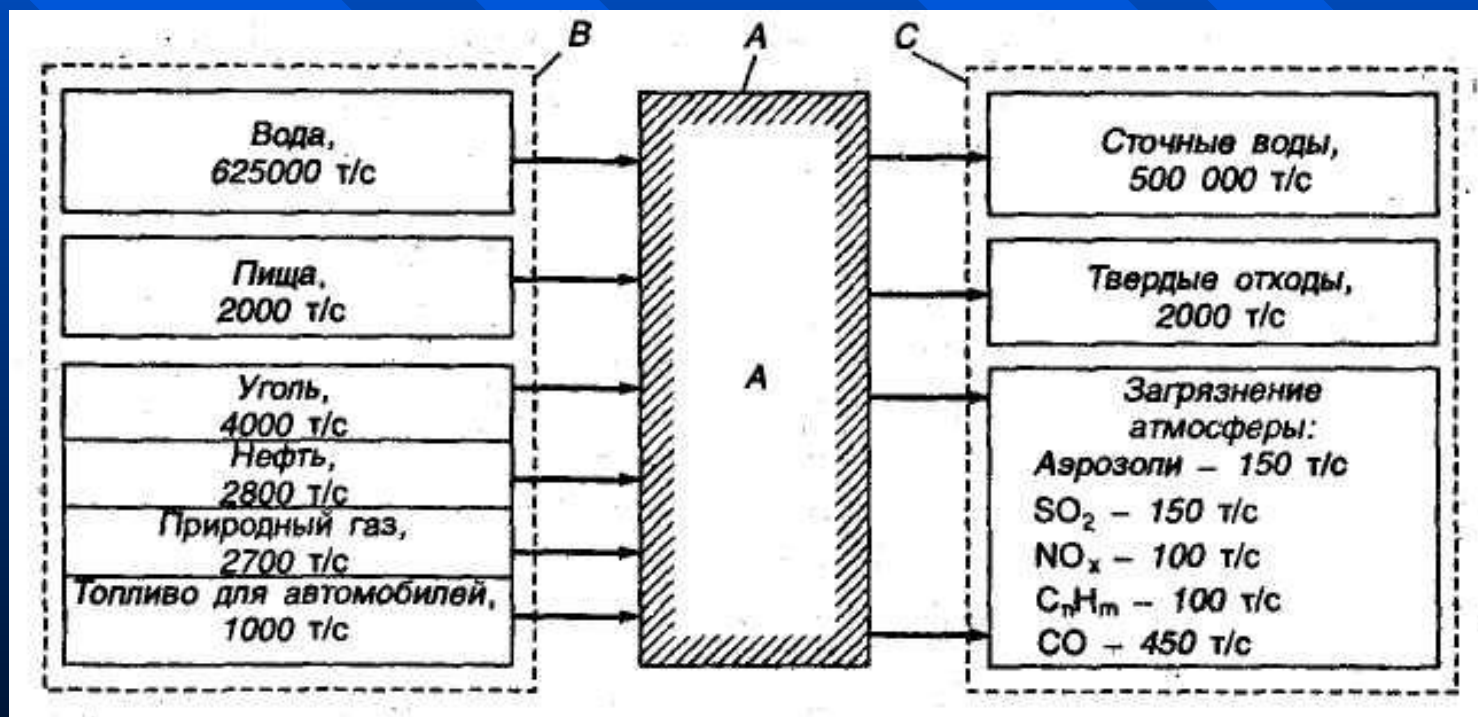


Схема поступающих в город А ресурсов В и промышленно-бытовых отходов С за сутки. Население города А — 1 млн. человек, размерность ресурсов и отходов даны в тоннах за сутки

Выбрасываемые техногенные загрязнения и вредные воздействия можно разделить на несколько больших групп: физические, химические, биологические, механические, геологические и эстетический вред.

К физическим загрязнениям относятся шум, вибрация, электромагнитные поля, ионизирующее излучение радиоактивных веществ, тепловое излучение, ультрафиолетовое и видимое излучения возникающие в результате антропогенной деятельности. В технической литературе эта группа чаще всего называется энергетическими загрязнениями.

К химической группе загрязнений относят различные химические элементы и вещества и соединения, образующиеся при взаимодействии поступающих выбросов с биотическими и абиотическими факторами биосферы.

Примеры химических загрязнителей: фтористые соединения и другие галогены, тяжелые металлы, углеводороды, пластмассы, пестициды, различные органические соединения, моющие средства, производные серы, азота и т. п.

К биологическим загрязнениям можно отнести микробиологическое отравление, изменение структуры биоценозов.

Эстетический вред проявляется в нарушении пейзажей за счет все нарастающей урбанизации, строительства промышленных объектов на территории природных заповедников и т. п.

КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

Любое промышленное предприятие - источник техногенных загрязнений

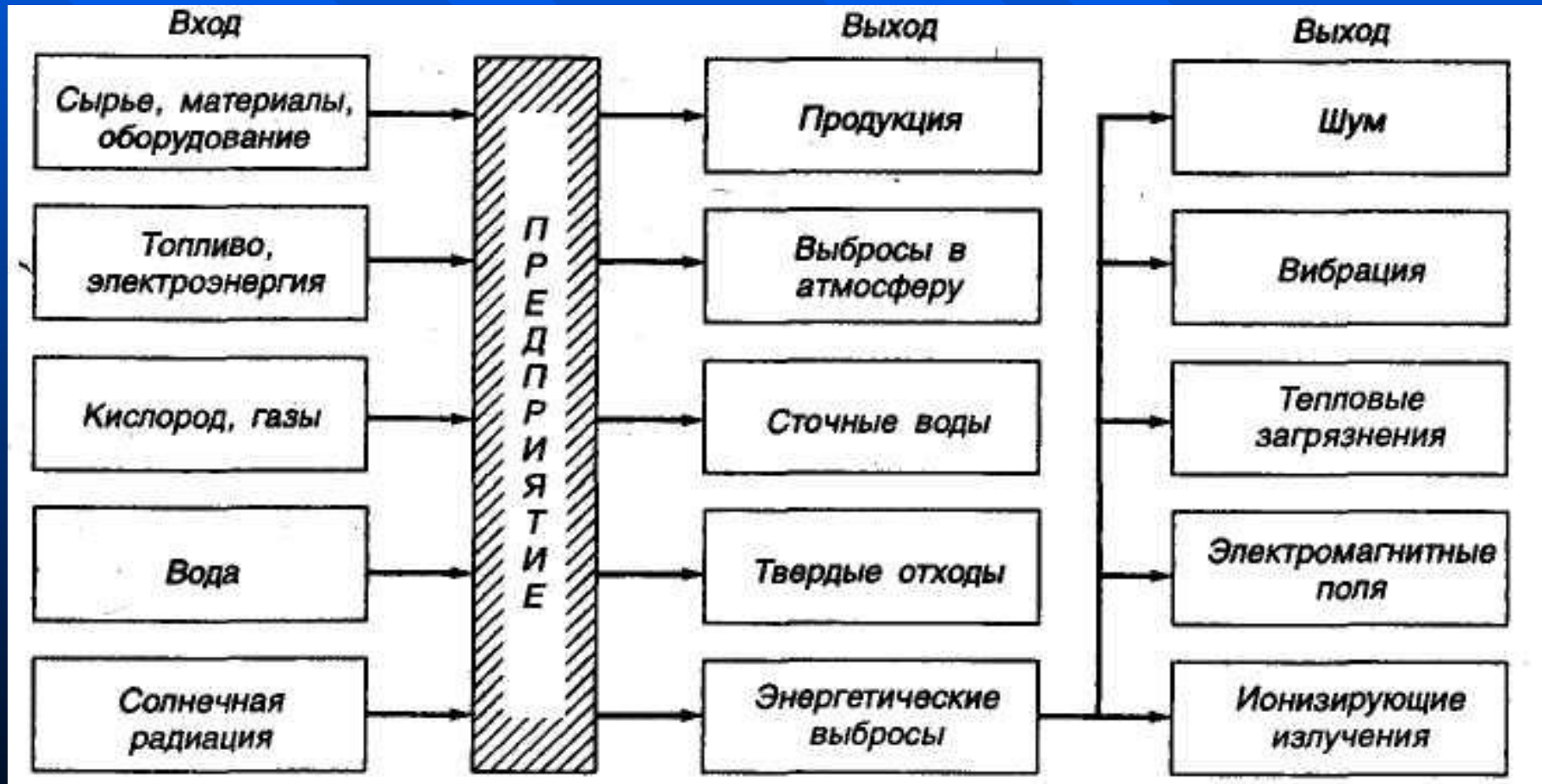


Схема взаимодействия промышленного предприятия с окружающей природной средой



Большую долю загрязнений занимают **энергетические выбросы**.

По своей природе энергетические загрязнения условно можно разделить на **три группы**: **механическую, электростатическую (магнитостатическую) и электромагнитную**.

Тепловое загрязнение – изменение температуры среды в связи с выбросами нагретых или охлажденных газов, воздуха, воды в окружающую среду.

- **Повышение температуры в водных объектах** существенно влияет на термический и биологический режимы в них, нарушаются условия нереста рыб, повышается зараженность их паразитами, снижается количество растворенного кислорода и т.д.
- **Повышение температуры грунтов** стимулирует деятельность микроорганизмов, которые являются агентами коррозии различных коммуникаций.

Световое загрязнение – нарушение естественной освещенности среды.

- Приводит к нарушению ритмов активности живых организмов.
- Увеличение мутности воды в водных объектах снижает поступление солнечного света на глубину и фотосинтез водной растительности.

Шумовое загрязнение – увеличение интенсивности и повторяемости шума сверх природного уровня.

Звук - волнообразно распространяющиеся колебания частиц упругой среды — твердого тела, жидкости, газа.

К **биологическому понятию звука** относят колебания и волны, которые воспринимаются человеческим органом слуха. Для человеческого уха **спектр слышимых звуковых колебаний** лежит в диапазоне от **15 — 20 Гц до 20 кГц**.

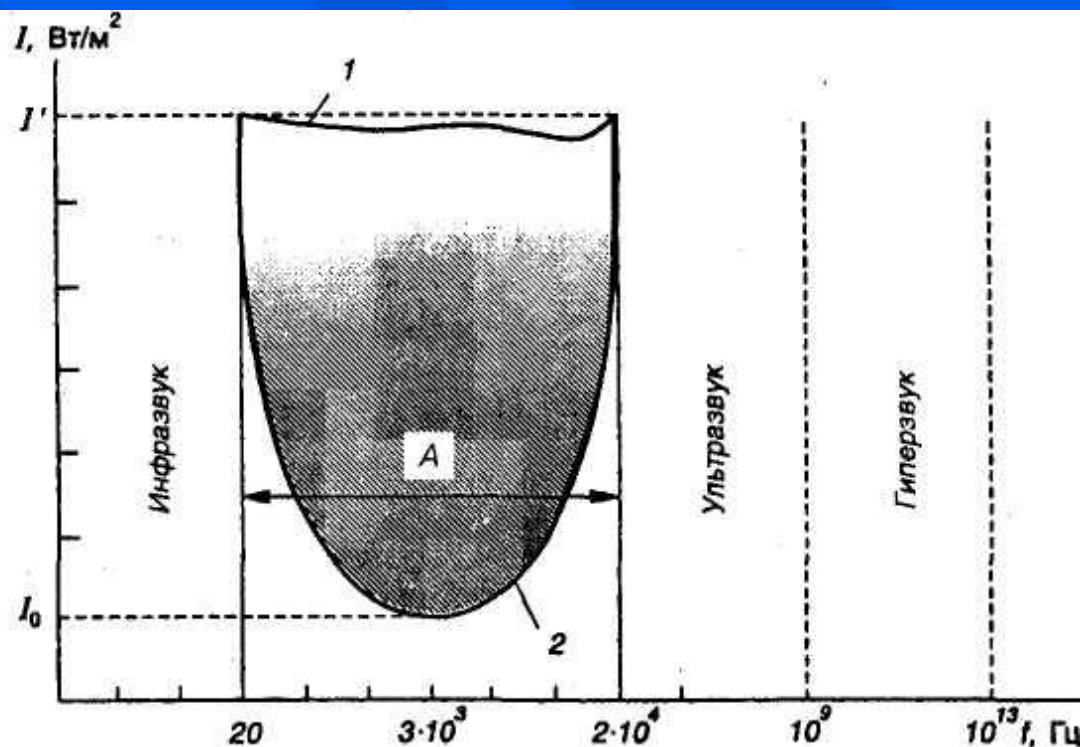
Физическое понятие о звуке объединяет как **слышимые**, так и **неслышимые колебания упругих сред** (условно от 0 до 10^{13} Гц).

Колебания с частотами ниже **20 Гц** называются **инфразвуком**.

Колебания с частотами выше **20 кГц** называются **ультразвуком**.

Громкость звука зависит от амплитуды звуковых колебаний.

Звуковое воздействие оценивают относительной интенсивностью звука (уровень шума), выражаемую в **децибелах (дБ)**.



Спектральная чувствительность человеческого уха:

1 — порог болевого ощущения;

2 — порог слышимости

($I_0 = 10^{-12}$ Вт/м²);

A — слышимый диапазон;

I' — **1 Вт/м²** — болевой порог

Обозначения на осях координат проставлены без соблюдения масштаба

Шум относится к серьезным загрязнителям окружающей среды, адаптация к которому практически невозможна.

Источниками шумового загрязнения являются автомобильный, рельсовый, воздушный транспорт, промышленные предприятия, бытовая техника.

В жилых помещениях большое число **источников шума**: лифты, вентиляторы, насосы, телевизоры и т.д.

Шумовое загрязнение оказывает **негативное** воздействие на **органы слуха, нервную систему** (вплоть до психических расстройств), **сердечно-сосудистую систему** и другие органы. Особенно существенны последствия воздействия **инфразвука и ультразвука**.

Диапазон **инфразвуковых колебаний** совпадает с **внутренней частотой отдельных органов человека (6-8 Гц)**, следовательно, из-за **резонанса** могут возникнуть тяжелые последствия. Увеличение звукового давления приводит к изменению **пищеварительных функций** и **сердечного ритма**. Возможна потеря слуха и зрения.

Ультразвук оказывает вредное воздействие на **сердечно-сосудистую систему; нервную систему; эндокринную систему; нарушение терморегуляции и обмена веществ**. Местное воздействие может привести к онемению.

Разновидности спектров реальных источников шумов:

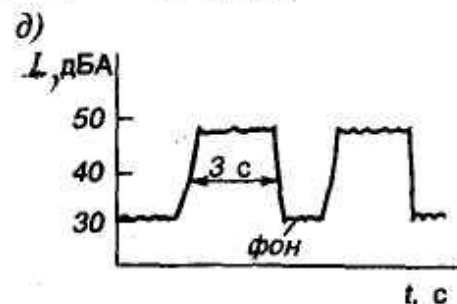
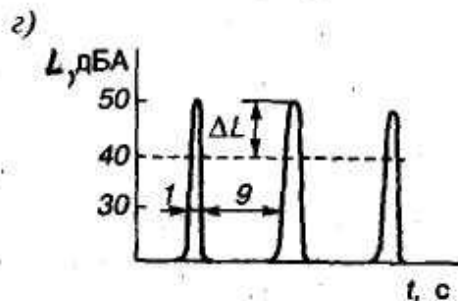
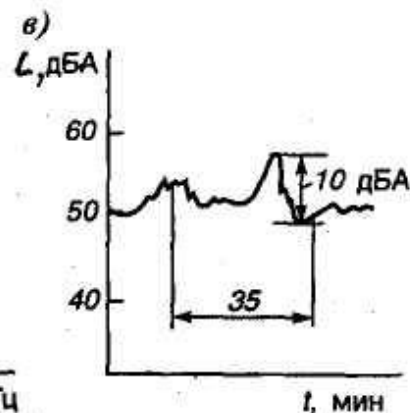
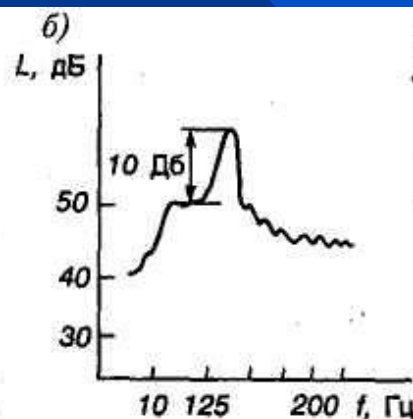
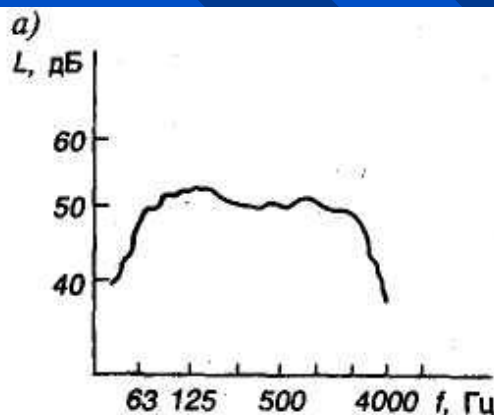
а — **непрерывный** спектр (турбореактивный двигатель);

б — **тональный** (осевой вентилятор);

в — **колеблющийся во времени** (транспорт);

г — **импульсный** спектр (удар молота);

д — **прерывистый** (сбрасывание воздуха)



Вибрационное загрязнение – возникает в результате работы разных видов транспорта, вибрационного оборудования, может привести к просадке грунтов, деформации зданий, сооружений.

Вибрацией называют движение точки или механической системы, при котором происходит поочередное возрастание и убывание во времени значений, по крайней мере, одной координаты. **Вибрация** - вид механических колебаний, возникающих при передаче телу механической энергии от источника колебаний.

По способу передачи на человека (в зависимости от характера контакта с источниками) вибрацию условно подразделяют на:

- **местную (локальную)**, передающуюся на руки работающего;
- **общую**, передающуюся через опорные поверхности на тело человека в положении сидя или стоя. Общая вибрация в практике гигиенического нормирования обозначается как **вибрация рабочих мест**.

В условиях городской среды интенсивными **источниками вибраций** являются рельсовый городской транспорт (трамвай, метрополитен), железнодорожный транспорт, инженеро-техническое оборудование зданий (лифты, насосные установки), система отопления, канализации, мусоропроводов.

Производственная вибрация по своим физическим характеристикам имеет сложную классификацию.

По характеру спектра вибрация подразделяется на узкополосную и широкополосную;

По частотному составу на низкочастотную, среднечастотную, высокочастотную.

По временным характеристикам рассматривают вибрацию:

- постоянную, для которой величина **виброскорости** изменяется не более чем в 2 раза (на 6дБ) за время наблюдения не менее 1 мин;
- непостоянную, для которой величина **виброскорости** изменяется не менее чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения не менее 1 мин.

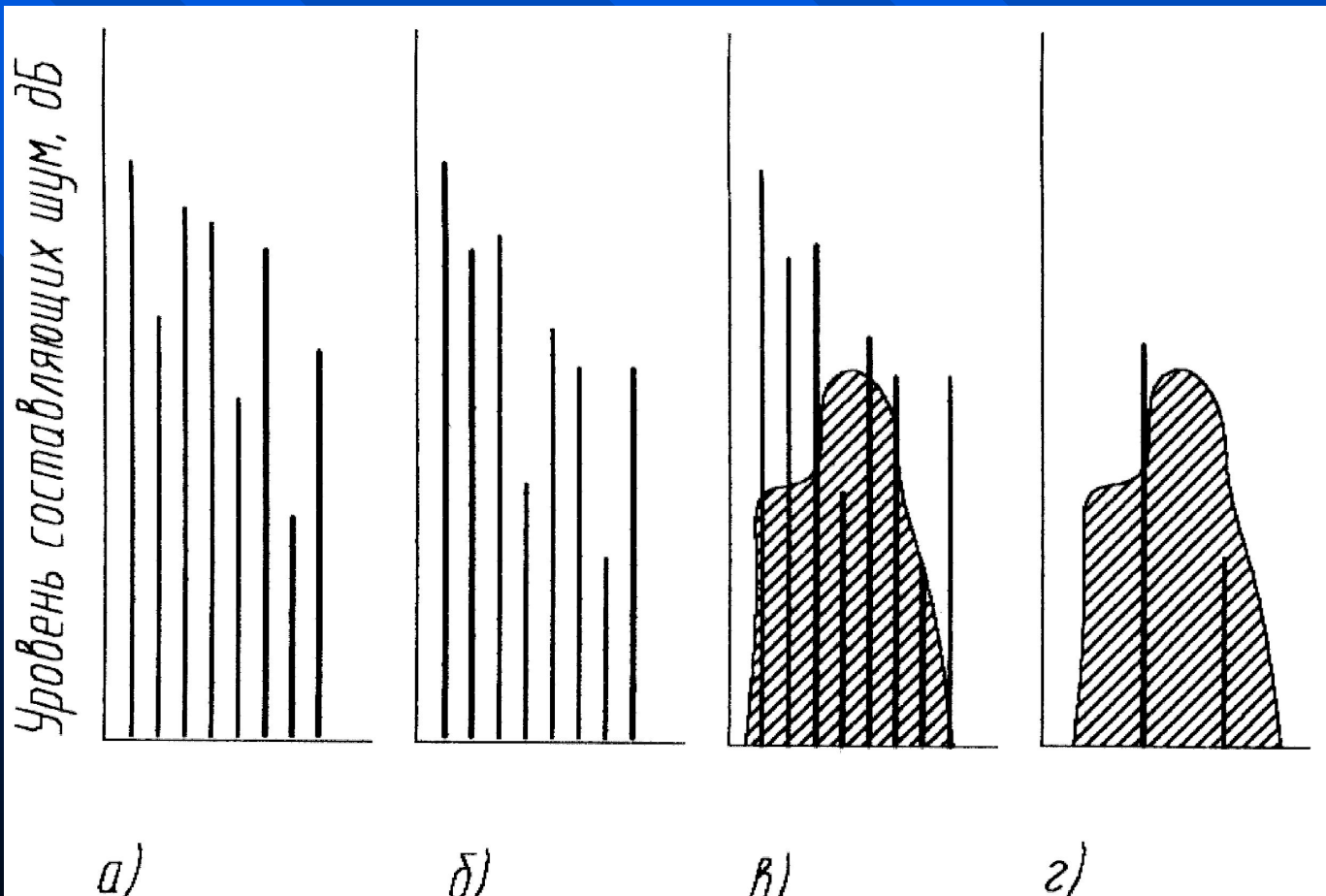
Непостоянная вибрация в свою очередь подразделяется на колеблющуюся во времени, прерывистую, импульсную.

Для **гигиенической оценки** воздействия вибрации используют **логарифмическую шкалу** что обусловлено тем обстоятельством, что чувствительность организма к действию вибрации изменяется пропорционально логарифму интенсивности воздействия.

Поскольку действие вибрации на организм определяется количеством энергии колебаний, а она в любой момент времени пропорциональна квадрату колебательной скорости, то основными характеристиками вибраций являются спектры уровней виброскорости. Они могут быть дискретными, сплошными (или непрерывными) и смешанными:

Спектры
вибраций:

а,б - дискретные;
в - непрерывный;
г - непрерывный
дискретный.

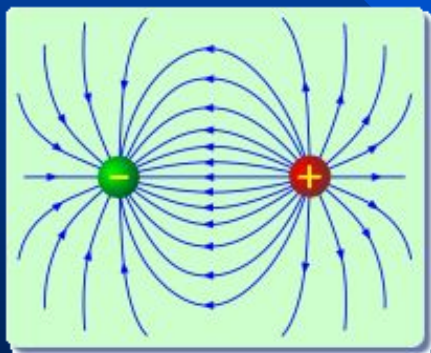


Электромагнитное загрязнение – изменение электромагнитных свойств окружающей среды.

Источниками электромагнитного загрязнения являются линии электропередач, радио и телецентры, радиолокаторы.

Этот вид загрязнения оказывает значительное **воздействие на живые организмы**: на обмен веществ, состав крови, сердечно-сосудистую систему.

На практике при характеристике электромагнитной обстановки используют термины "**электрическое поле**", "**магнитное поле**", "**электромагнитное поле**". Коротко поясним, что это означает и какая связь существует между ними.



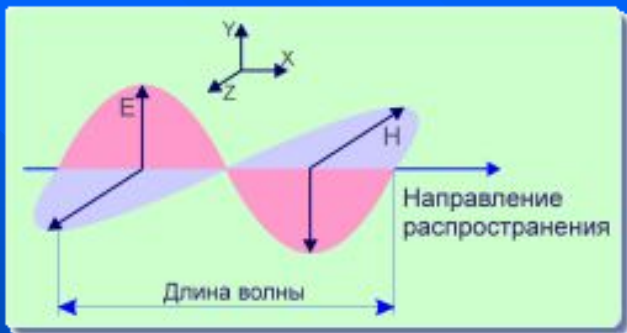
Электрическое поле создается зарядами.



Магнитное поле создается при движении электрических зарядов по проводнику.

Для характеристики **величины электрического поля** используется понятие **напряженность электрического поля**, обозначение **E**, единица измерения **В/м** (Вольт-на-метр).

Величина **магнитного поля** характеризуется **напряженностью магнитного поля N**, единица **А/м** (Ампер-на-метр).



По определению, **электромагнитное поле** - это особая форма материи, посредством которой осуществляется воздействие между электрическими заряженными частицами.

Физические причины существования электромагнитного поля связаны с тем, что изменяющееся во времени электрическое поле **E** порождает магнитное поле **H**, а изменяющееся **H** - вихревое электрическое поле: обе компоненты **E** и **H**, непрерывно изменяясь, возбуждают друг друга.

ЭМП неподвижных или равномерно движущихся заряженных частиц **неразрывно связано** с этими частицами.

При **ускоренном движении** заряженных частиц, **ЭМП "отрывается"** от них и **существует независимо** в форме **электромагнитных волн**, не исчезая с устранением источника (например, радиоволны не исчезают и при отсутствии тока в излучившей их антенне).

Электромагнитные волны характеризуются **длиной волны**, обозначение - λ (лямбда).

Источник, генерирующий излучение, а по сути создающий электромагнитные колебания, характеризуется понятием **частота**, обозначение - **f**.

Для оценки **биологического воздействия ЭМП** различают **зону индукции (ближнюю) и зону излучения (дальнюю)**.

Ближняя расположена на расстоянии от источника, **равном $1/6$ от длины волны**. Здесь **магнитная составляющая напряженности поля выражена слабо**, поэтому ее действие на организм **незначительно**.

В **дальней** зоне проявляется эффект **обеих составляющих поля**.

Основные источники низкочастотных электромагнитных колебаний:

- воздушные линии электропередач,
- системы транспортных средств (электрооборудования, зажигание, управление, охранной сигнализации).

ЭМП высокой частоты используются в

- металлургии для плавления металла в индукционных печах,
- в машиностроении для термообработки.

Электротранспорт является источником **значительных электромагнитных колебаний низкой и высокой частоты**.

Электромагнитную УВЧ– и СВЧ–энергию применяют в радиовещании, телевидении и других областях.

Основные источники ЭМП



ЭЛЕКТРО-
ТРАНСПОРТ



ЛЭП



ЭЛЕКТРО-
ПРОВОДКА



БЫТОВЫЕ
ЭЛЕКТРОПРИБОРЫ



ТЕЛЕ- И
РАДИОСТАНЦИИ



СПУТНИКОВАЯ
СВЯЗЬ



СОТОВАЯ
СВЯЗЬ



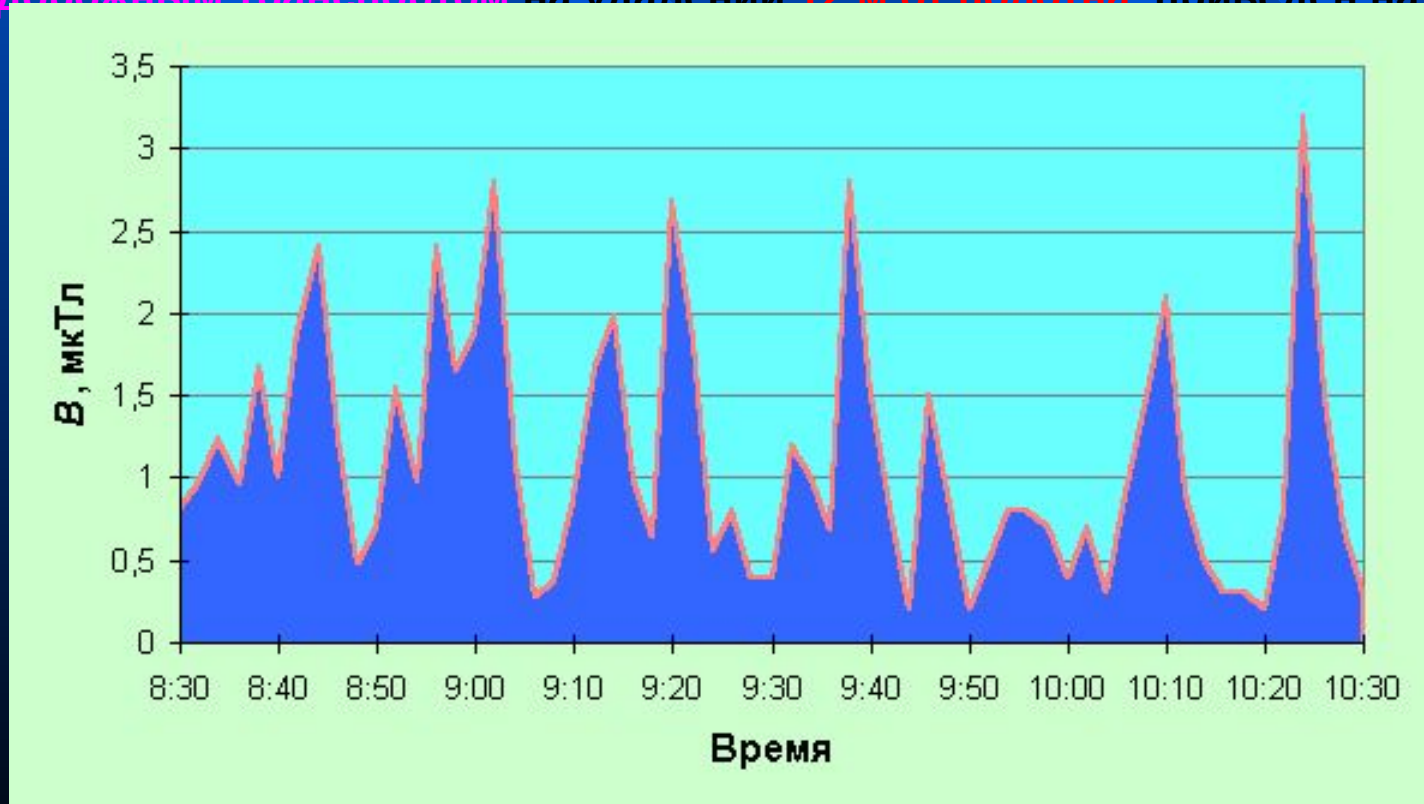
РАДАРЫ



ПЕРСОНАЛЬНЫЙ
КОМПЬЮТЕР

Среди основных источников ЭМИ можно перечислить: **электротранспорт** (трамваи, трол-лейбусы, поезда,...); **линии электропередач** (городского освещения, высоковольтные,...); **электропроводка** (внутри зданий, телекоммуникации,...); **бытовые электроприборы**; **теле- и радиостанции** (транслирующие антенны); **спутниковая и сотовая связь** (транслирующие антенны); **радары** **персональные компьютеры**.

Электротранспорт. Транспорт на электрической тяге – электропоезда (в том числе поезда метрополитена), троллейбусы, трамваи и т. п. – является относительно мощным источником магнитного поля в диапазоне частот от 0 до 1000 Гц. По различным данным, максимальные значения плотности потока магнитной индукции B в пригородных "электричках" достигают **75 мкТл** при среднем значении **20 мкТл**. Среднее значение B на транспорте с электроприводом постоянного тока зафиксировано на уровне **29 мкТл**. **Типичный результат** долговременных **измерений уровней магнитного поля** генерируемого **железнодорожным транспортом на удалении 12 м от полотна** приведен на рисунке.



Линии электропередач.

Провода работающей линии электропередачи создают в прилегающем пространстве **электрическое и магнитное поля промышленной частоты.**

Дальность распространение **электрического поля** зависит от **класса напряжения ЛЭП** (цифра, обозначающая класс напряжения стоит в названии ЛЭП - например **ЛЭП 220 кВ**), **Размеры зоны распространения электрического поля не изменяются** в течении времени работы ЛЭП.

Дальность распространения **магнитного поля** зависит от **величины протекающего тока** или от **нагрузки линии**. Поскольку нагрузка ЛЭП может неоднократно изменяться как в течении суток, так и с изменением сезонов года, **размеры зоны повышенного уровня магнитного поля также меняются.**

Основной принцип защиты здоровья населения от электромагнитного поля ЛЭП состоит в **установлении санитарно-защитных зон (СЗЗ)** для линий электропередачи и **снижением напряженности электрического поля** в жилых зданиях и в местах возможного продолжительного пребывания людей **путем применения защитных экранов.**

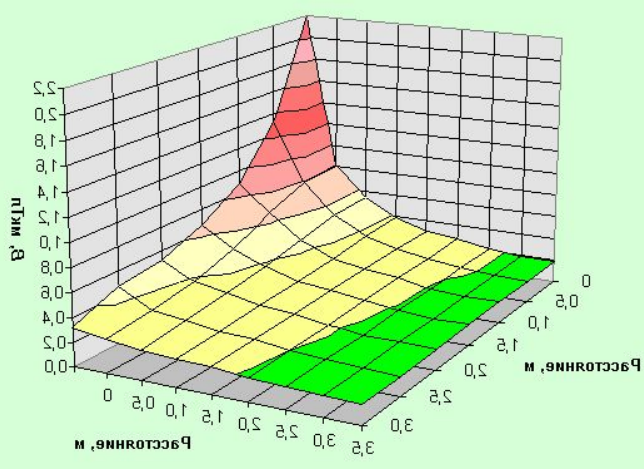
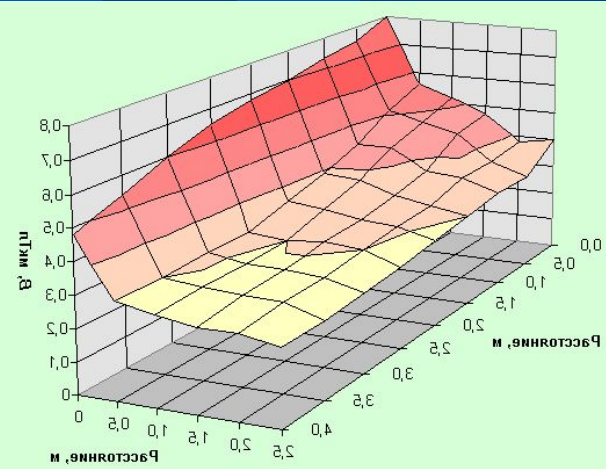
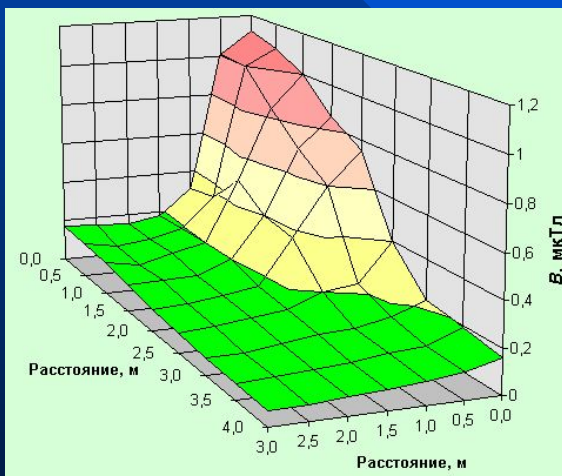
Принципы обеспечения безопасности населения от ЛЭП.



Допустимые уровни воздействия электрического поля ЛЭП

ПДУ, кВ/м	Условия облучения
0,5	внутри жилых зданий
1,0	на территории зоны жилой застройки
5,0	в населенной местности вне зоны жилой застройки; (земли городов в пределах городской черты в границах их перспективного развития на 10 лет, пригородные и зеленые зоны, курорты, земли поселков городского типа в пределах поселковой черты и сельских населенных пунктов в пределах черты этих пунктов) а также на территории огородов и садов;
10,0	на участках пересечения воздушных линий электропередачи с автомобильными дорогами 1 – IV категорий;
15,0	в ненаселенной местности (незастроенные местности, хотя бы и часто посещаемые людьми, доступные для транспорта, и сельскохозяйственные угодья);
20,0	в труднодоступной местности (недоступной для транспорта и сельскохозяйственных машин) и на участках, специально выгороженных для исключения доступа населения.

Электропроводка и здоровье человека. Наибольший вклад в электромагнитную обстановку жилых помещений в диапазоне промышленной частоты **50 Гц** вносит **электро-техническое оборудование здания**, а именно **кабельные линии**, подводящие электричество ко всем квартирам и другим потребителям системы жизнеобеспечения здания, а также **распределительные щиты и трансформаторы**. В помещениях, смежных с этими источниками, обычно повышен **уровень магнитного поля промышленной частоты**, вызываемый протекающим **электротоком**. Уровень электрического поля промышленной частоты при этом обычно не высокий и не превышает **ПДУ** для населения **500 В/м**. На рисунках представлено распределение магнитного поля промышленной частоты в жилом помещении. **Зеленым** цветом показана зона с **безопасным для здоровья уровнем магнитного поля**.



Источник поля –
распределительный
пункт
электропитания,
находящийся в
комнате

Источник поля –
кабельная линия,
проходящая в подъезде
по внешней стене
комнаты

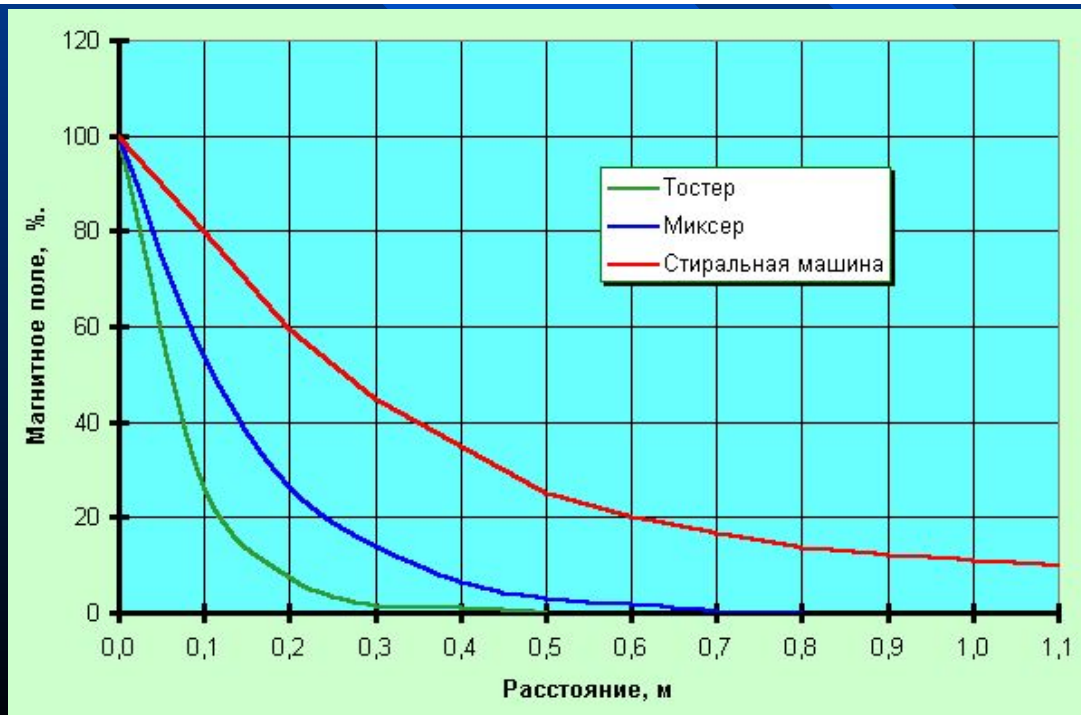
Источник поля –
общий силовой
кабель
подъезда

Смешанном жилом

Бытовая электротехника. Все бытовые приборы, работающие с использованием электрического тока, являются источниками электромагнитных полей. Наиболее мощными следует признать СВЧ-печи, аэрогрили, холодильники с системой "без инея", кухонные вытяжки, электроплиты, телевизоры. Реально создаваемое ЭМП в зависимости от конкретной модели и режима работы может сильно различаться среди оборудования одного типа (см. Рис.). Все ниже приведенные данные относятся к магнитному полю промышленной частоты 50 Гц.

Значения магнитного поля тесно связаны с мощностью прибора - чем она выше, тем выше магнитное поле при его работе.

Значения электрического поля промышленной частоты практически всех электробытовых приборов не превышают нескольких десятков В/м на расстоянии 0,5 м, что значительно меньше ПДУ 500 В/м.



Изменение уровня магнитного поля промышленной частоты бытовых электроприборов в зависимости от расстояния

Спутниковая СВЯЗЬ. Системы **спутниковой связи** состоят из **приемопередающей станции** на Земле и **спутника**, находящегося на орбите. Диаграмма направленности антенны станций спутниковой связи имеет ярко выраженный узконаправленный основной луч – **главный лепесток**. Плотность потока энергии (ППЭ) в главном лепестке диаграммы направленности может достигать нескольких **сотен Вт/м** вблизи антенны, создавая также значительные уровни поля на большом удалении. **Однако рассеяние энергии от основного луча очень небольшое и происходит больше всего в районе размещения антенны.** Типичный расчетный график распределения **ППЭ** на **высоте 2 м** от поверхности земли в районе размещения антенны спутниковой связи



Существуют два **основных возможных опасных случая облучения:**

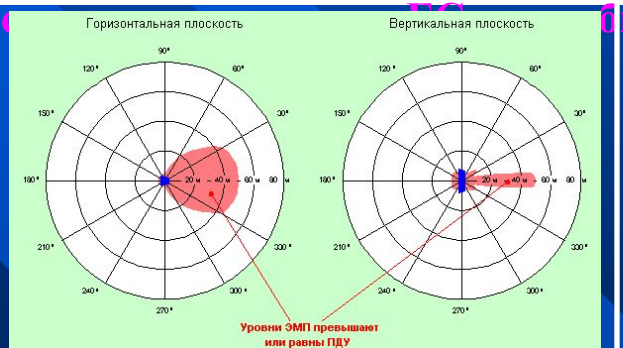
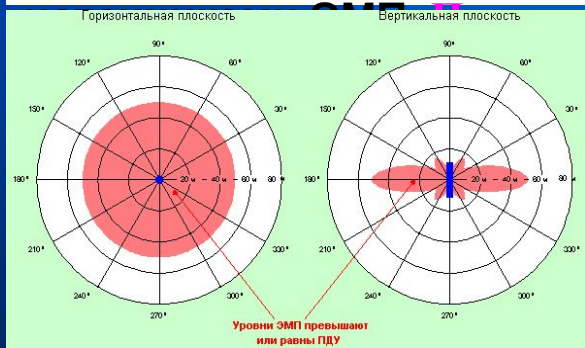
- непосредственно в районе размещения антенны;
- при приближении к оси главного луча на всем его протяжении

Сотовая связь. Сотовая радиотелефония является сегодня одной из наиболее интенсивно развивающихся телекоммуникационных систем. **Основными элементами** системы сотовой связи являются **базовые станции (БС) и мобильные радиотелефоны (МРТ)**. Базовые станции поддерживают радиосвязь с мобильными радиотелефонами, вследствие чего БС и МРТ являются **источниками электромагнитного излучения в УВЧ диапазоне.**

В работе системы сотовой радиосвязи применяется принцип деления некоторой территории на **зоны, или "соты",** радиусом обычно **0,5-10 километров.**

1. Категория облучения	2. Величина ВДУ ЭМИ	3. Примечание
Облучение населения, проживающего на прилегающей территории, от антенн базовых станций	5. $ППЭ_{гн} = 10 \text{ мкВт/см}^2$	
Облучение пользователей радиотелефонов	7. $ППЭ_{гн} = 100 \text{ мкВт/см}^2$	Условия измерения: 8. Измерения ППЭ следует производить на расстоянии от источника ЭМИ, соответствующего расположению головы человека, подвергающегося облучению

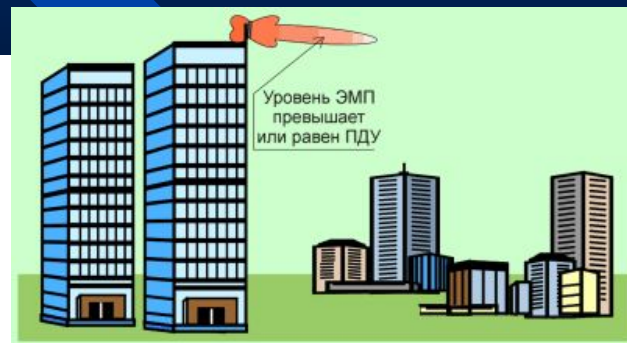
Базовые станции поддерживают связь с находящимися в их зоне действия мобильными радиотелефонами и работают в режиме приема и передачи сигнала. **В зависимости от стандарта, БС излучают электромагнитную энергию в диапазоне частот от 463 до 1880 М Гц.** Антенны БС устанавливаются на высоте **15-100 метров** от поверхности земли на уже существующих постройках (общественных, служебных, производственных и жилых зданиях, дымовых трубах промышленных предприятий и т. д.) или на специально сооруженных мачтах. Среди установленных в одном месте антенн БС имеются как передающие (или приемопередающие), так и приемные антенны, которые не являются



с круговой диаграммой направленности в горизонтальной плоскости (тип «Omni»)

направленные (секторные)

Исходя из технологических требований построения системы сотовой связи, **диаграмма направленности антенн в вертикальной плоскости** рассчитана таким образом, что **основная энергия излучения (более 90 %) сосредоточена в довольно узком "луче"**. Он всегда **направлен в сторону от сооружений, на которых находятся антенны БС, и выше прилегающих построек**, что является необходимым условием для нормального функционирования системы.



Персональные компьютеры. Основным источником неблагоприятного воздействия на здоровье пользователя компьютера является **средство визуального отображения информации** на электронно-лучевой трубке. Ниже перечислены основные факторы его неблагоприятного воздействия.

Эргономические параметры экрана монитора

- снижение контраста изображения в условиях интенсивной внешней засветки
- зеркальные блики от передней поверхности экранов мониторов
- наличие мерцания изображения на экране монитора

Излучательные характеристики монитора

- электромагнитное поле монитора в диапазоне частот **20 Гц-1000 МГц**
- статический электрический заряд на экране монитора
- ультрафиолетовое излучение в диапазоне **200- 400 нм**
- инфракрасное излучение в диапазоне **1050 нм- 1 мм**
- рентгеновское излучение **> 1,2 кэВ**

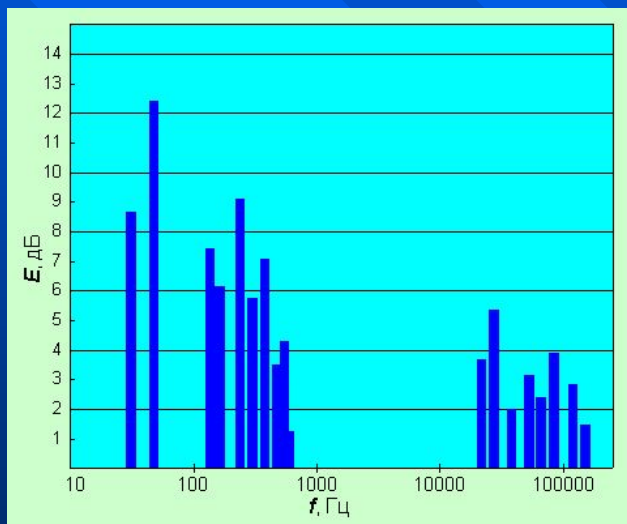
Источник	Диапазон частот (первая гармоника)
Монитор сетевой трансформатор блока питания	50 Гц
статический преобразователь напряжения в импульсном блоке питания	20 - 100 кГц
блок кадровой развертки и синхронизации	48 - 160 Гц
блок строчной развертки и синхронизации	15 110 кГц
ускоряющее анодное напряжение монитора (только для мониторов с ЭЛТ)	0 Гц (электростатика)
Системный блок (процессор)	50 Гц - 1000 МГц
Устройства ввода/вывода информации	0 Гц, 50 Гц
Источники бесперебойного питания	50 Гц, 20 - 100 кГц

ПК как источник ЭМП

Источник	Диапазон частот (первая гармоника)
ЛЭП	50 Гц
Трансформаторные подстанции	50 Гц
Распределительные щиты	50 Гц
Электропроводка	50 Гц
Бытовые и конторские электроприборы	50 Гц
Телевизоры	0 - 15,6 кГц
Радиостанции ДВ	30 - 300 кГц
Соседние ПК	0 - 1000 МГц

Внешние источники ЭМП на рабочем месте пользователя ПК

Электромагнитное поле, создаваемое персональным компьютером, имеет сложный спектральный состав в диапазоне частот **от 0 Гц до 1000 МГц**. Электромагнитное поле имеет **электрическую (E)** и **магнитную (H)** составляющие, причем взаимосвязь их достаточно сложна, поэтому оценка **E** и **H** производится **раздельно**. Пример **спектральной характеристики ПК** в диапазоне **10 Гц- 400 кГц** приведен на **рисунке** ниже.



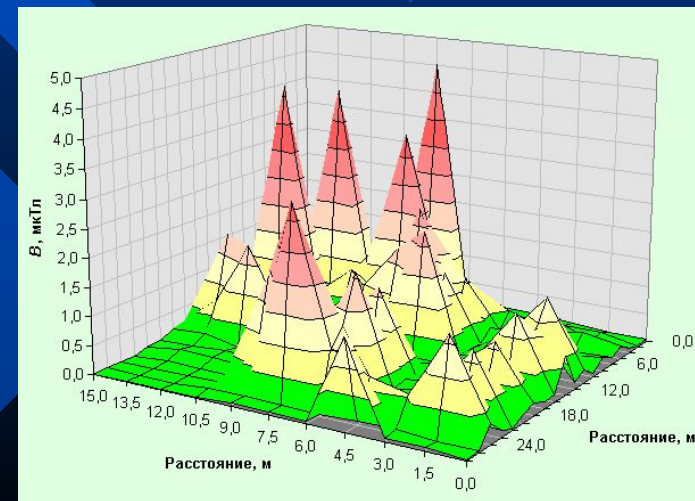
Максимальные зафиксированные на рабочем месте значения ЭМП

Вид поля, диапазон частот, единица измерения напряженности поля	Значение напряженности поля	
	по оси экрана	вокруг монитора
Электрическое поле, 100 кГц- 300 МГц, В/м	17,0	24,0
Электрическое поле, 0,02- 2 кГц, В/м	150,0	155,0
Электрическое поле, 2- 400 кГц В/м	14,0	16,0
Магнитное поле, 100кГц- 300МГц, мА/м	нчп	нчп
Магнитное поле, 0,02- 2 кГц, мА/м	550,0	600,0
Магнитное поле, 2- 400 кГц, мА/м	35,0	35,0
Электростатическое поле, кВ/м	22,0	-

Диапазон значений электромагнитных полей, измеренных на рабочих местах пользователей ПК

Наименование измеряемых параметров	Диапазон частот 5 Гц - 2 кГц	Диапазон частот 2 - 400 кГц
	Напряженность переменного электрического поля, (В/м)	1,0 - 35,0
Индукция переменного магнитного поля, (нТл)	6,0 - 770,0	1,0 - 32,0

Наличие в помещении нескольких компьютеров со вспомогательной аппаратурой и системой электропитания создает сложную картину электромагнитного поля. Рисунок справа иллюстрирует типичный пример распределение магнитного поля промышленной частоты в помещении компьютерного зала. Очевидно, что электромагнитная обстановка в помещениях с компьютерами крайне сложная, распределение полей неравномерное, а уровни достаточно высоки, чтобы говорить об опасности их биологического действия.



Ионизирующие излучения

Ионизирующее излучение – такое излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию в ней **ионов** (положительных или отрицательных).

Явление **естественной радиоактивности**, открытое в **1886 г. Анри Беккерелем**, состоит в самопроизвольном превращении неустойчивых атомов ядер в ядра других элементов с испусканием **ионизирующих излучений**. Последние представляют собой **потоки частиц и квантов электромагнитного излучения (ЭМИ)**, которые, проходя через вещество, вызывают ионизацию и возбуждение атомов и молекул среды.

Несколько ранее (**1895 г.**) **Конрад Рентген** открыл **X-лучи (жесткое ЭМИ)**, названные его именем — **рентгеновскими лучами**.

В **1897 г. Джозеф Дж. Томсон** доложил об открытии новой **элементарной частицы** — **электрона**. Это открытие нанесло жестокий удар по многовековым представлениям о неделимости и элементарности атома.

В **1898 г. Мария Складовская-Кюри** совместно с мужем — **Пьером Кюри** — открыла **полоний и радий** и установили факт **превращения радионуклидов в другие элементы (нуклид — любые атомы, отличающиеся составом ядра)**.

Наконец, в **1899 г. Эрнест Резерфорд** открыл **α - и β -лучи**, объяснил их природу и совместно с **Ф. Содди** создал **теорию радиоактивности**.

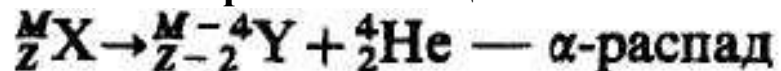
Необходимо отметить, что **во всех видах радиоактивных превращений** выполняются **законы сохранения энергии, импульса, момента количества движения, массы, электронного заряда**.

ВИДЫ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

При исследовании процессов радиоактивности было установлено, что испускание различных частиц и γ -излучений, а также превращение одних ядер в другие происходят самопроизвольно, но с соблюдением **Правила смещения**:

- при α -распаде ядро теряет положительный заряд $2e^+$ и его масса уменьшается на четыре единицы массы, в результате чего элемент смещается к началу периодической системы;
- при β -распаде элемент смещается на одну клетку к концу периодической системы.

Напишем Правило смещения в символах:



где X — исходный элемент; Y — элемент превращения; M — массовое число; Z — заряд (или порядковый номер элемента).

Основные виды ионизирующих излучений следующие: **альфа (α)-излучение**; **бета (β^-)-излучение**; **нейтронное излучение**; **гамма (γ)-излучение**, **рентгеновское излучение**.

Дадим краткую характеристику каждого из этих видов излучений:

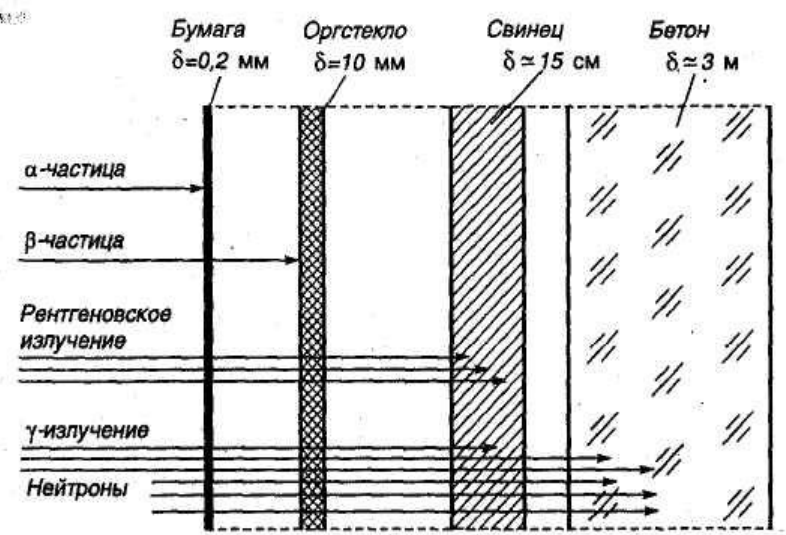
α -излучение представляет собой поток ядер гелия (${}^4_2\text{He}$), испускаемых при распаде радиоактивного вещества или при ядерных реакциях. Энергия α -частиц порядка нескольких МэВ. В воздухе эти частицы поглощаются слоем толщиной 8—9 см. Пробег α -частиц в живой ткани составляет несколько десятков микрон, а толщина алюминиевой фольги в 10 микрон полностью поглощает поток α -излучения. При увеличении энергии α -частицы возрастает вызываемая ей ионизация в поглощаемой среде. Вследствие большой массы эти частицы быстро теряют свою энергию, поэтому проникающая способность этого вида излучения невысокая. Удельная ионизация α -частиц на воздухе составляет несколько десятков тысяч пар ионов на 1 см пути.

β -излучение представляет собой поток электронов (или позитронов), возникающих при радиоактивном распаде. Энергия этих частиц составляет несколько МэВ. Максимальный пробег в воздухе достигает более 15 м, а в живых тканях 2,5 см. Обладая значительно меньшей массой, чем α -частицы, β -частицы имеют более высокую проникающую способность. Ионизирующая способность этого вида излучения меньше, чем у α -частиц, и составляет несколько десятков пар на 1 см пути пробега.

Нейтронное излучение преобразует свою энергию в результате соударения с ядрами вещества. При **неупругих взаимодействиях** возможно возникновение **вторичных излучений**, которые могут иметь как заряженные частицы, так и **γ -излучения**. При **упругих столкновениях** возможна **ионизация вещества**. Проникающая способность нейтронов в значительной степени зависит от их энергии.

Рентгеновское излучение возникает при воздействии **β -частиц** на окружающую среду или при бомбардировке электронами анодов рентгеновских трубок, ускорителей и т. п. Энергия **фотонов рентгеновского излучения** составляет примерно **1 МэВ**. Рентгеновское излучение, как правило, состоит из **тормозного и характеристического**. **Тормозное излучение** имеет **непрерывный спектр**, а **характеристическое** — **дискретный спектр**, зависящий от материала анода. Рентгеновское излучение обладает большой проникающей и малой ионизирующей способностями.

γ -излучение, как и рентгеновское, имеет электромагнитную природу и обладает большой проникающей способностью и малым ионизирующим действием. **γ -излучение** возникает в результате **естественной радиоактивности**, а также в **искусственных ядерных реакциях**, при соударении частиц высоких энергий и т. п. Энергия фотона **γ -излучения** может достигать очень больших значений, во много раз превосходящих энергию фотона рентгеновского диапазона. Качественная характеристика проникающей способности различных видов излучения представлена на **рисунке** (**δ** — толщина).



Радиоактивные вещества (радионуклиды) обладают различной степенью **устойчивости**. За определенное время они или **распадаются**, или **переходят в другое состояние**. Для оценки **устойчивости радионуклидов** введено понятие **периода полураспада $T_{1/2}$** — это время, в течение которого распадается половина исходного числа атомов радионуклидов.

Поглощенная доза $D_{\text{п}}$ ионизирующего излучения (доза излучения) представляет собой отношение энергии dE , поглощенной в рассматриваемом объеме, к массе dm вещества в данном объеме:

$$D_{\text{п}} = \frac{dE}{dm}.$$

Величина $D_{\text{п}}$ - основная величина, определяющая степень радиационного воздействия.

Биологическое воздействие ионизирующего излучения зависит не только от поглощенной дозы излучения, но и от глубины проникновения в живой организм. Для этой оценки вводится эквивалентная доза ионизирующего излучения $D_{\text{экв}}$ (или H):

$$D_{\text{экв}} = D_{\text{п}} K = H,$$

где K — безразмерный коэффициент качества излучения.

Минимальное значение $K=1$ и соответствует случаю линейной передачи энергии. Для других случаев значения этого коэффициента рекомендованы Международной комиссией по радиационной защите (МКРЗ). Максимальное значение K равно 20.

НОРМИРОВАНИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ НИХ

На основании нормативных требований устанавливаются порядок проведения работ с источниками ионизирующих излучений и обеспечение ликвидации радиоактивных отходов.

Норма радиационной безопасности основана на следующих принципах:

- не превышать установленный дозовый предел;
- исключить необоснованное облучение;
- снизить дозу облучения до возможного низкого уровня.

В соответствии с **НРБ** установлены следующие **категории облучаемых лиц**:

- **категория А** (персонал) — лица, постоянно или временно работающие с источниками ионизирующих излучений;
- **категория Б** — ограниченная часть населения, проживающая рядом с предприятиями, на которых находятся радиоактивные источники;
- **категория В** — остальное население страны.

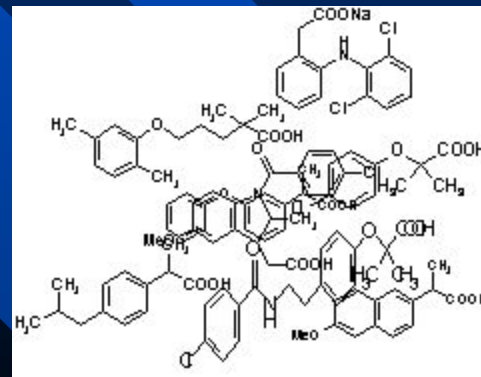
В **таблице** представлены **дозовые пределы внешнего и внутреннего облучения** для категорий **А и Б**.

Дозовые пределы, бэр/год	Группа критических органов		
	I	II	III
Предельно допустимая доза (ПДД) для категории А	5	15	30
Предельно допустимая доза (ПДД) для категории Б	0,5	1,5	3

Что студент реально должен знать по
поводу дисциплины **Экология**???

Природа знает лучше!!!

Большое спасибо за внимание!



ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛАЙДЫ

Различные органы человека (и животных) имеют определенную **чувствительность** к ионизирующим излучениям. Соответственно установлены **три группы критических органов**:

I — все тело, гонады и красный костный мозг;

II — мышцы, жировая ткань, щитовидная железа, печень, почки, селезенка, желудочно-кишечный тракт, легкие, хрусталик глаза и другие органы (за исключением тех органов, которые относятся к **I** и **III** группам);

III — кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, лодыжки и стопы.

Предельно допустимая доза (ПДД) является **наибольшей мерой индивидуальной эквивалентной дозы за год, при которой не вызывается неблагоприятных явлений в организме за 50 лет непрерывной работы.**

Эквивалентная доза Н (Зв или бэр), накопленная в критическом органе за **время Т (лет)** с **начала работы** (с источниками), не должна превышать величины **$H = ПДВ \cdot T$** .

Для обеспечения радиационной безопасности следует выполнять следующие общие **принципы защиты**:

- не превышать предельно допустимые дозы;
- применять метод защиты расстоянием, временем;
- применять защитные экраны, ослабляющие ионизирующие излучения;
- использовать средства индивидуальной защиты;
- применять исправные приборы индивидуального и общего контроля для определения интенсивности радиоактивного облучения;
- выполнять технические, санитарно-гигиенические и лечебно-профилактические мероприятия.

Выбор **защитного экрана** следует производить в зависимости от **вида ионизирующего излучения**. Для защиты от **α -излучения** применяют экраны из **стекла, плексигласа толщиной в несколько миллиметров** (слой воздуха в несколько сантиметров). В случае **β -излучения** используют **материалы с малой атомной массой** (например, алюминий), а чаще **комбинированные** (со стороны источника — материал с малой, а затем далее от источника — применяют материал с большей атомной массой).

Для защиты от **γ -излучений** применяют **материалы с большой атомной массой и высокой плотностью** (свинец, вольфрам), а также **более дешевые материалы и сплавы** (сталь, чугун). **Стационарные экраны** выполняются из **бетона**.

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ПРОДУКТОВ РАДИОАКТИВНОСТИ

Ионизирующие излучения представляют серьезную опасность для живых организмов биосферы, в особенности, для человека. С этим видом физических полей нужно проявлять особую осторожность, так как очень часто радиоактивность, не имея цвета, запаха, вкуса и т.п. (т.е. не воспринимаясь органами чувств человека), оказывает коварное воздействие на человеческий организм с летальным исходом.

Энергия ионизирующих излучений достаточна для того, чтобы вызвать **деструкцию атомных и молекулярных связей в живой клетке**, что очень часто и приводит к ее гибели. Чем интенсивнее процесс ионизации в живой ткани, тем больше биологическое воздействие этого излучения на живой организм. В результате сложных биофизических процессов, возникающих под воздействием ионизирующих излучений, в организме образуются разного рода **радикалы**, которые, в свою очередь, могут образовывать различные **соединения, не свойственные здоровой ткани**. Кроме того, **вызванное ионизирующим действием радиоактивности расщепление молекул воды на водород и гидроксильную группу** приводит к ряду нарушений в **биохимических процессах**. Под воздействием ионизирующих излучений в организме могут происходить **торможение функций кроветворных органов, подавление иммунной системы и половых желез, расстройства желудочно-кишечного тракта, нарушения обмена веществ, канцерогенные реакции и т. д.** При рассмотрении биологического действия радиоактивности различают **внешнее и внутреннее облучения**. **Внешнее облучение** представляет собой случай, когда **источник радиации находится вне организма и продукты радиоактивности не попадают внутрь организма**. При этом наиболее опасны **β - γ - рентгеновское и нейтронное облучение**. Этот случай на практике реализуется при работе на **установках, имеющих рентгеновское и γ -излучения, с радиоактивными веществами, запаянными в ампулах и т.п.**

Степень проявления отрицательных биологических эффектов находится в прямой зависимости от дозы облучения, времени облучения, его вида, индивидуальной особенности организма. Поражение кожи рук может быть хроническим и острым. Первые признаки хронического поражения: сухость кожи, появление язв, выпадение волос, ломкость ногтей. При остром лучевом ожоге кистей рук появляются пузыри, отеки, омертвление ткани, долго не заживающие язвы, на месте которых могут быть образованы раковые опухоли.

При жестком внешнем рентгеновском облучении возможен летальный исход без видимых изменений кожного покрова в то время, как α - и β -частицы вызывают только кожные поражения вследствие незначительной проникающей способности.

При попадании радиоактивных продуктов внутрь организма этот случай относят к внутреннему облучению, которое является очень опасным. При этом происходит поражение многих органов до тех пор, пока радиоактивное вещество не распадается или не покинет организм в результате физиологического обмена. Возможные пути попадания продуктов радиоактивного распада внутрь организма следующие: дыхательные пути, при питье, приеме пищи, курении. В редких случаях внутреннее облучение происходит через кожу.

Живые организмы постоянно подвергаются облучению за счет естественного фона (космическое излучение, радиоактивное излучение недр Земли, радионуклиды атмосферы, гидросферы, литосферы и т.д. и т.п.). Фоновое радиоактивное излучение состоит, в основном, из трех составляющих: природного фона, вызванного радионуклидами биосферы; техногенного фона, вызванного деятельностью человека; рентгенодиагностики.

Средняя годовая эквивалентная доза фонового радиоактивного излучения составляет примерно 240-250 мбэр:

- внутреннее облучение — примерно 135 мбэр;**
- источники земного происхождения — 35 мбэр;**
- космическое излучение — 30 мбэр;**
- рентгенодиагностика — 35-40 мбэр;**
- прочие — 2-5 мбэр.**

Заболевания, вызванные в результате воздействия ионизирующих излучений, делятся на две группы: **острые** и **хронические**.

Острое лучевое поражение возникает при **облучении большими дозами за короткое время**.

Протекание **острой лучевой болезни**, в основном, происходит по **четырем стадиям**:

- **первичная реакция** (через несколько часов после облучения появляется тошнота, головокружение, рвота, учащенный пульс, лейкоцитоз, слабость и т. п.);
- **скрытая стадия** (чем короче эта стадия, тем тяжелее исход болезни, видимое благополучие);
- **стадия разгара заболевания** (тошнота, рвота, сильное недомогание, высокая температура (**40 — 41 °C**), кровотечение из десен, носа и внутренних органов, резкое снижение лейкоцитов);
- **стадия выздоровления или летального исхода**.

Хроническая лучевая болезнь возникает при облучении **малыми дозами в течение длительного времени** и бывает как **общей**, так и **местной**. Их развитие происходит в **скрытой форме**.

Различают три степени **хронической болезни**:

- **легкая степень** (незначительные головные боли, слабость, нарушение аппетита и сна);
- **вторая степень лучевой хронической болезни** (усиление симптомов первой степени, нарушение обмена веществ, сердечнососудистые изменения, кровоточивость, расстройство пищеварительных органов и т.п.);
- **третья степень лучевой хронической болезни** (нарушение деятельности половых желез, изменения в центральной нервной системе, выпадение волос, кровоизлияния и т. п.).

При **однократном общем облучении** могут быть следующие последствия:

- **менее 50 бэр** — отсутствие клинических симптомов;
- **50 -г 100 бэр** — незначительное недомогание;
- **100 -г- 200 бэр** — легкая степень лучевой болезни;
- **200-н 400 бэр** — тяжелая степень лучевой болезни;
- **600 бэр и более** — крайне тяжелая степень (часто с летальным исходом).

ЭКОЛОГИЯ

Лекция 6.

- Экологические проблемы энергетики
- Антропогенное воздействие на окружающую среду

Энергетика – основа развития цивилизации. От ее состояния зависят темпы научно-технического прогресса, интенсификации производства и жизненный уровень людей.

Источники энергии, используемые для производства энергии, разделяют на **возобновляемые** и **невозобновляемые**.

К **невозобновляемым** источникам энергии относят **ископаемое топливо**: уголь, нефть, газ, торф, горючие сланцы и ядерную энергию деления урана и тория.

Возобновляемые источники энергии: энергия солнца, ветра геотермальная энергия, гидроэнергия рек, разные виды океанической энергии (морских волн, приливов и отливов, разницы температур воды и др.).

Эти две группы источников отличаются по воздействию на биосферу.

Возобновляемые источники неисчерпаемы и их использование не нарушает тепловой баланс Земли. Использование **невозобновляемых источников** энергии приводит к повышению температуры на Земле, истощению этих ресурсов, загрязнению окружающей среды.

Экологические проблемы традиционной энергетики

Основным способом получения энергии на сегодня является **сжигание угля, нефти (мазута), природного газа, горючих сланцев на тепловых станциях (ТЭС)**. Примерно **70%** электроэнергии вырабатывается на ТЭС. **Теплоэлектростанции (ТЭЦ)** кроме электрической энергии вырабатывают тепловую энергию в виде **подогретой воды и пара**.

В мировом масштабе **гидравлические станции (ГЭС)** обеспечивают получение около 7% электроэнергии. **Атомные электростанции (АЭС)** вырабатывают около 20% электроэнергии, причем в ряде стран она является **преобладающей** (Франция ~ 74%, Бельгия ~ 61%, Швеция ~ 45%). В **Украине** из всех видов энергии наибольшее распространение получила теплоэнергетика: **установленная мощность ТЭС – 67,5%, АЭС – 23,5%, ГЭС – 8,7%**.

Себестоимость производства энергии ниже всего для ГЭС. Для ТЭС и АЭС она отличается незначительно, она зависит от места расположения станции, вида используемого топлива, способов удаления, хранения и захоронения отходов и других факторов.

Воздействие тепловой энергетики на окружающую среду

Влияние тепловой энергетики на окружающую среду зависит от вида используемого топлива. **Наиболее чистым топливом** является природный газ, далее следуют нефть (мазут), каменный уголь, бурый уголь, сланцы.

Обеспечение топливом Украины одна из важнейших проблем. Наша страна обеспечена собственным углем ~ на **95-100%**, природным газом ~ на **25%** и нефтью ~ на **10%**. Поэтому значительная часть ТЭС работает на угле.

В результате работы ТЭС в связи с **недостаточной очисткой топочных газов и сжиганием низкосортного топлива** в атмосферу поступают различные **газообразные загрязнители**, такие как угарный газ (CO), углекислый газ (CO_2), оксиды азота (NO , NO_2), углеводороды ($\text{C}_m \text{H}_n$), а также высокотоксичное вещество бензапирен. ТЭС работающие на угле являются также источником выбросов **диоксида серы (SO_2)**. Поступление этих загрязнителей в атмосферу вызывает массу **экологических проблем** (**парниковый эффект, смоги, кислотные дожди, нарушение озонового слоя** и др.).

При работе **ТЭС на угле** образуются также **зола, шлаки**, для складирования которых **требуются огромные территории земель**. Зола и шлак содержат в своем составе кроме нетоксичных составляющих еще и **тяжелые металлы, радиоактивные элементы** в незначительном количестве, которые разносятся ветром и накапливаются на прилегающей территории. **Большие объемы воды** расходуются на ТЭС на охлаждение агрегатов.

ТЭС является источником **теплового загрязнения**. Вода, используемая для охлаждения агрегатов, проходит охлаждение в градирнях, прудах–охладителях и зачастую теплая сбрасывается в водные объекты, обуславливая их тепловое загрязнение. **Выбросы большого количества тепла и углекислого газа способствуют повышению температуры на Земле.**

Значительные территории земель отводятся при добыче угля для складирования пустой породы. Отвалы пустых пород пылят, часто самовозгораются и являются источников выбросов в атмосферу продуктов их горения.

Воздействие ядерной энергетики на окружающую среду

Ядерная энергетика до недавнего времени рассматривалась как наиболее перспективная. Первая АЭС была введена в эксплуатацию в Обнинске под Москвой в 1954 году. Мощность ее составляла 5000 квт. В середине 80-х годов в мире насчитывалось более 400 АЭС.

За 30 лет существования АЭС в мире произошло три больших ядерных катастрофы: в 1957 г. – в Великобритании; в 1979 г. в США и в 1986 г. на Чернобыльской АЭС. Кроме того, ежегодно в мире на АЭС в среднем происходит 45 пожаров.

Во время аварии в Чернобыле в атмосферу поступило около 450 типов **радионуклидов**. Наиболее распространенные **радионуклиды**: короткоживущий **йод-131**, долгоживущие – **стронций-90**, **цезий-131**, усваиваемые живыми организмами. Искусственный элемент **плутоний**, образуется в реакторах АЭС – наиболее токсичное вещество, созданное человеком. После Чернобыльской катастрофы главную опасность АЭС стали связывать с **возможностью аварий**. Отдельные страны приняли решение о полном запрете на строительство АЭС. В их числе Бразилия, Швеция, Италия, Мексика.

Топливо-энергетический комплекс АЭС включает добычу урановой руды, выделение из нее урана (обогащение), производство ядерного топлива, использование его в ядерных реакторах, обработку, транспортировку и захоронение радиоактивных отходов.

Радиоактивные отходы образуются на всех стадиях топливно-энергетического цикла и требуют специальных методов обращения с ними. **Наиболее опасным** является **отработанное в реакторе топливо**. В процессе выгорания ядерного топлива выгорает лишь 0,5 – 1,5%, остальную массу составляют радиоактивные отходы. Часть их подвергается переработке, основная же масса – **захоронению технология которого очень сложная и дорогостоящая**.

АЭС является источником **теплового загрязнения**. На единицу выпускаемой продукции на АЭС в 2 – 2,5 раза больше выбрасывается тепла, чем на ТЭС. Объем подогретых вод на АЭС также значительно больше. **Срок эксплуатации АЭС составляет около 30 лет**. Значительные затраты требуются для вывода АЭС из эксплуатации. Основное решение этого вопроса заключается в устройстве саркофага над ними и дальнейшего обслуживания его в течение длительного времени.

Воздействие гидроэнергетики на окружающую среду

Гидравлические электростанции используют **возобновляемую энергию** падающего потока воды, которая потом преобразуется в электрическую.

Основные экологические проблемы ГЭС связаны *с созданием водохранилищ и затоплением значительных площадей плодородных земель.*

В результате **повышения уровня воды** происходит *подтопление* прилегающих к водохранилищам территорий, **заболачивание, дополнительное выведение из сельскохозяйственного оборота земель.** Особенно эти проблемы характерны для **равнинных рек.** Так, например, на Днепре создано шесть водохранилищ, в результате 500 тыс. га земель затоплено и около 100 тыс. га подтоплено и засолено. С затопленных территорий отселены жители многих сел, проложены новые коммуникации, дороги и т.д.

В **горных районах** где водохранилища обычно занимают небольшие территории, воздействие на окружающую среду ГЭС значительно меньше. В некоторых странах с горным рельефом значительную часть энергии получают за счет гидроэнергетики (в Норвегии ГЭС обеспечивают 97% электроэнергии).

С созданием водохранилищ нарушается *миграция проходных рыб* к своим обычным нерестилищам. Много рыбы погибает при попадании в лопасти турбин. В водохранилищах происходят **большие потери воды за счет испарения со значительных водных поверхностей.** С **повышением испарения** происходит **понижение температуры, увеличение туманных явлений.** В водохранилищах **снижается степень проточности воды, интенсивности водообмена,** что приводит к накоплению загрязнителей ухудшению качества воды. В них увеличивается количество органических веществ за счет ушедших под воду экосистем (древесина, другие растительные остатки, гумус почв и т.д.).

При **создании водохранилищ снижается приток пресной воды в моря, озера,** куда впадают эти реки, это приводит к **снижению уровня воды в морях, увеличению солености воды, гибели многих видов рыб.**

Альтернативные источники энергии

Исчерпание полезных ископаемых и высокий уровень воздействия на окружающую среду традиционной энергетики вызвал во всем мире поиск и использование нетрадиционных альтернативных источников энергии. К альтернативным источникам энергии относятся возобновляемые источники – энергия солнца, ветра, геотермальная, океаническая, энергия биомассы, термоядерная энергия и другие источники.

Энергия Солнца - практически неисчерпаемый источник энергии. Использование лишь 1% солнечной энергии могло бы обеспечить все сегодняшние потребности мировой энергетики. Главное – ее использовать так, чтобы ее стоимость была минимальной. По мере совершенствования технологий и удорожания традиционных энергоресурсов, эта энергия будет находить все большее применение.

Солнечную энергию можно использовать в двух направлениях:

- прямое использование для отопления, горячего водоснабжения;
- преобразование ее в электрическую.

Использование солнечного тепла наиболее простой и дешевый способ. Наиболее распространен способ улавливания солнечной энергии с помощью различного типа коллекторов. Целенаправленное использование энергии солнца пока невелико, но все время интенсивно увеличивается.

Преобразование солнечной энергии в электрическую осуществляется с помощью фотоэлектрических преобразователей (солнечных батарей) или путем нагревания воды до кипения с получением пара, приводящего в действие турбогенераторы. Основные трудности применения фотопреобразователей связаны с высокой металлоемкостью, их дороговизной, а также необходимостью отведения для их размещения больших территорий. В настоящее время проводят исследования по замене металлических фотопреобразователей на эластичные синтетические с использованием крыш и стен домов для размещения батарей.

Солнечная энергия используется в автомобильном, морском, авиационном транспорте, на космических станциях и спутниках. К середине XXI века доля солнечной энергии в общем объеме вырабатываемой энергии составит от 10 до 20%.

Энергия ветра. Использование ветровой энергии известно с древности, а в последнее время интерес к ней значительно возрос. Так, в США используется несколько десятков тысяч ветровых агрегатов. Существенными установленными мощностями располагают Великобритания, Германия, Дания, Нидерланды, Швеция и другие страны.

К настоящему времени испытаны **ветродвигатели** различной мощности вплоть до гигантских. Более экономичными являются комплексы из небольших ветровых установок, объединенных в одну систему.

Основные факторы воздействия на окружающую среду – **высокая металлоемкость ветроустановок, отчуждение больших земельных территорий, вибрационное и шумовое воздействие, гибель перелетных птиц под ударами лопастей.** Особенно высокое шумовое воздействие возникает при эксплуатации мощных установок. С учетом экологических факторов **солнечные и ветровые электростанции** уже сегодня **более экономичны**, чем **тепловые и атомные.**

Геотермальная энергия основана на использовании глубинного тепла Земли. Она может использоваться в виде **тепловой энергии** (столица Исландии Рейкьявик получает тепло исключительно от горячих подземных источников) и **для получения электроэнергии.**

Геотермальные станции устроены относительно просто, здесь не требуется топливо, золоуловители. **Пар, откачиваемый из скважин, поступает в турбины и приводит в действие электрогенераторы.**

Основные экологические проблемы геотермальных станций связаны с **отработанными минерализованными водами.** При отсутствии обратной закачки отработанных вод возникает опасность засоления водных объектов, почв; также происходит тепловое загрязнение окружающей среды, просадка земной поверхности над разрабатываемым геотермальным пластом.

В Украине перспективными зонами для использования геотермальной энергии являются Карпаты, Закарпатье, Крым, однако это направление развивается слабо.

Энергия морей и океанов. Энергетические ресурсы океана представляют большую ценность, как возобновляемые и практически неисчерпаемые ресурсы. К ним относится энергия приливов и отливов, волн, течений, разницы температур на различных глубинах. В настоящее время эта энергия используется незначительно из-за высокой стоимости. Однако, инженерные расчеты и проекты показывают, что это энергия будущего и возможно использование ее гораздо шире.

Энергия биомассы. Биомасса – древесина, отходы лесоперерабатывающей и бумажной промышленности, бытовые отходы, навоз, осадки очистки канализационных стоков и т.д.

В биомассе ежегодно концентрируется до 1% солнечной энергии, однако она превышает ту, которую человек получает из различных источников.

Наиболее простой способ использования биомассы, это **прямое сжигание**. Такой способ используется в развивающихся странах.

Более рациональной является **переработка биомассы в биогаз, этиловый спирт**. Путем **анаэробного сбраживания (без доступа кислорода) органических отходов: отходов животноводства, осадков очистки канализационных стоков, растительных сельскохозяйственных отходов** получают биогаз и осадок, используемый как удобрение.

В Европе получило развитие **выращивание масляничной культуры – рапса, который затем полностью перерабатывается в дизтопливо по очень простой технологии**.

В Украине “биогазовое направление” переработки многочисленных органических отходов, является перспективным для сельскохозяйственных и коммунальных предприятий.

АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Антропогенное воздействие на атмосферу

К *основным загрязняющим веществам*, поступающим в атмосферный воздух, относятся:

- оксид углерода (CO),
- оксиды азота (NO_x), под общей формулой NO_x , обычно подразумевают сумму NO и NO_2
- диоксид серы (SO_2),
- углеводороды (C_mH_n),
- ПЫЛЬ

Эти вещества составляют **98%** от массы всех остальных загрязнителей и потому их называют *основными*.

Основные загрязняющие вещества атмосферы имеют природное и антропогенное происхождение. *Природное происхождение*: вулканизм, почвенные процессы, поверхность морей, океанов, пыльные бури, лесные пожары и др., а для оксидов азота кроме того, – грозвые разряды.

Антропогенное происхождение:

Оксид углерода (CO) – самая распространенная и наиболее значительная примесь атмосферы. Основная масса выбросов CO образуется в процессе сжигания топлива – автотранспорт, ТЭС, котельные промышленность. **Наиболее высокая концентрация CO наблюдается на улицах и площадях с интенсивным движением транспорта.** CO – агрессивный газ, легко соединяющийся с гемоглобином крови, образуя карбоксигемоглобин. При этом ухудшается острота зрения, нарушаются функции головного мозга, деятельность сердца, легких, возникает головная боль, сонливость, нарушается дыхание. Степень воздействия CO на организм человека зависит от длительности воздействия и содержания карбоксигемоглобина. В атмосфере CO постепенно окисляется до CO_2 .

Оксиды азота (NO_x), – образуются в процессе горения при высокой температуре при окисления части азота находящегося в атмосферном воздухе. Основными источниками выбросов NO_x являются автотранспорт, ТЭС, промышленные печи и др. Другими источниками NO_x являются промышленные предприятия, производящие азотные удобрения, азотную кислоту, анилиновые красители, вискозный шелк и др. При контакте NO_x с водяным паром, поверхностью слизистой образуются кислоты, что может привести к отеку легких.

Диоксид серы (SO_2). На его долю приходится до 95% от общего объема сернистых соединений, поступающих от антропогенных источников. Основным источником является **сжигание угля, мазута** на ТЭС, в котельных, в промышленности. Другими источниками SO_2 являются **металлургия, строительная промышленность, производство серной кислоты** и другие виды промышленности.

Диоксид серы раздражает слизистую оболочку рта, глаз, во рту возникает неприятный привкус, при соединении с влагой воздуха или слизистой образуется серная кислота.

Углеводороды (C_mH_n). Основной техногенный источник – пары бензина, метан, пентан, гексан – автотранспорт. При **неполном сгорании топлива** происходит также **выброс циклических углеводородов**, обладающих канцерогенными свойствами. Углеводороды обладают наркотическим действием, вызывают головную боль, головокружение, кашель, неприятные ощущения в горле.

Основные источники образования **пыли** в атмосфере: **строительная промышленность, ТЭС, которые потребляют уголь высокой зольности, черная и цветная металлургия, места складирования промышленных и бытовых отходов, автотранспорт, карьеры добычи полезных ископаемых, разработанные грунты** и т. д. Размеры пылинок в воздухе составляют от сотых долей до нескольких десятков микрометров. Чаще всего в их составе обнаруживаются соединения кремния, кальция, углерода, а также оксиды металлов.

Пыль оказывает вредное воздействие на человека, растительный и животный мир, у людей могут возникать специфические заболевания.

Глобальные экологические проблемы, связанные с загрязнением атмосферы

К глобальным экологическим проблемам вследствие загрязнения атмосферы многие ученые относят:

- нарушение озонового слоя;
- парниковый эффект;
- кислотные дожди;
- смоги.

Нарушение озонового слоя

Озон O_3 - микрогаз, входящий в состав воздуха, представляет собой третью **аллотропную форму** кислорода. **Аллотропия** - свойства некоторых химических элементов существовать в свободном виде в нескольких видоизменениях различных по физическим и химическим свойствам, например, углерод существует в виде угля, графита и алмаза. **Две другие аллотропные формы** - это **атомарный кислород O** и **молекулярный кислород O_2** . Газ **синего цвета**, в жидком состоянии **темно-синий**, в твердом - **сине-фиолетовый**. Озон был открыт в **1840 г.** известным немецким химиком **Христианом Шенбейном**. За его специфический запах **Шенбейн** назвал его "**пахнушим**" (озон - по гречески пахнувший). **Малые концентрации озона** в воздухе создают **ощущение свежести**, что можно ощущать после грозы. Однако вдыхание воздуха с концентрацией озона более **0.002-0.2 мг/л** вызывает **раздражение дыхательных путей, кашель, рвоту, усталость**. Озон **ядовит для людей, животных и растений**. Предельно допустимая концентрация (**ПДК**) озона в воздухе рабочей зоны - **0.1 мг/м³**, в атмосферном воздухе - **0.16 мг/м³**. В присутствии оксидов азота токсичность озона увеличивается в **20 раз**. Растворимость озона в воде почти в **7 раз** выше растворимости кислорода. В кислой среде растворимость озона падает, в щелочной - **возрастает**. **Гораздо выше растворимость озона в галогеноуглеводородах** (в зависимости от температуры в **2-1000** и более раз!). Это свойство используют при его **хранении**, т.к. озон **взрывоопасен во всех агрегатных состояниях**.

Нижний критический предел взрывоопасности для озонородной смеси **9%** при более высоком содержании озона смеси взрываются **под влиянием внешнего импульса**.

В **ультрафиолетовом спектре** озон имеет сильную **полосу поглощения** в интервале **0.2-0.3 мкм (200-300 нм)** с максимумом при **длине волны** равной **0.255 (полоса Гартлея)**. В связи с **низкой энергией отрыва атома О** от молекулы **O₃** озон является **сильным окислителем**. Он окисляет **все металлы**, за исключением **золота** и **металлов платиновой группы** (семейство элементов восьмой группы периодической системы, включающее платину, рутений, родий, палладий, осмий и иридий; вместе с золотом и серебром они составляют группу **благородных металлов**). Озон **реагирует с большинством других элементов**, переводит низшие оксиды в высшие и др. Озон **окисляет многие органические вещества** - олефины, ароматические соединения, насыщенные углеводороды, спирты и др., при этом в качестве промежуточных веществ образуются продукты присоединения озона, которые называются **озонидами**.

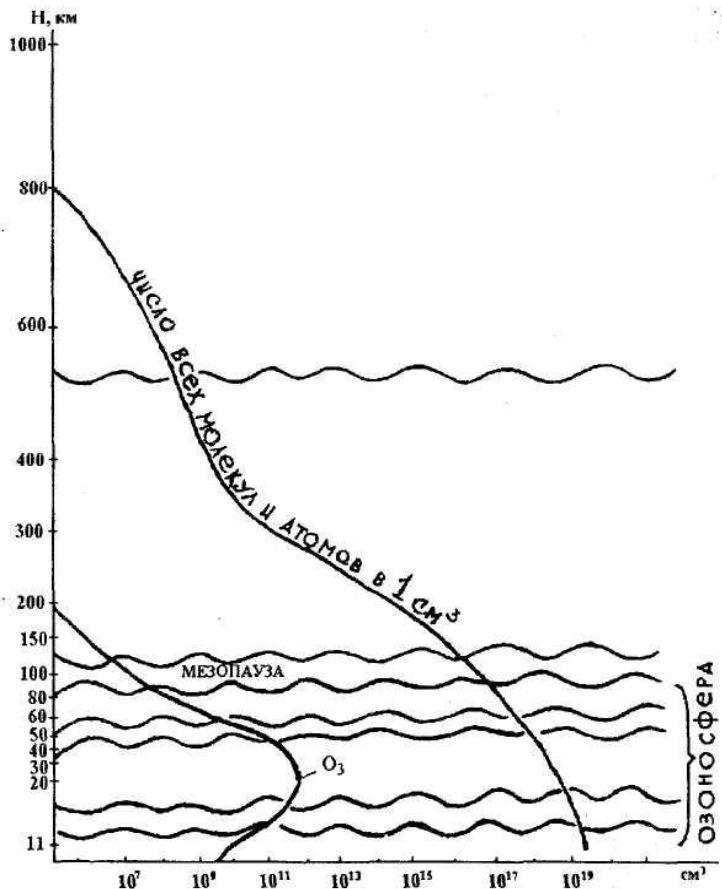
Общая масса озона в атмосфере Земли 4•10⁹ т, т.е. всего **0.64•10⁻⁶** от массы **всей атмосферы**.

Содержание **озона (O₃)** в **стратосфере 1-8 млн⁻¹** и порядка **1-100 млрд⁻¹** - в **тропосфере**.

Загрязняющая деятельность человечества пока серьезно затронула только **тропосферу и стратосферу**. В связи с нашим рассмотрением **вертикального распределения озона в атмосфере** будут фигурировать **только тропосферный и стратосферный озон**.

В литературе по **аэрономии** (науке, изучающей строение, физику и химию атмосферы, в том числе и проблему озона) встречаются самые различные **единицы измерения содержания озона**: **микрограммы на граммы, приведенные сантиметры, нанобары, миллиметры ртутного столба** и многие другие. В настоящее время **наиболее распространены** следующие **единицы измерения**:

- для определения **количества озона в какой-либо точке атмосферы** пользуются понятием **концентрации озона**, т.е. **числом молекул в одном кубическом сантиметре газа** - для **тропосферы и стратосферы** характерны колебания **концентраций O₃** в рамках **10¹¹-10¹² см⁻³**.



- для определения **общего количества озона в столбе атмосферы** пользуются **единицами Добсона** - сокращенно **е.Д.** - рисунок. Чтобы понять смысл **единиц Добсона**, нужно представить себе, что из **столба атмосферы с единичным сечением "извлекли" все молекулы O_3** и осадили их на горизонтальную площадку на поверхности Земли. Тогда они **покроют площадку слоем, равным в среднем для всей земной атмосферы 2.9 мм.** Толщина этого слоя в одну тысячную долю сантиметра и соответствует **одной единице Добсона.**

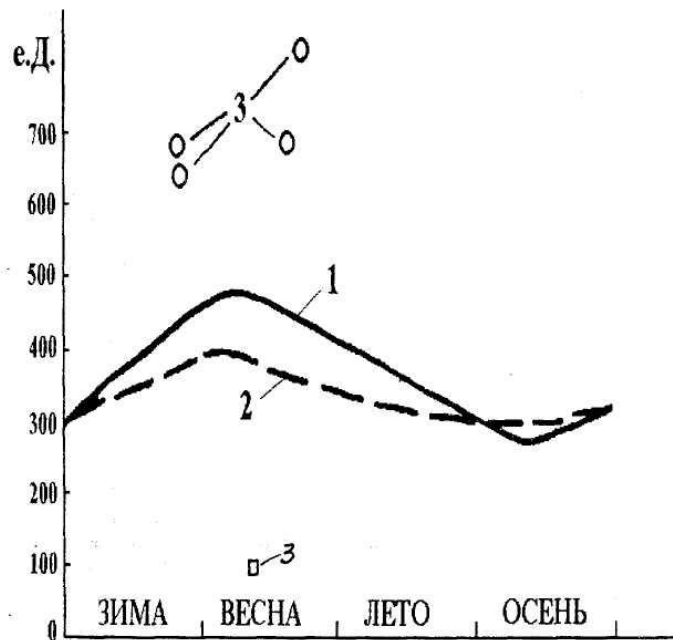
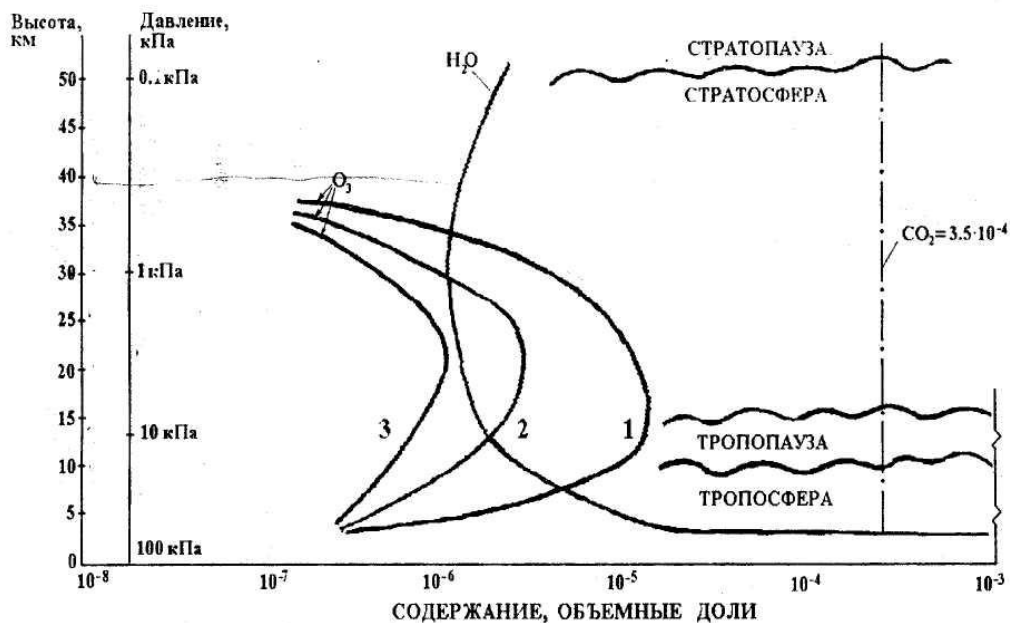
ШИРОТНЫЕ И ВРЕМЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ОЗОНОВОГО СЛОЯ

Общее количество озона колеблется в довольно широких пределах от 120 до 760 е.Д. при среднем (в течение года и по всему земному шару) значении 290 е.Д. Большая часть этих изменений носит **регулярный характер** и относится к **сезонным и широтным колебаниям.**

Существуют и другие **регулярные колебания общего количества озона в земной атмосфере.** Это **колебания, связанные с солнечной активностью** и в первую очередь с известным **11-летним циклом** (часто называемым **циклом солнечных пятен**).

У специалистов сегодня пока складывается мнение, что **амплитуда этих колебаний мала** и не превышает нескольких процентов от **среднего значения.** Другими регулярными колебаниями являются **колебания с периодом в 26 месяцев.** Это явление носит название **квазидвухлетних колебаний** и проявляется прежде всего в **изменении зонального (то есть дующего вдоль параллели) ветра в экваториальной атмосфере.** Например, если измерять **зональный ветер** в атмосфере над какой-либо точкой экватора, то обнаружим, что **два года и два месяца подряд ветер дует с запада, а потом резко меняется и дует с востока.** Природа этого явления не понятна, но факт **квазидвухлетних вариаций** налицо. И не только в **стратосферном ветре над экватором.**

Колебания общего количества озона в результате квазидвухлетнего цикла лучше всего выражены **в тропической зоне**. Там **амплитуда** составляет в среднем **половину амплитуды сезонных вариаций**. С ростом широты в обоих полушариях квазидвухлетние озоновые колебания **ослабевают**. И еще, прежде чем перейти к **широтным** и **сезонным внутригодовым колебаниям**, отметим, что случаются **нерегулярные, случайные** и потому мало объяснимые озонные колебания в атмосфере. Продолжаются они не более **одних-двух суток**, но этим "вспышкам" принадлежат рекорды общего содержания озона: например, во **Франции на острове Кергелен 17.05.1958 г.** было зарегистрировано **760 е.Д.** в **Якутске в феврале 1962 - 576 е.Д.** тогда же на **Диксоне - 600 е.Д.** Но вернемся к рассмотрению самых регулярных и больших колебаний озонового слоя - к **широтным** и **сезонным колебаниям**. Как они выглядят, показано на **рисунках**.



Изменение содержания O_3 , H_2O и CO_2 в пределах тропо- и стратосферы. 1 - полярные широты; 2 - средние широты; 3 - тропики;

Сезонные колебания общего количества озона в атмосфере: 1 - кривая, характерная для высоких широт; 2 - кривая, характерная для средних широт ($30^\circ-70^\circ$); 3 - экстремальные наблюдаемые значения общего количества озона: \circ - в северном полушарии, \square - в южном полушарии.

Почему же происходят **сезонные и широтные колебания в озонном слое?**

Виной таким колебаниям являются **фотохимические и динамические процессы**, характерные для земной атмосферы. Рассмотрим их подробнее. Под влиянием **ультрафиолетового излучения Солнца**, которое мы обозначим $h\nu$, в атмосфере происходит **диссоциация молекулы кислорода на два атома**: $O_2 + h\nu \rightarrow O + O$. Образовавшиеся атомы кислорода либо соединяются вновь между собой в присутствии третьей молекулы M : $O + O + M \rightarrow O_2 + M$, либо взаимодействуют с молекулой O_2 (также в присутствии другого тела), образуя молекулу озона: $O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M$. На озон, так же как и на молекулярный кислород, **влияет солнечная радиация**, под действием которой **он разрушается**: $O_3 + h\nu \rightarrow O_2 + O$. Кроме этого, будучи химически активными, атомы O и молекулы O_3 могут активно взаимодействовать между собой: $O + O_3 \rightarrow O_2 + O_2$. В последней реакции гибнут сразу две кислородные активные частицы, родившиеся в результате предыдущих реакций, а образуются молекулы O_2 , которых в атмосфере и так много. Значит то, **сколько в конце концов будет в атмосфере молекул озона**, определяется как **скоростью его образования**, так и **скоростью его гибели**. Если **солнечное излучение отсутствует или ослаблено** (ночь, зима, весна и осень в высоких широтах и т.д.), **все разрушения молекул O_3 определяются их взаимодействием с атомами кислорода (последняя реакция)**. Такую схему процессов для описания поведения озона впервые предложил в **1930 г.** английский геофизик **Чепмен**, поэтому она получила название **цикл Чепмена**. Сейчас в **цикл Чепмена, описывающий поведение O и O_3 в атмосфере**, включают уже **около двух десятков реакций**, учитывающих все нюансы процесса, в том числе **влияние и других газов**. Задавшись **потокм солнечного излучения и константами химических реакций**, можно рассчитывать **равновесные концентрации озона на разных высотах**. **Равновесная концентрация** - это та концентрация, которая образуется и существует за время жизни микрогаза в атмосфере при двух одновременно действующих фотохимических реакциях: **образования и разрушения молекул**. Учитывают и еще один фактор - «**время жизни**» или «**время пребывания**» **Время жизни** (ионов, электронов, атомов, молекул) обозначается обычно через $t_{\text{ф}}$, и представляет собой **время, которое данная частица (например, молекула озона) успевает просуществовать между рождением в одном процессе и гибелью в другом**. Таким образом, $t_{\text{ф}}$ будет представлять **фотохимическое время жизни озона, или время жизни относительно фотохимических процессов**.

Для озона, как показывают расчеты, имеется два случая на разных высотах в стратосфере. На высоте около 40 км фотохимическое время жизни для озона t_f составляет примерно три часа. Чтобы понять, много это или мало, надо сравнить t_f со временем динамических процессов t_d которые идут в стратосфере и составляют примерно одни сутки. Значит, на высоте 40 км фотохимические процессы идут быстрее динамических (после своего рождения молекула O_3 существенно не сместится, прежде чем погибнет), т.е. $t_f < t_d$ и концентрация озона на этих высотах соответствует только условиям фотохимического равновесия.

Совершенно иная ситуация имеет место на высоте 15 км - в самой нижней части стратосферы. Здесь фотохимическое время жизни озона очень велико - более 100 суток. Это существенно больше времени жизни динамических процессов (одни сутки), и поэтому последние будут успевать повлиять на судьбу молекул O_3 за длинное время их жизни. И в этом случае концентрация озона не будет соответствовать фотохимическому равновесию, а будет отражать интенсивность динамических процессов.

Наибольшее влияние на мощность озонового слоя оказывают вертикальные движения воздуха, связанные с общей циркуляцией атмосферы. Например, поток воздуха в стратосфере направлен вниз. Но чем ниже, тем слабее источники разрушения озона (ультрафиолетовые активные солнечные лучи поглотились выше, атомов кислорода мало), тем дольше озон живет, тем до больших концентраций будет он накапливаться. Значит, нисходящие потоки воздуха в стратосфере должны приводить к утолщению слоя озона, т.е. к увеличению его общего количества.

Наоборот, при восходящих потоках воздуха образующийся в максимуме слой озона будет попадать в область с очень коротким временем жизни (ультрафиолетовых солнечных лучей больше, атомов гоже, т.е. существуют условия для осуществления разрушительных реакций). Следовательно, при восходящих потоках слой озона должен быть "тонким" и поднятым вверх, а общее количество озона должно быть меньше, чем при нисходящих.

УМЕНЬШЕНИЕ СЛОЯ СТРАТОСФЕРНОГО ОЗОНА, ОЗОНОРАЗРУШАЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА.

Человечество полностью заселило планету. Заселило и **загрязнило**. Загрязнило **Мировой океан**, подземные и поверхностные воды, почвы и приземный воздух. **Деятельность человека угрожает стратосфере**, а именно, **сохранности озонного экрана планеты**. Как показывают исследования последних десятилетий, **стратосферного озона становится меньше**.

Наиболее широко во всем мире для проведения наблюдений за количеством озона применяется **модифицированный спектрометр Добсона**, представляющий собой **комбинацию спектральной** (для выделения нужных волн спектра) и **измерительной** (для регистрации интенсивности) аппаратуры. **Метод измерения количества озона основан на определении степени поглощения и рассеивания лучей определенных длин волн. Точность метода $\pm 0.5\%$** . Однако в самое последнее время в практику озонных измерений стали проникать **радиофизические методы** - более точные и надежные, которые, скорее всего, в недалеком будущем займут ведущее место в системе глобального мониторинга.

Специалисты во многих отраслях человеческой деятельности давно уже пользуются термином **«тренд»** который обозначает **тенденцию изменения какого-либо параметра во времени**. Нас интересует **«тренд» общего количества озона в стратосфере, в какую сторону (уменьшение или увеличение) он направлен и его величина**. Выделять многолетние тренды **общего количества озона** очень трудно, поскольку существует **сильная межгодовая, сезонная, межсуточная и даже внутрисуточная изменчивость этой величины**. Поиск «тренда» идет на фоне регулярных и нерегулярных вариаций, которые отличаются не на **1-2**, а на **десятки процентов**. Тренды **общего количества озона (%) с 1969 по 1986 гг. для разных сезонов и широтных зон северного полушария** приведены в **таблице слева на следующем слайде**. Тренды, приведенные в этой таблице, отражают **обобщенные результаты наблюдений наземных станций**, а в **таблице на следующем слайде справа** приведены значения **трендов за период с 1979 по 1985 гг. полученные по наблюдениям со спутников**.

Широта	53° - 64°	40° - 52°	30° - 39°
Зима	-6.2 ± 1.5*	-4.7 ± 1.5*	-2.3 ± 1.3*
Лето	+0.4 ± 0.8*	-2.1 ± 0.7*	-1.9 ± 0.8*
Среднее за год	-2.1 ± 0.7*	-3.0 ± 0.8*	-1.7 ± 0.7*

Средний тренд для широт в %				
0-53° с.ш.	0-53° ю.ш.	29°-39° с.ш.	39°-53° с.ш.	53°-65° с.ш.
Период с 1979 по 1985 гг.				
2.6±0.9	-2.1±1.5	-3.7±2.0	-2.7±1.7	-2.4±1.6
Период с 1979 по 1987 гг.				
2.5±0.6	-2.6±0.9	-1.8±1.4		
Средний тренд по земному шару без высоких широт				
-2.6±0.5				

Анализируя результаты трендов, приведенных в этих таблицах и полученных из разных источников (наземные станции и спутники), надо отметить, что **существует устойчивая разница** между **началом наблюдений** (1969 г. для наземных станций и 1979 г. для спутников) и **уровнем 1985-1987 гг.** Согласно этим данным, **средний тренд по обоим видам наблюдений составляет 2.5%** что **значительно больше** величины **возможной ошибки измерения, оцененной в +0.5%** Отсюда вывод: **последние два десятилетия наблюдается уменьшение общего количества озона в стратосфере** и на сегодняшнем этапе мониторинга озона это **уменьшение возможно оценить величиной, приблизительно равной 2%** Медики говорят, что **уменьшение общего количества озона даже на 1%** может вызвать **рост рака кожи на 10-20%** Вот насколько мы уязвимы и как важен для нас защитный озонный экран. Одни связывают **уменьшение озона с уменьшением солнечной активности в результате 11-летнего цикла**, а другие - с **антропогенными загрязнителями атмосферы**. Яркий пример того, как **загрязнение атмосферы (глобальное по своему характеру)** может приводить к **катастрофическим локальным изменениям общего количества озона**, является **феномен его весеннего снижения над Антарктидой**, получивший название **озонной «дыры»** Рассмотрим, в **результате каких антропогенных воздействий** может разрушиться **озонный экран в стратосфере**.

ВРАЖДЕБНЫЕ ОЗОНУ СЕМЕЙСТВА: NO_x , HO_x , ClO_x

Катализ - явление изменения скорости протекания реакций, вызываемого различными химическими веществами. Вещества, которые изменяют скорость химических реакций одним только своим присутствием, а сами не изменяются, называются **катализаторами**. Именно такими **катализаторами** в процессах разрушения стратосферного озона являются группы **окислов азота, водорода и хлора**, которые обозначают как "семейства" NO_x , HO_x , ClO_x .

Мы ограничимся лишь конечными с точки зрения обсуждения судьбы озона **этапами каталитических циклов**. Однако надо иметь в виду, что приведенные ниже **катализаторы** (NO и NO_2 , HO и HO_2 , ClO и Cl) образовались в атмосферном воздухе в результате **других реакций** с участием химических реагентов, поступающих в атмосферу в виде **продуктов естественных природных процессов** или **антропогенного загрязнения**. Рассмотрим эти **каталитические реакции**.

В **1971 г.** почти одновременно в научных журналах появились две независимые работы, посвященные одной проблеме - **сохранности озонного экрана стратосферы**. Рассматривая фотохимические процессы, идущие в стратосфере, американский ученый **Гарольд Джонстон** и немецкий ученый **Пауль Крушен** обратили внимание на цикл из двух реакций:



Чем же интересны эти реакции? Посмотрите на их **левые части**. **Погибла одна молекула оксида азота и одна молекула диоксида азота**. А что же в **правой части**? **Появились по одной молекуле NO и NO_2** . Значит, **расхода ни оксида, ни диоксида азота в этих двух реакциях не происходит**, эти вещества являются **катализаторами**. Что же происходит? Вновь посмотрим на **левые и правые части** реакций. **Исчезли** (вступили в реакцию) **атом O и молекула O_3** а **образовались две молекулы O_2** . Если записать то, что произошло, в виде одной результирующей реакции, то, очевидно, можно получить: $\text{O} + \text{O}_3 \rightarrow \text{O}_2 + \text{O}_2$.

Эта реакция играет **важную роль** в **установлении равновесной концентрации озона**.

Отличие системы двух предыдущих реакций от последней реакции в том, что **эффективность систем** зависит от концентрации окислов азота NO_2 и NO , выступающих в роли катализатора. Очевидно, что **при достаточно высоких концентрациях NO и NO_2 скорость гибели O и O_3 в результате действия каталитической системы двух реакций может стать во много раз выше**, чем по последней реакции, которая играет в атмосфере важную роль и определяет, как мы уже говорили, **равновесную концентрацию озона**. Значит, **если эффект каталитической системы сильнее эффекта последней реакции**, то концентрация O_3 в атмосфере будет определяться уже **скоростью гибели O и O_3 в системе реакций** и будет меньше, чем в случае действия только **последней реакции**. Насколько будет меньше концентрация озона - это зависит только от того, **сколь велики будут концентрации катализаторов**. Таково упрощенное изложение **основной идеи Джонстона и Крутцена**. Ясно, что **если в результате деятельности человека количество оксидов азота в стратосфере возрастает выше определенного уровня равновесная концентрация озона начнет падать**. В принципе не важно, **какие конкретно окислы азота (NO_2 , NO , N_2O) будут попадать в атмосферу**. В ходе быстрых реакций с кислородными соединениями между окислами азота устанавливается **внутреннее соотношение**, поэтому, для **проблемы разрушения озона существенно лишь суммарное количество попадающих в атмосферу азотных соединений**. Обозначим их условно NO_x .

Каталитический цикл разрушения озона возможен при участии не только **оксидов азота NO_x** , но также и **оксидов водорода**. В этом случае каталитический цикл выглядит так:



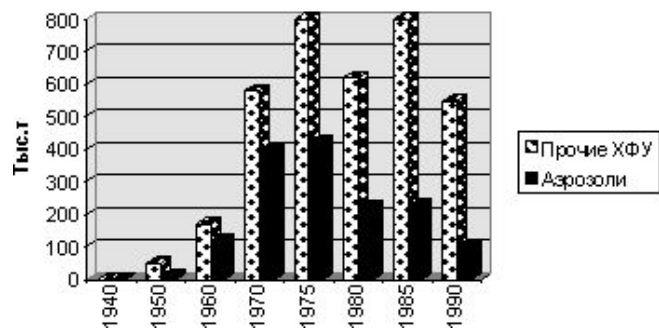
Выглядит все так, как с **азотным циклом**. И смысл тот же: **молекула гидроксила OH погибла - молекула перекиси водорода H_2O_2 образовалась, молекула H_2O_2 погибла - молекула OH восстановилась**. Нет убыли ни H_2O_2 , ни OH . А **молекулы O_3 и атомы O гибнут**.

Таким образом к **циклу каталитических процессов с участием оксидов азота (азотный цикл)** добавляется еще и **водородный цикл**. В нем, как и в случае **азотного цикла**, участвуют много водородосодержащих соединений, которые обозначают обычно как семейство HO_x .

То есть, **две группы химических соединений антропогенного происхождения (семейство азота и семейство водорода) ведут войну со стратосферным озоном. Но не только они!!!**

Взаимодействие озона с атомами и молекулами атмосферы и ее техногенными загрязнениями в присутствии солнечной радиации приводит к разрушению озонового слоя. Особенно сильное разрушающее действие на него оказывают галогено-углеродные соединения, в частности хлорфторуглеродные вещества (ХФУ), используемые в холодильной технике. Производство наиболее широко применяемых ХФУ (фреон-11 (CFCl_3) и фреон-12 (CF_2Cl_2)) быстро росло вплоть до 1974г., когда М. Молина и Ф. Роуленд из Калифорнийского университета в Ирвине показали, что ХФУ могут вызывать разрушение озона. Последующее сокращение производства ХФУ произошло в результате активных выступлений защитников окружающей среды против использования аэрозольных баллончиков, содержащих ХФУ. В США их производство было окончательно запрещено в 1978г. Начиная с 1982г. расширение других

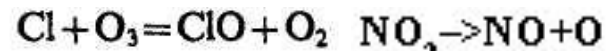
Мировое производство ХФУ
Объем производства



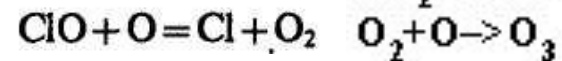
областей применения ХФУ снова привело к росту их мирового производства. Когда-то ХФУ рассматривались как идеальные для практического применения химические вещества, т.к. они очень стабильны и неактивны, а значит не токсичны. Как это ни парадоксально, но именно инертность этих соединений делает их опасными для атмосферного озона. ХФУ не распадаются быстро в тропосфере (нижнем слое атмосферы, который простирается от поверхности земли до высоты 10 км), как это происходит, на-

пример, с большей частью окислов азота, и, в конце концов, проникают в стратосферу, верхняя граница которой располагается на высоте около 50 км. Когда молекулы ХФУ поднимаются до высоты примерно 25 км, где концентрация озона максимальна, они подвергаются интенсивному воздействию УФ излучения, которое не проникает на меньшие высоты из-за экранирующего действия озона. Ультрафиолет разрушает устойчивые в обычных условиях молекулы ХФУ, которые распадаются на компоненты обладающие высокой реакционной способностью, в частности атомный хлор. Таким образом, ХФУ переносит хлор с поверхности земли через тропосферу и нижние слои атмосферы, где менее инертные соединения хлора разрушаются, в стратосферу, к слою с наибольшей концентрацией озона. Очень важно, что хлор при разрушении озона действует подобно катализатору: в ходе химического процесса его количество не уменьшается. Из-за этого один атом хлора может разрушить до 100000 молекул озона, прежде чем будет дезактивирован или вернется в тропосферу.

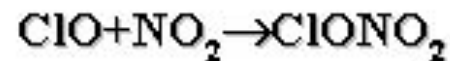
Под действием **коротковолновой солнечной радиации**, присутствующей за озоновым слоем, относительно **стабильные фреоны** высвобождают **атомы свободного агрессивного хлора** вступающего с **озоном** в каталитическую **цепную реакцию**:



Оксиды азота способны разрушать озон, однако, они могут реагировать и с хлором, причем в ходе этой реакции содержание озона не меняется. **Более важной является другая реакция:**



Образующийся в ее ходе **хлористый нитрозил** является так называемым **резервуаром хлора**. Содержащийся в нем хлор неактивен и не может вступить в реакцию с озоном. В конце концов, такая молекула-резервуар может поглотить фотон или вступить в реакцию с какой-нибудь другой молекулой и высвободить хлор, но она также может покинуть стратосферу. **Расчеты показывают, что если бы в стратосфере отсутствовали оксиды азота, то разрушение озона шло бы намного быстрее.** Другой важный резервуар хлора - **хлористый водород HCl**, образующийся при **реакции атомарного хлора и метана CH₄**.



Реакции подобного рода губительны для озона, что приводит к росту пагубного биологического воздействия коротковолнового УФ излучения. В настоящее время повсеместно принимаются меры по ограничению выбросов в атмосферу галогеносодержащих соединений. Отрицательное воздействие на состояние озонового слоя оказывают полёты космических кораблей, ракетные двигатели которых выбрасывают в больших количествах в тропосферу и стратосферу такие «загрязнители», как **HCl, Cl, NO, CO, CO₂, аэрозоли** и т. п. На долю этих запусков приходится пока **5 — 7%** от общего фона загрязнения атмосферы транспортными средствами всех видов, но с увеличением их числа увеличивается пагубное влияние на озоновый слой и всю атмосферу в целом. Безусловно, нельзя отказаться от развития аэрокосмического комплекса, поэтому сейчас ведутся исследования по созданию оптимальных рецептов ракетных топлив, новых типов двигателей, принципиально новых способов выведения спутников на околоземные орбиты.

Определенную долю в разрушение озонового слоя вносят высокоэнергичные потоки протонов. Их взаимодействие с атмосферной средой приводит к уменьшению количества озона. **Отрицательное влияние на состояние озонового слоя оказывают выбросы в атмосферу химической и электронной промышленности.**

Итак, мы теперь знаем, что у **стратосферного озона** есть **три врага** - **три фотохимических цикла** (**азотный, водородный и хлорный**), **три семейства радикалов** NO_x , HO_x и ClO_x , ряды которых непрерывно пополняются за счет выброса в атмосферу все новых видов и объемов загрязняющих веществ. **Казалось бы**, под дружным натиском трех врагов **слой озона давно должен быть разрушен**. Но, к счастью для нас с вами, натиск не такой уж дружный. Или даже **совсем не дружный**. **Эффект действия трех циклов не равен сумме эффектов отдельных циклов**. Протекающие между членами различных семейств реакции (например, между NO_2 и ClO) как бы **отвлекают химически активные радикалы от взаимодействия с озоном**. Так, цикл реакций окисления метана CH_4 сильно влияет в верхней стратосфере на количество **свободного хлора**, а реакция NO_2 с хлором, дающая **неактивный по отношению к озону ClONO_2** , **ослабляет влияние на озон обоих циклов** - и **азотного, и хлорного**.

Но несмотря на такие "разногласия" в стане врагов озона, над стратосферным озоном (а это значит - над всеми нами) нависла реальная опасность. **Концентрации соединений семейств NO_x , HO_x и особенно ClO_x в стратосфере неуклонно растут**, и в результате **увеличивается скорость разрушения озона в химических реакциях**. Более того, кроме указанных трех семейств, такими же **катализаторами** являются **бром (Br)** и **оксид брома (BrO)**.

Строгий и постоянный контроль за состоянием озонового слоя - необходимое условие охраны окружающей среды. В этом плане большое значение имеет **метод лазерного зондирования профилей стратосферного озона**, позволяющий получить информацию, не получаемую традиционными **озонозондами**.

Парниковый эффект

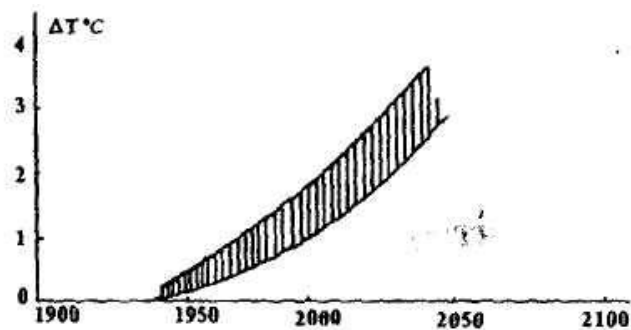
Парниковый эффект атмосферы обусловлен как **естественными причинами**, так и **причинами антропогенного происхождения**.

Причины вызывающие естественный парниковый эффект: пропуская к земной поверхности коротковолновую солнечную радиацию, атмосфера поглощает длинноволновое излучение земной поверхности и таким образом создает защитное действие атмосферы в процессе лучистого теплообмена Земли с мировым пространством. Само же поглощение длинноволнового теплового излучения Земли во многом зависит от содержания в атмосфере оптически активных газов, таких как водяной пар, метан, озон, углекислый газ, ХФУ и др. **Рост CO_2** в атмосфере, начиная с **1860** года и по сегодняшний день, **обусловлен антропогенными причинами**.

В течение тысячелетий хозяйственная деятельность человека приспособлялась к окружающим климатическим условиям, но не считалась с тем, производит ли она на климат положительное или отрицательное воздействие. Когда население Земли было сравнительно небольшим и энергетическая вооруженность человека была относительно малой, казалось, что антропогенное воздействие человеческой деятельности на природу не может повлиять на устойчивость климата. Но в **XX в.** деятельность человека все больше приобретала такие масштабы, что встал вопрос о непреднамеренном воздействии хозяйственной деятельности человека на климат. Влияние на климат оказывает следующие, принявшие глобальный характер процессы:

- распахивание огромных массивов земли, вызывающее изменение альбедо, быструю потерю влаги, подъем пыли в атмосферу;
- уничтожение лесов, особенно тропических, влияющее на воспроизводство кислорода, изменения альбедо и испарения;
- перевыпас скота, превращающий степи и саванны в пустыни, в результате чего меняется альбедо, иссушается почва;
- сжигание ископаемого органического топлива и поступление в атмосферу CO_2 , CH_4 ;
- выбрасывание в атмосферу промышленных отходов, меняющих состав атмосферы, увеличивающих содержание радиационно-активных газов и аэрозолей. Последние **два процесса увеличивают парниковый эффект**.

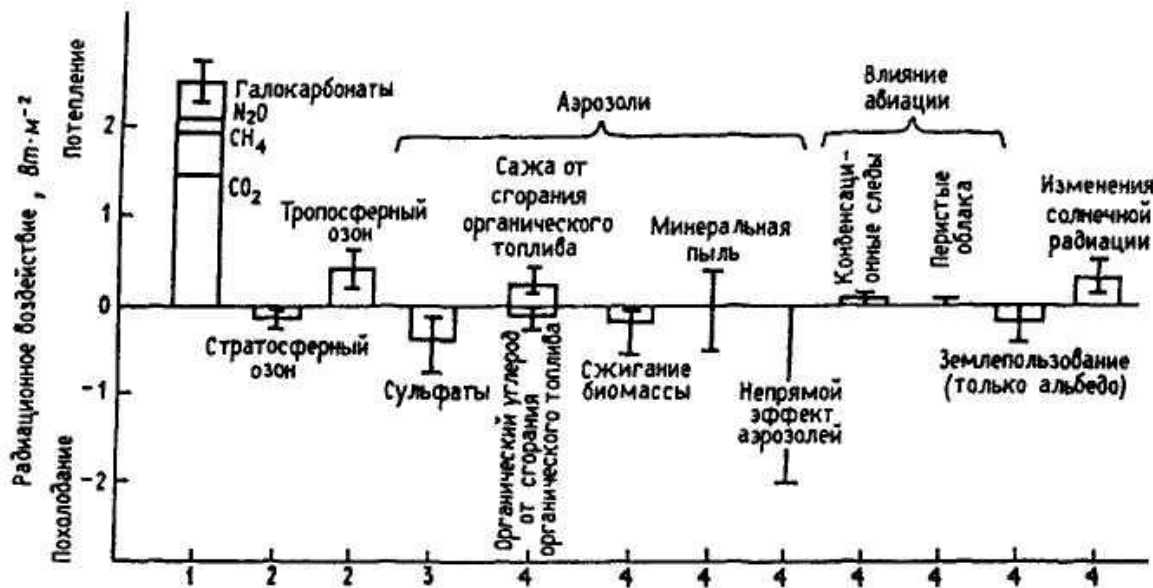
В связи с этим в **30-50** годы **XXI** века ожидается **удвоение содержания углекислого газа** в атмосфере и, как следствие, ожидается **изменение средне глобальной температуры нижнего слоя атмосферы**. На **рисунке** приведены две кривые, представляющие **обобщенный прогноз ожидаемого повышения среднеглобальной температуры**, предложенный на совещании экспертов по проблеме влияния количества CO_2 в атмосфере на климат. **Нижняя кривая**, учитывающая **термическую инерцию глобальной климатической системы**, по мнению ряда авторов, представляет наиболее вероятный прогноз температурных изменений.



Верхняя кривая отражает изменение температуры в результате усиления парникового эффекта атмосферы из-за роста концентрации малых примесей. Как видно из **рисунка**, в сравнении с прошлым веком ожидается следующее глобальное потепление нижних слоев атмосферы в результате **парникового эффекта антропогенного происхождения**: в **2025** году на **2 - 3 °C**; в **2050** году на **3 - 4 °C**.

Особую тревогу вызывает прогрессирующее увеличение **CO_2 , фторхлоруглеводородов, метана, закиси азота и озона**, которые создают **парниковый эффект**. Оценки, сделанные в 2001 г., показывают, что в атмосфере с **1750 г.** по **2000 г.** увеличились концентрации **углекислого газа (CO_2)** — на **31%**, **метана (CH_4)** - на **151%**, **закиси азота (NO_2)** - на **17%**. С **1995 г.** продолжается рост **малых газовых примесей**, также оказывающих **парниковое воздействие** и содействующих уменьшению содержания озона. **Увеличение концентрации этих газов дает радиационное повышение температуры атмосферы**.

С другой стороны, выбрасываемый в атмосферу **естественный** (извержения вулканов) и **антропогенный** (выбросы хозяйственной деятельности) **аэрозоль** способствует **понижению температуры атмосферы**. Однако отдельные вулканические извержения не имеют долговременного действия, но **антропогенный аэрозоль**, который в индустриальную эпоху выбрасывается постоянно, **увеличивает концентрацию аэрозоля и главным образом SO_2** , особенно в **средних широтах Северного полушария**.



Осредненное по земному шару радиационное воздействие на климатическую систему внешних факторов в 2000 г. по отношению к 1750 г.

Столбики — оценки вклада рассматриваемых факторов; вертикальная линия на вершине столбика указывает диапазон оценок с учетом разброса опубликованных значений и понимания физики явления; вертикальная черта без столбика означает воздействие, для которого лучшей оценки получить нельзя из-за больших неопределенностей. Цифрами под рисунком указано качество оценки каждого фактора по следующей шкале: 1 — высокое; 2 — среднее; 3 — низкое; 4 — очень низкое

На рисунке показано осредненное, по земному шару, радиационное воздействие внешних факторов на климатическую систему в 2000 г. по отношению к 1750 г. Ясно, что CO₂ и другие радиационно-активные газы благодаря парниковому эффекту приводят к нагреванию поверхности Земли и нижней атмосферы, а это, несомненно, приведет к изменению климата. Для того чтобы представить себе, что же будет с климатом в дальнейшем, важно оценить величину выброса этих газов в атмосферу.

Кроме этих радиационных воздействий нужно учитывать и изменение притока солнечной радиации, который с 1750 г. увеличился на 0,3 Вт/м². Все перечисленные радиационные воздействия вносят различный вклад в изменение климата, приводящий в итоге либо к потеплению, либо к похолоданию. Причем пространственный масштаб этого вклада различный: если изменение притока солнечной радиации или увеличение концентрации углекислого газа действуют глобально, то антропогенные выбросы аэрозоля первоначально имеют локальное распространение и действуют

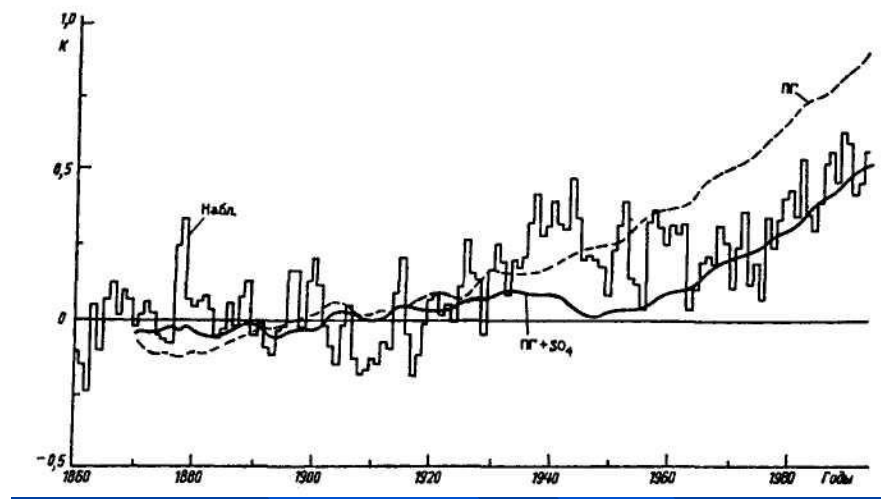
Величина выброса CO_2 в атмосферу зависит от **сжигания ископаемого топлива** (нефти, газа, угля), и с высокой вероятностью будет определять **рост концентрации CO_2 в атмосфере в XXI веке.**

Выброс в атмосферу парниковых газов и аэрозолей зависит от развития человечества в XXI в., который в свою очередь будет определяться демографическими, экономическими и технологическими факторами. В соответствии с некоторыми из сценариев **концентрация CO_2 в атмосфере к 2100 г. может достичь 540—970 млн⁻¹, т.е. ее концентрация будет на 90—250% больше, чем в доиндустриальное время.**

Рост концентрации других парниковых газов также зависит от конкретного сценария. Так, к 2100 г. **концентрация CH_4 может измениться от — 190 до 1970 млрд⁻¹, N_2O — от 38 до 144 млрд⁻¹ и тропосферного озона от — 12 до 62% по отношению к их концентрациям в 2000 г.** В некоторых сценариях концентрация озона в Северном полушарии может достичь предельно допустимого для жизни человека уровня. Доля **CO_2 в суммарном радиационном воздействии** в течение всего XXI столетия будет **возрастать от половины до двух третей.** Антропогенный аэрозоль может и увеличиваться и уменьшаться в зависимости от мер по ограничению выбросов аэрозолей в атмосферу и способов использования ископаемого топлива.

Чтобы оценить возможные антропогенные изменения климата, нужно иметь количественную теорию климата. В качестве такой теории в настоящее время созданы математические модели климата различной сложности, основывающиеся на физических законах, выраженных дифференциальными уравнениями в частных производных. Современные **глобальные климатические модели (ГКМ)** состоят из взаимодействующих друг с другом моделей атмосферы, океана, верхних слоев суши, криосферы и биосферы.

Для демонстрации правдоподобности результатов интегрирования таких моделей на время порядка сто лет (а есть модели, проинтегрированные на 20 тыс. лет), на **рисунке** приводятся временной ход наблюдавшихся среднегодовых глобальных аномалий температуры (в отклонениях от нормы за 1951—1980 гг.) с 1860 по 1987 г., результаты интегрирования ГKM (включаяющей атмосферу и океан) с учетом реального изменения концентрации парниковых газов (**штриховая линия**) и второго интегрирования,



когда было учтено радиационное воздействие серникозислотного аэрозоля, который накапливается в стратосфере. Видно, что во 2-м интегрировании точно описан общий средний рост фактической температуры после 1960 г. По расчетам разных ГKM средняя глобальная температура в течение 1990—2100 гг. может повыситься на 1,5—5,8°C. Такое потепление не встречалось в течение последних десяти тысяч лет. При таком росте температуры над земным шаром над сушей потепление будет еще большим и особенно в высоких широтах в холодное время года. Количество осадков, вероятно, увеличится во внетропических широтах Северного полушария и в Антарктиде зимой. В низких широтах возможны как усиление, так и ослабление осадков — в зависимости от сценариев выбросов. Летом температурные изменения в высоких широтах будут почти в два раза меньше, чем зимой. В зоне между экватором и 60-й параллелью температурные отклонения будут незначительными. Например: зимой в северном полушарии выше 60-ой параллели при глобальном потеплении в 1-3 °C возможно повышение региональной температуры нижних слоев атмосферы на 6-10 °C. Такое повышение температуры нижних слоев атмосферы в этом регионе приведет к полному таянию льдов в Северном Ледовитом океане. Ожидается дальнейшее сокращение снежного и ледяного покрова в Северном полушарии. Ледники, исключая ледяные щиты Гренландии и Антарктиды в XXI в. будут отступать. Наконец, в течение 1990—2100 гг. ожидается повышение среднего уровня Мирового океана на 14—80 см (в среднем на 47 см), что в 2—4 раза превосходит прирост уровня в XX веке.

Кислотный дождь – одна из наиболее тяжелых форм загрязнения окружающей среды, опасная болезнь биосферы! Термин «**кислотные дожди**» впервые введен британцем **Робертом Ангусом Смитом** в **1872 г.** Кислотные дожди представляют собой **следствие взаимного воздействия друг на друга различных сфер Земли: атмосферы, гидросферы, литосферы и биосферы** **Кислотные дожди** – это **планетарный процесс**, который существовал и существует в природе вне деятельности человека, но в последние десятилетия **многократно увеличенный именно деятельностью человека.** **Кислотные дожди** прямо связаны с **круговоротом веществ** на Земле. Особенно активно **процессы круговорота** отдельных химических элементов и соединений осуществляются **в атмосфере.** Круговорот различных веществ в атмосфере может сопровождаться различными трансформационными процессами. Выброшенные в атмосферу газы или дисперсные твердые частицы могут в результате взаимодействия между собой или с влагой воздуха трансформироваться и выпадать не только с влажными осадками, но и «сухим» способом. Наблюдения показали, что **количество влажных и сухих осадков одинаковое.** А для различных экологических систем, **чувствительных к подкислению,** безразлично, каким – сухим или мокрым путем попадут к ним загрязняющие вещества. Поэтому более правильно следует говорить о **кислотной седиментации,** а не о кислотных дождях. **Седиментация** – это **оседание частиц в жидкости или газе, происходящее под влиянием сил тяжести и совершающееся обычно с очень небольшой скоростью.** В основном к газам, приводящим в атмосфере к **кислотной седиментации,** относятся **углекислый газ,** а также **микрогазы,** содержащие **соединения серы и азота.** **Микрогазами** или **микровеществами** их называют потому, что **содержание** этих газов в воздухе измеряется **миллионными долями процента.** Однако, несмотря на свою малую концентрацию, они могут заметно влиять на физическое или химическое состояние отдельных участков атмосферы. Затем, переносясь с массами воздуха, **выпадать в том или ином агрегатном состоянии вдали от места их эмиссии и активно влиять на воды, почвы, сооружения, растения и в конечном итоге на здоровье человека.** В экологии **поступление в атмосферу различных несвойственных ей по составу веществ** называется **эмиссией,** а **выпадение из атмосферы этих веществ** называется **депозицией.** **Примеры** вредного воздействия кислотных дождей: в Канаде из-за частых кислотных дождей стали мертвыми более **4000 озер,** а **12000 озер** находятся на грани гибели, а в Швеции в **18000 озерах** нарушено биологи-ческое равновесие.

ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ КИСЛОТНЫХ ДОЖДЕЙ

Диоксид серы (SO_2) наиболее распространенное загрязняющее вещество антропогенного происхождения. Он в первую очередь участвует в формировании кислотных дождей. Важную роль играют **сульфатные аэрозоли**. Поскольку образование серной кислоты из газообразного диоксида серы происходит при протекании **фотохимических реакций** с участием **радикалов HO** , то **скорость образования кислот** зависит от времени суток и времени года. В **летний период** скорость превращения не очень велика - **50%** атмосферного выброса диоксида серы переходит в кислоту за **180 ч**. Поэтому при небольшой скорости ветра (до **1 м/сек**) диоксид серы, прежде чем полностью превратиться в **сульфат-анион**, может распространяться с массами воздуха на большие расстояния. **Особенно велика концентрация диоксида серы** в районах, где расположены **крупные тепловые станции и металлургические заводы**.

Оксид и диоксид азота (NO_x). Основное количество **оксидов азота антропогенного происхождения** выделяется в виде **оксида** и значительно **меньшая часть** - в виде **диоксида**. Оксид азота быстро окисляется до диоксида. В **летний период** при интенсивном солнечном облучении **скорость превращения диоксида азота в кислоту** весьма велика - **50%** диоксида переходит в кислоту в течение **10-12 ч**. Вследствие **высокой растворимости в воде** (облака, дождь) и **сорбции** на увлажненных поверхностях, **азотная кислота** быстро **выпадает на поверхность**. Содержание оксидов азота в промышленных и сельскохозяйственных регионах неодинаково. В **городах среднегодовая концентрация** гораздо выше, чем в **сельскохозяйственных районах**.

Озон (O_3) - один из наиболее опасных компонентов, загрязняющих воздух в тропосфере, который **активно вовлекается в окислительные процессы** и является сильным **фитотоксином**. В нижнем атмосферном слое озон образуется в фотохимических процессах с участием диоксида азота и летучих органических соединений. Поэтому наиболее высокие концентрации озона наблюдаются в промышленных районах, а также в высокогорных районах с интенсивной солнечной радиацией.

Пероксид водорода (H_2O_2) - **основной окислитель диоксида серы в жидкой фазе**. **Наименьшая концентрация** его наблюдается **у поверхности почвы**. На высоте **3000 м** она значительно выше. Есть различия и в концентрации пероксида водорода в теплом и холодном фронте облачного слоя. На высоте **более 3000 м** она практически **не меняется**. **Летом** концентрация пероксида водорода **на порядок выше**, чем **зимой**. В ряде случаев концентрация пероксида водорода ночью на **10-15%** выше, чем днем.

Природные осадки имеют подкисленный характер, при отсутствии загрязнителей **pH** дождевой воды равно **5,6**. Кислотными называют любые осадки, кислотность которых, выше природной, т. е. при **pH < 5,6**. В последнее время среднее значение **pH** осадков составляет **4 – 4,5**, а иногда оно опускается до **3** и даже ниже. Максимальная зарегистрированная кислотность осадков в Западной Европе – **pH = 2,3** (для сравнения, домашний уксус имеет **pH = 2,3**).

Кислотные дожди выпадают во всех промышленных районах мира и **воздействуют в целом на экосистемы:**

- Нарушают восковой покров листьев, что делает их уязвимыми для насекомых, грибов и других патогенных организмов.
- Выщелачивают биогены из листьев, ветвей, почв и истощают их. Воздействие кислотных дождей снижает устойчивость деревьев к засухам, болезням, природным загрязнениям, что приводит к еще более выраженной деградации их как природных экосистем.

Кислотные дожди выщелачивают также из почвы токсичные металлы – свинец, кадмий, алюминий и др., растворяют их, а в последствии они усваиваются живыми организмами, передаются по пищевой цепи и негативно на них воздействуют. Растворенные загрязнители легко проникают в подземные и поверхностные воды.

Кислотные дожди воздействуют на почвенные организмы, замедляют их активность, почвообразовательные процессы разложения и минерализации детрита.

Под действием кислотных дождей происходит закисление пресных вод. Повышение кислотности влияет на популяции различных видов рыб, приводит к гибели фитопланктона, различных видов водорослей и других его обитателей.

Кислотные дожди разрушают предметы, конструкции из металла (в городах коррозия металла в десятки раз быстрее происходит, чем в сельской местности), воздействуют на здания, сооружения, памятники архитектуры.

СМОГИ

Атмосферное явление накопления в воздухе нижней тропосферы первичных антропогенных загрязнителей и последующее вторичное загрязнение тех же масс воздуха продуктами химических и фотохимических реакций, происходящих на основе первичных загрязнителей, получило название **смог**. Это название произошло от сочетания двух английских слов "**smoke**" - дым, копоть и "**fog**" - густой туман. В действительности **смог** - это не туман и не дым, это самостоятельное природное явление антропогенного происхождения. Как правило, **смоги образуются в воздушном пространстве больших городов**. Однако последние десятилетия в связи с ростом автомобильного и самолетного транспорта смоги стали захватывать даже отдельные регионы. Различают **три вида смогов**.

Лондонский или **влажный смог**, основные **первичные составляющие** которого - **серный ангидрид (CaSO_4)**, пылеватые частицы сажи и капли тумана.

Аляскинский или **ледяной смог**, основные **первичные составляющие** которого – **газообразные загрязнители, пылеватые частицы сажи и кристаллы льда**, возникающие при замерзании капель тумана и пара отопительных систем.

Лос-Анджелесский фотохимический или **сухой смог** основные **первичные составляющие** которого - **оксиды азота и углеводороды**. Накопление этих и других загрязнителей в воздухе нижней тропосферы под влиянием солнечной радиации приводит ко **вторичному загрязнению воздуха продуктами фотохимических реакций**. Так, **оксиды азота** (прежде всего ядовитый **диоксид азота NO_2**), соединяющиеся при участии ультрафиолетовой солнечной радиации с **углеводородами**, образуют **пероксилацетилнитрат (ПАН)** и другие фотохимические окислители, такие как **пероксибензоилнитрат (ПБН)**, **перекись водорода (H_2O_2)** и др.

Другой основной компонентой фотохимического смога является **тропосферный озон**. Озон - одна из наиболее опасных компонент смога, загрязняющих воздух, он активно вовлекается в окислительный процесс и является сильным **фитотоксином**. Уже сравнительно давно натурные наблюдения показали **существенное возрастание концентрации озона в загрязненном воздухе городов при "смоговых" ситуациях**.

Анализ **содержания озона** в атмосфере крупных городов отчетливо показывает **связь между скоростью его образования и освещенностью** - утром низкая концентрация озона, а к полудню повышается и достигает максимума. При этом **уровень концентрации пропорционален концентрации оксидов азота**.

Зимой даже при высокой концентрации **диоксида азота** в силу **слабой освещенности** скорость образования озона невелика. На скорость генерации озона в большой степени влияет содержание в воздухе угарного газа, метана, ЛОС.

Наличие в составе смога **ПАН**, **диоксида азота** и **иодистого калия** придает ему **коричневатый оттенок**. При конденсации **ПАН** выпадает на землю в виде **клейкой жидкости**, губительно действующей на растительный покров. Вообще все окислители и в первую очередь **ПАН** и **ПБН** сильно раздражают и вызывают воспаление глаз, и в комбинации с озоном раздражают носоглотку, приводят к спазмам грудной клетки, а при высокой концентрации (более **3 мг/м³**) вызывают **сильный кашель** и **ослабляют** возможность на чем-либо сосредоточиться.

В городах, подверженных образованию **смоговых ситуаций**, неуклонно растет число больных, страдающих такими заболеваниями, как **хронический бронхит**, **эмфизема легких**, различные **аллергические заболевания** и **рак легких**.

Экология

Лекция 7.

- Антропогенное воздействие на почвы
- Антропогенное воздействие на гидросферу

Антропогенное воздействие на почвы

Деградация почв – это **снижение плодородия**. Она происходит при засолении, эрозии, опустынивании, загрязнении, нарушении земель при строительстве, добыче полезных ископаемых, складировании отходов и т.д.

Засоление почв. Почвы, содержащие в своем составе легкорастворимые соли в количестве, вредном для растений, называются **засоленными**. При сильном засолении почв выживают отдельные растения. Засоление почв может быть **природное** или **антропогенное (вторичное)**.

Природное засоление происходит при формировании почв на засоленных бывших морских породах, например, прикаспийские, присивашские почвы. Также засоление развивается при неглубоком залегании минерализованных грунтовых вод, подтоплении почв (вода испаряется, а соли накапливаются).

Вторичное засоление происходит в засушливых районах при неумелом орошении почв, при перерасходе воды на полив, а также при создании водохранилищ, что приводит к подъему уровня грунтовых вод, заболачиванию и вторичному засолению, В Украине засолены почвы вдоль днепровских и днестровских водохранилищ.

Вторичное засоление часто сопровождается загрязнением почв тяжелыми металлами, пестицидами, нитратами которые попадают в почвы из оросительных систем и грунтовых вод. В мире процессам засоления подвержено **около 30% орошаемых земель**.

Эрозия почв. **Эрозия** – это процесс разрушения и снос верхнего наиболее плодородного слоя почвы потоками воды (**водная эрозия**) или ветром (**ветровая эрозия**).

Водная эрозия развивается на склонах, возникает она под действием временных потоков воды – осадков, талых вод, которые не успевают впитываться почвой. Различают **нормальную геологическую** и **ускоренную антропогенную эрозию**.

Нормальная геологическая эрозия происходит при медленном, небольшом смыве осадками частичек почвы, покрытой естественной растительностью. При этом значительная часть осадков впитывается почвой, небольшая потеря почвы восстанавливается в процессе биологического круговорота веществ.

Ускоренная антропогенная эрозия связана с удалением естественной растительности, распашкой степей, особенно тяжелой почвообрабатывающей техникой, разрушающей структуру почвы, чрезмерным выпасом скота.

Различают **поверхностную** и **овражную** эрозию. При **поверхностной эрозии** смывается **верхний слой почвы осадками, гумусовый слой сокращается и почва истощается**. Овражная эрозия развивается там, где рельеф местности способствует скоплению поверхностно стекающей воды. Происходит размыв почв по глубине, образуются разрывы, промоины, а затем овраги. Такая эрозия приводит полному уничтожению почв.

Наиболее интенсивно эрозия развивается весной, когда **талые воды** смывают верхний оттаявший слой почвы и не просачиваются в нижний мерзлый, еще не оттаявший слой. Также опасны ливневые дожди в период слабого развития растительности, когда почва не закреплена корневой системой. Экологический ущерб от **водной эрозии** огромен. Истощаются и уничтожаются ценные сельскохозяйственные почвы, снижается их урожайность, заиливаются реки и водохранилища. В Украине **водной эрозии** подвержены большие площади земель. Это связано с холмистым рельефом и высокой степенью распашки степей. Водная эрозия распространена в Харьковской, Хмельницкой, Винницкой, Черкасской областях, а также в горных районах Крыма и Карпат.

Смыв гумусового слоя значительно снижает **урожайность почв** – при **смыве** почвенного слоя до **5 см** урожайность снижается ~ на **20%**, при **смыве** на **5-10 см** – на ~ **50%**, при **смыве** **> 10 см** – до **80%**.

Ветровая эрозия (дефляция) распространена в районах недостаточного увлажнения, высоких летних и весенних температур, где периодические засухи сочетаются с сильными ветрами. При ветровой эрозии происходит выдувание верхнего самого плодородного слоя почв. **Интенсивность ветровой эрозии** зависит от **скорости ветра, наличия растительного покрова, рельефа** и других факторов. Огромное значение на ее развитие оказывают **антропогенные факторы** – **уничтожение растительности (распашка), выпас скота, неправильное применение агротехнических мер**.

Различают *местную повседневную эрозию* и *пыльные бури*.

Пыльные бури возникают при очень сильных ветрах, *скорость ветра* может достигать *20-40 м/с*. Пыльные бури наносят непоправимый ущерб почвам, они способны за несколько часов выдуть до **500 т почвы с 1 га пашни** или снести весь плодородный слой почвы.

Повседневная местная ветровая эрозия проявляется без бурь в виде поземок и столбов пыли - при небольших скоростях ветра как-бы метет по земле при этом медленно и методично разрушается почва.

В результате **ветровой эрозии** в составе почвы увеличивается содержание **песчаных фракций** и уменьшается – **пылеватых**. **Урожайность почв снижается также как и при водной эрозии**. В Украине ветровая эрозия распространена на юге и юго-востоке страны и обусловлена сухостью, сильными ветрами и неправильным сельскохозяйственным использованием. Во время пыльных бурь в 1969 г. В Запорожской области был снесен слой почвы толщиной 9-15 см с большой территории. Черные бури в 1984 г. Пронеслись по всему юго-востоку Украины унося огромное количество плодородного слоя почвы.

Загрязнение почв. Почвы аккумулируют все загрязнители, поступающие от разных источников. Различают **загрязнение промышленное, сельскохозяйственное и радиоактивное**.

Промышленное загрязнение. Почва загрязняется продуктами выбросов в атмосферу с промышленных предприятий которые затем вымываются осадками или осаждаются на почву. К основным источникам загрязнителей относятся ТЭС, автотранспорт, металлургическая, коксохимическая, строительная, пищевая и другие отрасли промышленности. К интенсивным загрязнителям почв относят **отходы производства**. Миллионы тонн отходов складываются в хранилища, они постоянно пылят, пыль переносится ветром на большие расстояния и осаждаются в почву. **Загрязнение нефтепродуктами** происходит при их добыче, транспортировке и использовании.

Сельскохозяйственное загрязнение может происходить при **удобрении почв отходами животноводческого комплекса** и при **использовании пестицидов**.

При внесении **сверхнормативных доз удобрений** они могут достичь опасных концентраций в почвах и продуктах питания, а также попадать в подземные или поверхностные воды. Поэтому нужно точно рассчитывать дозы удобрений. Опасны отходы животноводческих комплексов, содержащие большое количество нитратов.

Пестициды (ядохимикаты) используют в сельском хозяйстве для борьбы с вредителями.

Наиболее распространены следующие типы пестицидов:

- инсектициды – используются для борьбы с насекомыми;
- гербициды - используются для борьбы с сорняками;
- бактерициды - используются для борьбы с бактериальными болезнями;
- фунгициды - используются для борьбы с грибными болезнями.

До использования пестицидов наблюдались катастрофические потери урожая. Их применение **снижает такие потери, сокращает затраты труда, помогает сохранить сельхоз. продукцию** но вызывает **массу экологических проблем.**

Различают три поколения пестицидов:

1. Сначала использовали **пестициды, содержащие тяжелые металлы** – ртуть, мышьяк, свинец и т.д. Эти металлы накапливаются в экосистемах, практически не разлагаются и передаются по пищевой цепи воздействуя таким образом на все живые организмы.
2. Затем были созданы **хлорорганические соединения**. Наибольшее распространение получили ДДТ, ГХЦГ, ГХБ и др. Относительно низкая стоимость, а также **кажущаяся** низкая токсичность позволили широко их использовать. Но оказалось, что пестициды этой группы обладают теми же недостатками, что и из первой группы. В конце 1970-х годов ДДТ и ГХЦГ были запрещены к использованию во многих странах.
3. Третью группу составляют **фосфорорганические соединения**. Они действуют относительно избирательно к отдельным видам и довольно быстро разлагаются в почве. Современные пестициды входят именно в эту группу.

В целом следует отметить следующие проблемы применения пестицидов:

Они имеют *широкий спектр действия*, разделение на группы условно, подавляющая их часть попадает в воду, воздух, вызывает глубокие изменения в экосистемах, действуя на все живые организмы, в то время как человек использует их для уничтожения ограниченного числа видов.

Пестициды биоаккумулируются в пищевой цепи. Они легко переносятся ветром, водой, живыми организмами. Их обнаруживают там, где никогда не применяли, например, во льдах Антарктиды, Гренландии.

Пестициды воздействуют на все живые организмы, в том числе на человека, подавляют иммунную систему, оказывают канцерогенное и мутагенное действие.

С длительным применением пестицидов связано появление новых устойчивых видов вредителей, так как слабые особи погибают, а наиболее выносливые продолжают размножаться, давая новые, более выносливое поколение. Поэтому человек вынужден создавать все новые и новые пестициды.

Опустынивание – одно из глобальных проявлений деградации почв, это *процесс необратимого изменения почвы, растительности и снижения биологической продуктивности*. Это результат длительного процесса, когда неблагоприятные явления природы и деятельность человека, усиливая друг друга, приводят к изменению природной среды. Опустыниванию способствуют вырубка лесов, интенсивная распашка степей, снижение уровня грунтовых вод, чрезмерный выпас скота, эрозия и загрязнение почв. Опустыниванию подвержено более **1 млрд. Га** земель практически на всех континентах.

Отчуждение земель. Почвенный покров необратимо нарушается при отчуждении земель для несельскохозяйственного использования – строительства, прокладки трубопроводов, ЛЭП, дорог, при добыче полезных ископаемых, складировании отходов. Общая площадь разрушенных земель, ранее дававших сельхоз. Продукцию превышает всю площадь пахотных земель, используемых в земледелии в настоящее время.

Самоочищение почв – естественное избавление от загрязняющих веществ в результате природных физических, биологических и химических процессов в почвах.

Физическое самоочищение - это разбавление загрязнителей осадками, фильтрация в подземные воды, миграция в атмосферу, при этом загрязнение не исчезает, а снижается концентрация загрязнителей в почве, они переносятся от одних участков на другие.

Биологическое самоочищение основано на поглощении и разложении загрязнителей главным образом почвенными микроорганизмами. Способность почв к самоочищению зависит от температуры, влажности, кислотности почв, от концентрации и вида загрязнителей. Во многих регионах интенсивность загрязнений превышает их способность к самоочищению. Например, загрязнение тяжелыми металлами, радионуклидами практически вечно, они накапливаются в экосистемах...

Химическое самоочищение происходит при нейтрализации некоторых загрязнителей компонентами почв.

Антропогенное воздействие на гидросферу

Основными источниками обеспечения водой человечества являются **речной сток** и **подземные воды**. Половина населения планеты испытывает водный голод. Украина мало обеспечена водными ресурсами. Каскад водохранилищ на Днепре создал большой резерв в воде, но и привел к негативным последствиям.

Для **обеспечения пресной водой** применяют различные методы:

- создают водохранилища на реках, регулирующие речной сток; при этом затопливаются большие территории земель и проявляются другие негативные последствия;
- в целях экономии земельных ресурсов создают подземные коллекторы, водохранилища куда закачивают воду в паводковый период;
- используют подземные воды;
- опресняют морскую соленую воду (в мире есть более 800 опреснительных станций);
- импортируют пресную воду по трубопроводам, судами, автотранспортом и самолетами;

• существуют проекты по перевозке твердой воды в виде айсбергов из Антарктиды к прибрежным районам Южной Африки, Америки, Аравийского полуострова.

Одновременно с поисками путей получения пресной воды ведется борьба с ее потерями, загрязнением, снижением водопотребления.

Выделяют следующие способы использования воды: **водопользование** и **водопотребление**.

Водопользование – это использование воды в качестве среды или механического источника без изъятия ее из водного объекта, например, для водного транспорта, рыбного хозяйства и т. д. **Водопотребление** сопровождается забором воды из источника для нужд населения, промышленности, сельского хозяйства и т.д. **Водопотребление на нужды населения** характеризуется **удельным водопотреблением** – суточный объем воды в литрах, необходимый для обеспечения всех потребностей одного жителя города или села. Удельное водопотребление в городах значительно больше, чем в селах и зависит от степени благоустройства (наличие водопровода, канализации и т.д.) колеблясь в больших пределах: в городах – 200-600 л/сутки, в сельской местности – 50-200 л/сутки. К снижению водопотребления приводит оборудование квартир счетчиками, современный ремонт коммуникаций, снижение потерь и т.д.

Промышленное водопотребление зависит от **схемы водоснабжения, отрасли промышленности**. **Схема водоснабжения** может быть **прямоточной** и **оборотной**. При **прямоточной схеме** вода из водного объекта подается на промышленное предприятие, используется в технологическом процессе, затем поступает на очистные сооружения и после очистки сбрасывается в водный объект. **При такой схеме расход воды очень большой**. При **оборотной схеме** отработанная вода после очистки не сбрасывается в водный объект, а используется в технологическом процессе тем самым намного снижая расход.

Водопотребление разных производств сильно отличается. Средний расход воды на 1 тонну готовой продукции в м³ составляет: добыча и обогащение железной руды – 2-4; производство стали – 150-200; производство целлюлозы – 400-500; производство синтетического волокна – 1000-1100; производство синтетического каучука – до 3000.

Наибольшее количество воды потребляет атомная станция – в 2-3 раза больше тепловой. Сельскохозяйственное потребление. Наибольшее количество воды уходит на орошение и оно зависит от климата, вида орошаемых культур, состояния оросительных систем. Много воды требуется для орошения овощных культур, хлопчатника, риса и т.д. При орошении происходят потери воды на испарение, возвращается же вода в водные объекты с подземными водами в небольшом объеме и с другим химическим составом.

Источники загрязнения гидросферы.

К основным источникам загрязнения гидросферы относят:

- сброс в водные объекты неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод;
- смыв поверхностным стоком загрязнителей в водные объекты;
- подземные воды, содержащие растворенные загрязнители;
- атмосферные осадки, вымывающие загрязнители из атмосферы;
- утечки нефти и нефтепродуктов при транспортировке.

Наибольшее загрязнение водных объектов происходит при сбросе **неочищенных промышленных, коммунально-бытовых сточных вод**. Сточные воды – это воды, загрязненные в процессе использования в быту или в промышленности.

Промышленные сточные воды загрязняют экосистемы различными компонентами в зависимости от специфики отраслей промышленности. Преобладающий тип загрязнителей – нефтепродукты, взвешенные вещества, тяжелые металлы, органические вещества, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) и другие.

Источники загрязнения нефтепродуктами – нефтеперерабатывающая промышленность, любые предприятия, использующие нефтепродукты, а также водная транспортировка нефтепродуктов. Нефтепродукты образуют на воде тонкую пленку, препятствующую проникновению солнечного света и обогащению кислородом. Источники тяжелых металлов – металлургическая, металлообрабатывающая промышленность.

Сточные воды **химических** и других предприятий содержат много сложных органических веществ ранее не существовавших в природе. Особенно распространены детергенты (СПАВ), они входят в состав моющих и чистящих средств, применяются при производстве полимеров и т.д. Они содержат фосфор, азот, т.е питательные вещества для растительных организмов что приводит к росту фитопланктона, «цветению», истощению кислорода в водных объектах куда они поступают.

Коммунально-бытовые сточные воды содержат различные органические вещества, СПАВ, а также болезнетворные бактерии и другие микроорганизмы.

Очень много опасных загрязнителей поступает в водные объекты с **поверхностным стоком**. С сельскохозяйственных территорий смываются отходы, почва, гумус, удобрения, пестициды, попадающие в водные объекты в основном без очистки и поэтому имеющие высокую концентрацию загрязняющих и биогенных веществ.

Значительную опасность представляют **пылегазовые выбросы промышленных предприятий**, оседающие из атмосферы на поверхность водосборной площади и непосредственно на водную поверхность.

Эвтрофирование водных объектов.

Различают две жизненные формы водных растительных организмов: **бентосную** и **фитопланктонную**.

Бентосная растительность – водная трава, развивается прикрепившись ко дну, питательные вещества (биогены) берет из донных отложений, но нуждается в проникновении сквозь толщу воды достаточного для фотосинтеза солнечного света.

Фитопланктон – микроскопические водоросли, развиваются у поверхности или на поверхности воды, мутность воды на него не влияет, он сам является причиной помутнения воды. Фотосинтез фитопланктона не пополняет глубинные воды кислородом, который вместо этого улетучивается в атмосферу. Биогенные вещества он берет из воды – чем больше их в воде, тем больше фитопланктона. У фитопланктона жизненный цикл очень короткий, при его разложении бактерии потребляют много кислорода сокращая его количество в воде.

Эвтрофированием называется **обогащение водных объектов биогенными веществами, стимулирующими рост фитопланктона**, что приводит к увеличению мутности воды, гибели бентосной растительности, снижению концентрации растворенного кислорода. Обитающие на глубине рыбы, моллюски при этом задыхаются. Вода цветет, имеет неприятный запах, становится непригодной к пользованию. Чтобы этого не происходило, нужно сокращать поступление биогенных веществ и наносов в водные объекты. Наносы еще более осложняют эту проблему. **Основной источник наносов – поверхностный сток**, смывающий обнаженные грунты на стройплощадках, не закрепленную растительностью почву и отходы из отвалов.

Основные источники биогенов – почвы, удобрения, пестициды, отходы животноводства, смываемые поверхностным стоком с сельхоз. угодий, с газонов, недостаточно очищенные коммунально-бытовые, промышленные сточные воды, содержащие органические вещества, детергенты и т.д.

Самоочищение вод – совокупность процессов, протекающих в водных объектах и направленных на восстановление первоначальных свойств и состава воды. Оно происходит в результате **природных физических, химических и биологических процессов**.

Физическое самоочищение – поглощение примесей донными отложениями, взвешенными веществами, осаждение на дно взвешенных веществ под действием силы тяжести, газообмен между атмосферой и водой.

Биологическое самоочищение, как правило, вносит основной вклад в процесс самоочищения воды и основано на поглощении и разложении загрязнителей микроорганизмами. Зависит от температуры, кислотности, концентрации загрязнителей, активности микроорганизмов.

Химическое самоочищение – распад частиц под действием солнечного света, взаимодействие различных веществ между собой и с водой. Этот вид самоочищения зависит от температуры и концентрации загрязнителей.

При небольших концентрациях органических загрязнителей ранее летом реки самоочищались на расстоянии 30-40 км от сброса сточных вод, а сейчас антропогенная нагрузка на реки часто превышает способность к самоочищению.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ СЛАЙДЫ

Атмосферу можно рассматривать как огромную **окислительную** систему с **высоким содержанием окислителей**: **кислорода** – O_2 , **озона** - O_3 , **радикалов** **НО** и **НО₂** (**радикал** - устойчивая группа атомов в молекуле, переходящая без изменения из одного химического соединения в другое), **ионов** – O_3^- и многих других **активных реакционноспособных соединений**. Соединения, содержащие **углерод, серу и азот природного и антропогенного происхождения**, попадая в атмосферу, превращаются в **долго- или короткоживущие соединения кислотного характера** (**оксиды углерода, серы и азота**), которые участвуют в **жидкофазных процессах с образованием кислот**, удаляемых из атмосферы с твердыми или жидкими осадками. Превращения соединений серы и азота, а также **летучих органических соединений (ЛОС)** в **кислотные дожди** возможны в результате многочисленных **химических окислительных реакций с образованием** в конечном итоге **диоксида серы**, который достаточно быстро **окисляется до серной кислоты**, а из **оксидов азота** образуется **азотная кислота**. Большая часть **летучих органических соединений** реакционно активна в атмосферных окислительных процессах и они быстро превращаются в **активные частицы (свободные радикалы)**, которые в результате многочисленных реакций образуют **органические и неорганические кислоты**.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ СОЕДИНЕНИЯМИ СЕРЫ

Основные соединения серы, находящиеся в атмосфере, и их возможные концентрации у поверхности Земли приведены в **таблице**. В ней под **регионом** подразумеваются **территории, расположенные на расстоянии не менее 50 км от источников загрязнения**, а под **континентами** - территории, расположенные на расстоянии **150-200 км от больших источников загрязнения**.

Наименование соединений серы	Химическая формула	Концентрация, S/м ³
Двуокись серы оксид серы (IV)	SO ₂	в городе 50-1000 в регионе 10-50 на континенте 0.1-2.0 над океаном 0.1
Окисульфид (сероокись) углерода	COS	0.6-0.8
Сероуглерод	CS ₂	0.6
Сероводород	H ₂ S	0.05-0.2
Диметилсульфид	(CH ₃) ₂ S	0.01-0.1
Сульфат-ион	SO ₄ ²⁻	1-10

Учитывая, что большая часть загрязняющих веществ выбрасывается в атмосферу в Европе и Северной Америке, занимающих примерно **5%** суши, **концентрацию соединений серы** в этих частях земного шара, очевидно, рационально относить к рубрикам **"город"** и **"регион"**. Наблюдения показывают, что в сильно загрязненных районах Земли **уровень двуокиси серы** может в **тысячу** и даже **десятки тысяч раз** превысить естественную границу значений над сушей и над океаном. Концентрация других **соединений серы**, обычно образующихся из **естественных источников**, более или менее одинакова вблизи поверхности Земли. Последние **четыре соединения**, приведенные в **таблице**, вследствие сильного окислительного действия атмосферы легко превращаются в **двуокись серы** или в **серную кислоту**. Как видно из **таблицы**, под влиянием деятельности человека более всего изменяется содержание **двуокиси серы**. **Соединения серы** попадают в атмосферу как **естественным**, так и **антропогенным** путем. **Поверхности суши, океанов, морей и других акваторий** являются **естественными источниками эмиссии соединений серы в атмосферу**. Существуют **три основных источника естественной эмиссии серы**.

ПРОЦЕССЫ РАЗРУШЕНИЯ БИОСФЕРЫ, ПРИВОДЯЩИЕ К ЭМИССИИ СЕРЫ В АТМОСФЕРУ

В земной коре очень много серы и растения получают ее в основном в виде **сульфатов**. Сера – необходимый компонент почти всех белков. **Потребности животных в соединениях серы** могут удовлетворяться только **за счет растений**. Отмершая органика складывается в верхних слоях земной коры, где с помощью **сапрофитов (анаэробных редуцирующих микроорганизмов)**, действующих **без участия кислорода**, происходят различные многочисленные процессы разрушения органических веществ. При **разложении** образуются **вода, углекислый газ, аммиак и минеральные соли** (например фосфаты, сульфаты), которые снова участвуют в круговороте веществ. Круговорот серы в природе показан на **рисунке на следующем слайде**.

Поглощение корнями и последующая ассимиляция (использование в процессах обмена веществ)



На различных этапах круговорота содержащаяся в органике сера образует газообразные соединения, а ряд анаэробных бактерий извлекают из сульфатов кислород, в результате чего также образуются различные сернистые газообразные соединения. Из этих соединений сначала в атмосфере был обнаружен сероводород, а затем, с развитием техники, удалось выделить ряд других газообразных соединений серы.

Наиболее значительными источниками этих газов являются болота и почвы, содержащие большое количество органических веществ. Выделение серы естественным биологическим путем может достигать 38-40 млн. тонн в год, что составляет одну треть всех выделяемых в атмосферу соединений серы как в результате природных процессов, так и в результате деятельности человека.

Скорость выделения серосодержащих соединений из почвы и продуктов жизнедеятельности растений сильно зависит от температуры, поэтому количество таких выбросов заметно возрастает в теплое время года. Выбросы в атмосферу в результате природных процессов разрушения биосферы ориентировочно можно распределить следующим образом: болота - 12% почвы - 30% посеvy и посадки - 50%, леса - 7%

ВУЛКАНИЧЕСКАЯ И ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

При извержении вулканов в атмосферу наряду с большим количеством **двуоксида серы** попадают **сероводород, сульфаты и элементарная сера**. Соединения серы поступают главным образом **в нижний слой атмосферы - в тропосферу**, а при отдельных, большой силы **извержениях** наблюдается увеличение концентрации соединений серы и **в более высоких слоях атмосферы - в стратосфере**. С **извержением вулканов** в атмосферу ежегодно поступает **3-16 млн. тонн серосодержащих соединений**. И если для **тропосферы** это количество **незначительно** по сравнению с биологической и промышленной эмиссией серы, то для **стратосферы** извержения вулканов - **самый значительный источник появления серы**. Другие **природные источники** соединений серы, тесно связанные с вулканической деятельностью Земли – **геотермальные источники**. При использовании **геотермальных ресурсов** происходит **химическое загрязнение** окружающей среды соединениями серы.

ЭМИССИЯ СЕРЫ С ПОВЕРХНОСТИ МОРЕЙ И ОКЕАНОВ

После испарения **капель воды**, поступающих в атмосферу с **водной поверхности**, остается **соль**, содержащая, наряду с **ионами натрия и хлора, соединения серы**. Вместе с **частицами морской соли** ежегодно в атмосферу попадает до **200 млн. тонн серы**, что гораздо больше, чем эмиссия серы биологическим путем. В то же время **частицы соли из-за своих больших размеров быстро выпадают из атмосферы**, то есть **только ничтожная часть серы** попадает **в более верхние слои тропосферы** и переносится для **распыления над сушей**. Следует также учесть, что **из соединений серы морского происхождения не может образовываться серная кислота**, поэтому с точки зрения образования **кислотных дождей** они **не имеют существенного значения**. Их влияние сказывается лишь на **регулярном образовании облаков и осадков**.

В **поверхностном слое вод Мирового океана** обнаружено только одно соединение, способное проникать и загрязнять атмосферу - **диметилсульфат**. Распределение его в тропосфере аналогично распределению **хлорофилла в поверхностном слое вод океана**. Особенно он заметен **над континентальными шельфами, участками, подверженными действию приливов и отливов, в речных эстуариях и т.п.** Соединения серы, поступающие из Мирового океана в атмосферу, **окисляются до сульфатов, которые сохраняются в атмосфере не более 5 дней**.

ЭМИССИЯ СЕРЫ В АТМОСФЕРУ ИЗ АНТРОПОГЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Сера содержится во многих полезных ископаемых, таких как **уголь, нефть, торф, железные, медные и другие руды**. Использование этих ископаемых приводит к тому, что в атмосферу попадают значительные количества соединений серы, главным образом в виде **диоксида**. Среди источников этих соединений на первом месте стоит **уголь**, который дает более **70%** всех **антропогенных выбросов**. **Содержание серы в углях** зависит от **места добычи угля** и колеблется от **1 до 3.5%**. **Малосернистым** считаются **угли** содержащие **менее 1% серы**; **высокосернистыми** - **угли**, в которых содержание серы **превышает 3%**. Содержание серы в **неочищенной нефти** также достаточно велико и в зависимости от места происхождения колеблется от **0,1 до 2%**. Еще больше серы содержится в **мазутах - нефтяных остатках, получаемых при перегонке нефти после отгона бензина, керосина и масел**. Источниками **антропогенной эмиссии** соединений серы в атмосферу являются многие отрасли промышленности, главным образом **металлургическая**, а также **предприятия по производству серной кислоты, переработке нефти, производству цемента и другие**. Таким образом, **ежегодно в результате деятельности человека в атмосферу попадает 60-70 млн. тонн серы**, т.е. **в два раза больше**, чем это происходит **в природе в результате естественных процессов**.

Положение с антропогенным загрязнением атмосферы соединениями серы усугубляется тем, что основные источники загрязнения расположены в **Европе и Северной Америке**. На территории **Украины** основными загрязнителями являются: **энергетика - около 60%** **металлургия - около 12%** **коксохимия - около 8%** **химическая и нефтехимическая промышленность - около 3%** **другие отрасли - около 17%**. Также следует отметить, что в загрязнении атмосферы над территорией Украины оксидами серы весомым вкладом является **трансграничный перенос**, о котором подробно будет сказано ниже.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ СОЕДИНЕНИЯМИ АЗОТА

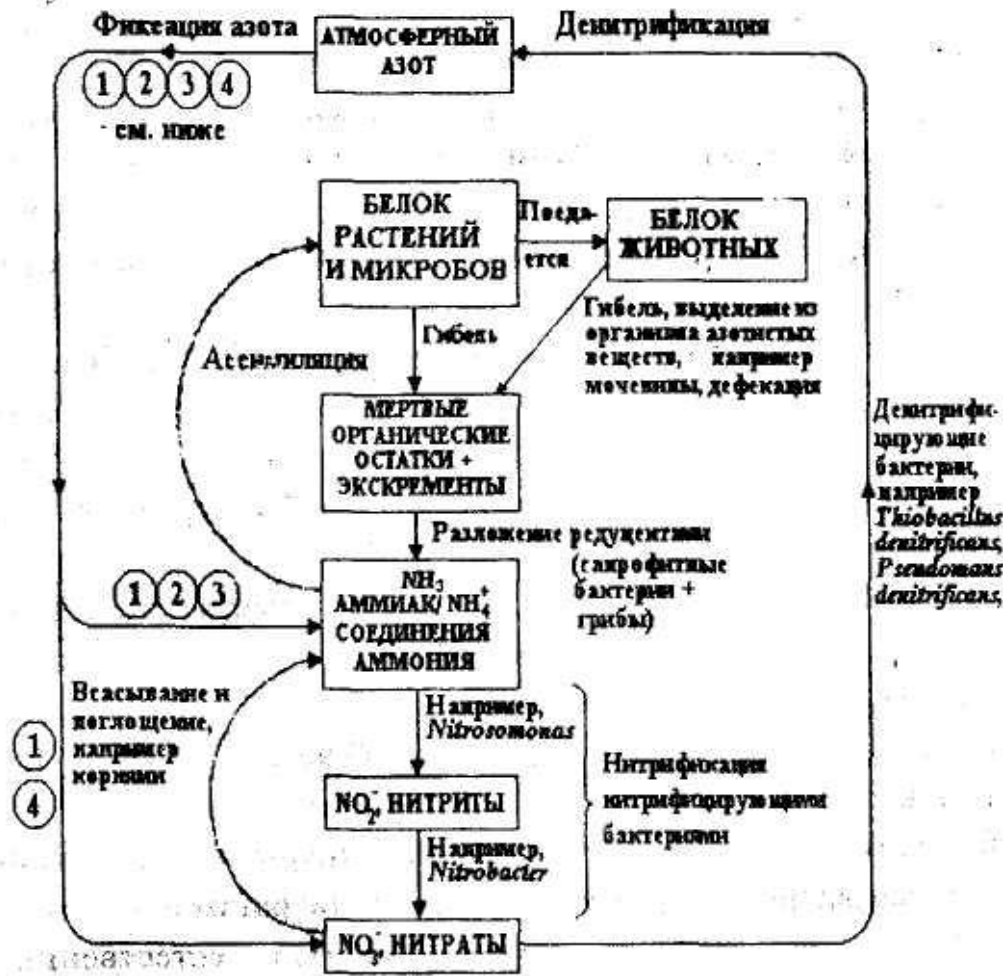
Основные азотсодержащие вещества, находящиеся в атмосфере, и их возможные концентрации в нижних слоях тропосферы приведены в таблице. Содержание в атмосфере оксидов азота (III) и (V) незначительно, а оксид азота (I) не принимает участия в кислотной седиментации, так как довольно быстро разлагается до оксидов NO_2 и NO . Следовательно, учитываются только окись и двуокись азота, которые в результате протекающих в атмосфере реакций образуют азотную кислоту. Источники загрязнения атмосферы соединениями азота могут быть естественными и антропогенными.

Наименование соединений азота	Химическая формула	Концентрация, N/м ³ мкг		
		город	регион	ркеан
ОКСИДЫ АЗОТА				
Оксид азота (I) (закись азота)	N_2O			
Оксид азота (II) (окись азота)	NO	50-5	0.5-0.05	0.05
Оксид азота (III) (азотистый ангидрид)	N_2O_3			
Оксид азота (IV) (двуокись азота)	NO_2	50-5	2.0-0.2	0.2
Оксид азота (V)	N_2O_5			
ДРУГИЕ СОЕДИНЕНИЯ АЗОТА				
Азотная кислота	HNO_3	2	2.0-0.2	0.2
Аммиак	NH_3		10.0-0.1	0.3
Ион нитрата	NO_3^-	2	0.4-0.1	0.02
Ион аммония	NH_4^+		2.0-1.0	0.4

название **круговорота азота** и изображенный на рисунке на следующем слайде.

Существует несколько источников естественной эмиссии соединений азота в атмосферу. Среди основных необходимо отметить почвенную эмиссию оксидов азота, образующуюся в результате деятельности живущих в почвах денитрифицирующих бактерий, которые высвобождают оксиды из нитратов. Для иллюстрации этого процесса рассмотрим в самой краткой форме биогеохимический цикл азота, получивший

название **круговорота азота** и изображенный на рисунке на следующем слайде.



Процессы азотфиксации, в порядке их значимости

□ Вещества
 → Процессы и организмы, которые в них участвуют

- ① Промышленная фиксация азота, например по технологии Габера
- ② Симбиотические сине-зеленые водоросли и бактерии (*Rhizobium* и клубеньках бобовых)
- ③ Свободноживущие сине-зеленые водоросли и бактерии *Azobacter*, *Clostridium*
- ④ Действие физических сил природы, например молний и т.п. на оксиды азота

Атмосфера содержит **78% азота**. Это довольно инертный элемент и поэтому он сравнительно редко встречается в связанном состоянии. Однако азот - необходимый компонент живой природы, входящий в состав **аминокислот и белков**. Никакой другой элемент так не ограничивает ресурсы, питательных веществ в экосистемах, как азот. Он может стать **доступным для живых организмов только в связанной форме**, т.е. в результате **азотфиксации**. Способность связывать азот присуща лишь **прокариотам**, и ни один другой организм не способен к фиксации азота. К **прокариотам** относятся **вирусы, бактерии и сине-зеленые водоросли**; к **эукариотам** - **зеленые водоросли, грибы и животные**. Так как **молекула азота состоит из двух атомов**, то для дальнейших преобразований ее надо **расщепить**, а для этого **необходима большая затрата энергии**. У **азотфиксаторов** в этой реакции участвуют специальный фермент **нитрогеназа**, использующий энергию **АТФ (аденозинтрифосфата)**.

Неферментативное разделение атомов азота возможно только при **громадной затрате энергии**. В атмосфере это происходит **под действием солнечного излучения**, при **вспышке молнии** или при **нагреве воздуха в процессе горения** (промышленные топки, двигатели внутреннего сгорания, пожары и др.). Азот очень важен для плодородия почвы. Ежегодно производится очень много **аммиака (NH_3)** который в основном используется для получения таких азотных удобрений, как **нитрат (NH_3NO_3)** и **мочевина $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$** . На настоящем уровне развития человечества **искусственным путем** получают примерно столько же соединений азота, сколько их **образуется в природе**. К сожалению, этот процесс приводит к еще одной глобальной экологической проблеме - **накоплению соединений азота в биосфере**. Серьезно также загрязнение продуктов питания нитратами.

В живой природе самый богатый **естественный источник связанного азота** - это **бобовые растения**, такие как **клевер, соя, люцерна и горох**. На их корнях имеются характерные вздутия, называемые клубеньками, которые образуются в результате жизнедеятельности азотфиксирующих бактерий, живущих внутри растительных клеток. Это симбиотическая связь, т.к. растение получает от бактерий азот в виде аммиака, а бактерии, в свою очередь, пользуются энергетическими запасами растения и получают от него углеводы и другие питательные вещества. **Бобовые растения связывают в 100 раз больше азота**, чем другие почвенные азотфиксирующие бактерии и **сине-зеленые водоросли**.

Все азотфиксаторы синтезируют **аммиак**, который используется растениями для образования **органических веществ**, в основном **белков**. Большинство **растений** получают **нитраты из почв**, а **животные**, в свою очередь, - **от растений**. На **рисунке на прошлом слайде** показано, как **сапрофитовые бактерии и грибы возвращают азот белков, содержащихся в мертвых растениях и животных, в общий круговорот азота в форме нитратов**. Такое превращение происходит в результате **последовательного окисления азотных соединений**, а для этого нужны **аэробные бактерии и кислород**. После гибели живого организма его **белки разлагаются до аминокислот**, а затем до **аммиака**. Точно так же расщепляются **азотистые соединения разных выделений животных**. Затем хемосинтезирующие бактерии **окисляют аммиак до нитрата**. Этот процесс называется **нитрификацией**. Денитрифицирующие бактерии осуществляют процесс, обратный нитрификации - **денитрификацию**. Денитрификация происходит **только в анаэробных условиях** (без доступа кислорода), когда бактерии используют **нитрат как окислитель**, заменяющий кислород в реакции окисления органических веществ.

Приведенные выше описания показывают, что в **круговороте азота** принимают участие:

- азотфиксирующие бактерии, связывающие азот в органические соединения;
- нитрифицирующие бактерии, которые превращают азот, связанный в органических соединениях (например, в белках), в нитраты;
- денитрифицирующие бактерии, которые превращают нитраты в свободный азот.

Аналогичные процессы протекают при очистке сточных вод в очистных сооружениях, где те же бактерии играют почти такую же роль, как и в почве. И в том и в другом случаях они расщепляют органические вещества, превращая их в безвредные неорганические соединения. При этом образуются оксиды азота.

Вторым источником естественного образования оксидов азота в атмосфере являются **грозовые разряды**. Во время электрических разрядов в атмосфере из-за очень высокой температуры и перехода в плазменное состояние молекулярные азот и кислород воздуха соединяются в оксиды азота. Общее количество образовавшихся таким образом **оксидов азота** составляет **8 млн. тонн в год**.

Третьим источником естественной эмиссии оксидов азота к атмосфере является **горение биомассы, не связанное с деятельностью человека**. К этому источнику относятся **лесные пожары**, возникающие в результате ударов молнии, **горения саванны и торфяников** в засушливые периоды. В этих случаях **горение биомассы не входит в топливный баланс человечества**, хотя в ряде случаев в таком бесцельном переводе древесины повинен человек (например, выжигание лесов с целью получения производственных площадей и др.). При горении биомассы в воздух поступает **12 млн. тонн оксидов азота в год**.

К другим источникам естественных выбросов оксидов азота в атмосферу можно отнести **биологические процессы в океане, разложение нитратов в морской воде под действием солнечных лучей**.

АНТРОПОГЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ АЗОТОМ

Среди антропогенных источников образования оксидов азота на первом месте стоит **горение ископаемого топлива** (уголь, нефть, газ, горючие сланцы, торф) и его продукты. Во время горения за счет высокой температуры, находящиеся в воздухе азот и кислород соединяются. При этом образование оксидов азота и их количество в выбросах прямо зависит от температуры сжигания: чем выше температура, тем больше образование оксидов азота. Кроме того, оксиды азота образуются в результате горения имеющих в топливе азотсодержащих веществ. Сжигая топливо, человек ежегодно выбрасывает в воздух более **12 млн. тонн** оксидов азота. Немного меньше (**8 млн. тонн в год**) поступает в атмосферу от двигателей при работе автомобильного транспорта, запуска ракет и авиации. **Промышленность**, по сравнению с энергетикой, отоплением и транспортом, выбрасывает значительно меньше оксидов азота - чуть более **1 млн. тонн в год**.

Еще один мощный антропогенный источник загрязнения атмосферы - **химические удобрения**, содержащие азотистые соединения. Попадая в почву, они распыляются и загрязняют воздух. За счет использования азотистых удобрений в атмосферу поступает ежегодно около **10 мегатонн N_2O** - это составляет до 40% естественного поступления. Схема атмосферных циклов соединений азота приведена на рисунке. Как мы видим, антропогенные источники меньше естественных. Отраслевая структура выбросов оксидов азота на Украине: энергетика - около 52% металлургия - около 18% коксохимия - около 9% химическая и нефтехимическая отрасли - около 3%

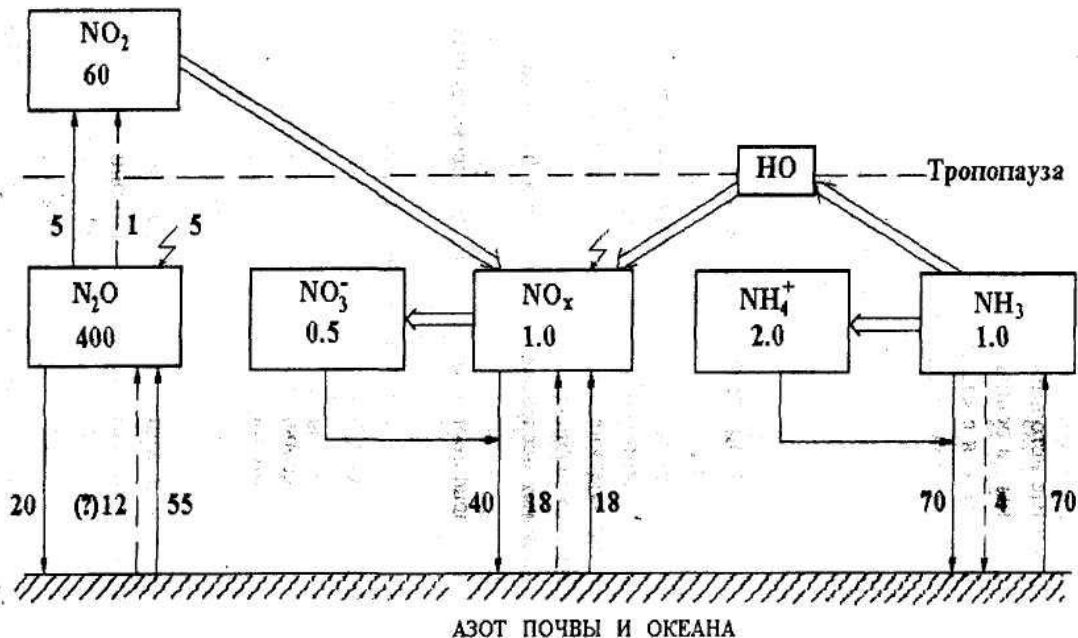


Схема атмосферных циклов соединений азота.

Цифры в рамках - содержание азота в мегатоннах; цифры у стрелок - потоки азота в Мт/год; сплошные (пунктир) стрелки - естественные (антропогенные) источники и стоки, двойные стрелки - фотохимические переходы.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ ЛОС, ХЛОРИДАМИ И ФТОРИДАМИ ВОДОРОДА

Источники образования **летучих органических соединений** (сокращенно **ЛОС**) очень многочисленны, широк и набор индивидуальных органических соединений, поступающих в атмосферу, что затрудняет определение этих выбросов.

По ряду оценок в состав **ЛОС** входят следующие составляющие: около **50%** алканов или парафинов - предельных или насыщенных углеводородов (метан, этан, бутан и их производные); около **23%** алкенов или олефинов - непредельных или ненасыщенных углеводородов (этилен, пропилен, бутулен и их производные); около **18%** аренов - разных ароматических углеводородов; около **8%** альдегидов и кетонов (формальдегид, ацетон и др.); около **1%** различных органических кислот (муравьиная, уксусная и многие другие).

В отличие от оксидов серы и азота, **ЛОС** поступает в атмосферу **главным образом от природных источников** (**65%** от их общей эмиссии в атмосферу). **Основной природный источник ЛОС - растения**, в результате жизнедеятельности которых образуются **терпеновые углеводороды** и их производные (**терпены** - органические вещества, от которых зависит аромат эфирных масел различных растений). Однако с каждым годом увеличивается и **антропогенная составляющая** эмиссии **ЛОС** в атмосферу. Так, в **1980 г.** в США от антропогенных источников в атмосферу поступило около **21.4 млн. тонн ЛОС**. Источниками эмиссии ЛОС в атмосферу являлись: **транспортные средства** - около **8.2 млн. тонн**; **сжигание топлива** - около **2.5 млн. тонн**; **различные промышленные процессы** - около **3.9 млн. тонн**; **использование красок** - около **1.9 млн. тонн**; **использование органических растворителей** - около **1.9 млн. тонн**; **при хранении и реализации нефтепродуктов** - около **1.4 млн. тонн**; в результате **лесных пожаров** - около **0.8 млн. тонн**; **из других источников** - около **0.8 млн. тонн**.

Все **ЛОС**, поступившие в атмосферу, активно участвуют в химических реакциях, протекающих в атмосфере под влиянием ультрафиолетового облучения, способны взаимодействовать с кислородом, озоном и гидроксильными радикалами, инициируют различные химические реакции, в результате которых образуются множество различных продуктов, способных влиять на **pH** атмосферных осадков. Как правило, **наиболее высокое содержание ЛОС в атмосфере наблюдается в районах с высокой концентрацией населения**. Количество ЛОС возрастает при повышении температуры и интенсивности солнечного облучения, т.е. **летом значительно больше, чем зимой**. **Основные компоненты кислотных осадков - серная и азотная кислоты**. Однако в некоторых регионах большую часть их могут составлять **хлорид и фторид водорода**, образующиеся при сжигании угля, а также при производстве пропиленоксида, фторида водорода, металлического алюминия и фосфорных удобрений.

ТРАНСГРАНИЧНЫЙ ПЕРЕНОС ОКСИДОВ СЕРЫ И АЗОТА

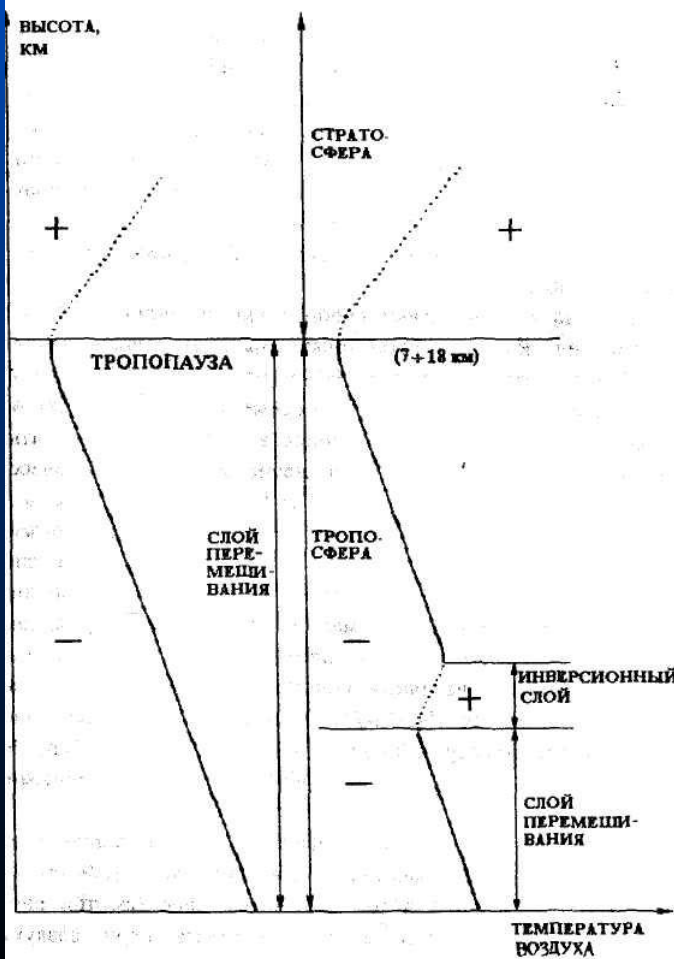
Характерной особенностью атмосферы является то, что за исключением некоторых инертных газов, входящих в состав воздуха, **большинство веществ находятся в ней в течение того или иного определенного времени.** Все газы, входящие в состав атмосферы, можно разбить на **три группы: устойчивые** азот, кислород, аргон и другие инертные газы, живущие в атмосфере **несколько тысяч лет**); **неустойчивые** (углекислый газ, закись азота, озон и другие, живущие в атмосфере **несколько лет (от 4 до 25 лет)** – исключение составляют фреоны, время пребывания которых может превышать **50, 100 и более лет**); **сильно изменяющиеся** водяные пары, двуокись азота, двуокись серы, сероводород, живущие в атмосфере **несколько суток (1-10 суток)**

Изменение **устойчивых составляющих атмосферы** (кислорода, азота, аргона) можно **не принимать во внимание**, так как деятельность человека не может оказать на них существенного влияния в течение относительно ограниченного отрезка времени. Совсем по другому обстоит дело у **неустойчивых и сильно изменяющихся** газов, **концентрации** которых не превышают **сто тысячных долей процента** от **общего объема атмосферы**, в связи с чем их называют **малыми газами, микровеществами** или **микрогазами.** **Концентрации неустойчивых и сильно изменяющихся газов** могут изменяться в результате деятельности человека. Более того, **микровещества** обладают следующей особенностью - **несмотря на свои высокие концентрации, они могут заметно влиять на физическое и химическое состояние атмосферы.**

Известно, что **атмосфера - дисперсная система**, состоящая из **воздуха и взвешенных в нем аэрозольных твердых частиц и капель жидкости.** Аэрозольная составляющая воздуха представлена твердыми частицами самого различного происхождения (минеральные и органические соединения, кристаллы льда) и жидкими частицами воды и различных кислот. Подавляющая часть **аэрозолей** имеет **размеры от 0.01 до 10 микрон (1 мм=1000 мкм=1000 микрон).** **Переход аэрозоля в пыль** находится в диапазоне **10-100 мкм.** При размерах дисперсных частиц более **100 мкм жидкая составляющая атмосферы** носит название **капель**, а **твердые сростки кристаллов льда** носят название **снега, крупы, града.**

Если бы в воздухе не было аэрозольных частиц, то была бы возможна видимость на многие сотни километров. Без аэрозолей невозможно было бы образование облаков и тумана, а также прекратился бы действующий у нас на планете круговорот воды.

Известно, что при понижении температуры способность воздуха скапливать пары воды уменьшается. Если воздушные массы поднимаются, они постепенно остывают и воздух становится перенасыщенным водяными парами. Тогда начинается конденсация водяного пара, которая продолжается до тех пор, пока не прекратится перенасыщенность. Однако при обычных атмосферных условиях водяной пар способен конденсироваться только при относительной влажности 400-500% а в атмосфере относительная влажность только редко может превысить 100.5% При такой перенасыщенности капельки в атмосфере могут образовываться только на частицах аэрозоля - так называемых ядрах конденсации. Этими ядрами часто являются хорошо растворимые в воде соединения серы и азота.



Атмосферный воздух представляет собой легко подвижную среду, во время движения которой происходят быстрые перемещения больших воздушных масс с одного места на другое. При этом возможны вертикальное и горизонтальное перемещения (конвекция и адвекция) воздуха. Оба этих процесса принято считать упорядоченными. Кроме них существует неупорядоченный процесс движения, который называют турбулентным. Как известно, начиная с поверхности Земли, температура воздуха по мере подъема снижается в среднем с градиентом $0.65\text{ }^{\circ}\text{C}$ на каждые 100 м (рисунок слева). Конвекция - это подъем отдельных более нагретых от земной поверхности и менее плотных масс воздуха с одновременным опусканием более холодных и более плотных. Скорость подъема воздуха обычно составляет несколько метров в секунду, а иногда доходит до 20-30 м/с и более. Конвективные токи пронизывают всю тропосферу и даже проникают в стратосферу и играют важную роль в обмене теплом и влагой между различными слоями атмосферы. Одновременно в тропосфере часто наблюдаются температурные аномалии, называемые инверсиями - повышение температуры воздуха с высотой в том или ином слое (рисунок слева). Температурные инверсии могут охватывать слои воздуха мощностью в сотни метров, а иногда и до 2000-3000 метров.

Температурные инверсии могут охватывать слои воздуха мощностью в сотни метров, а иногда и до 2000-3000 метров.

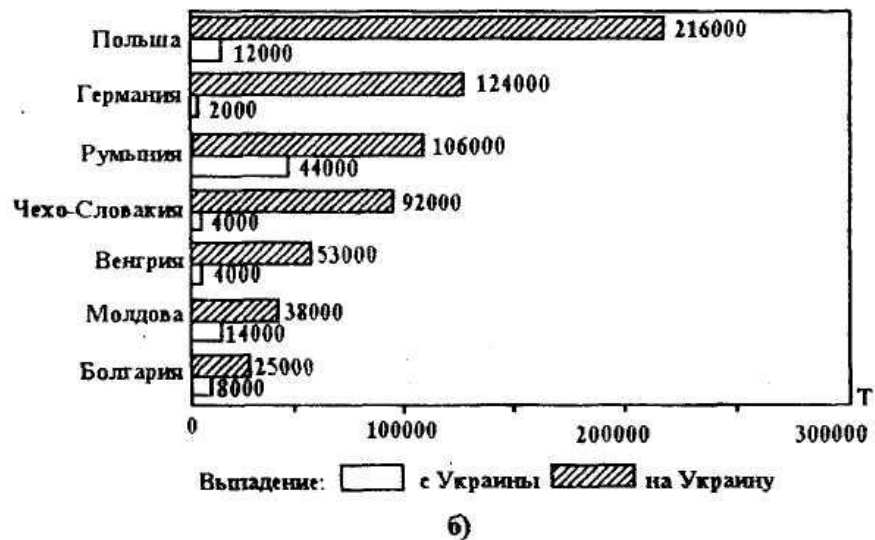
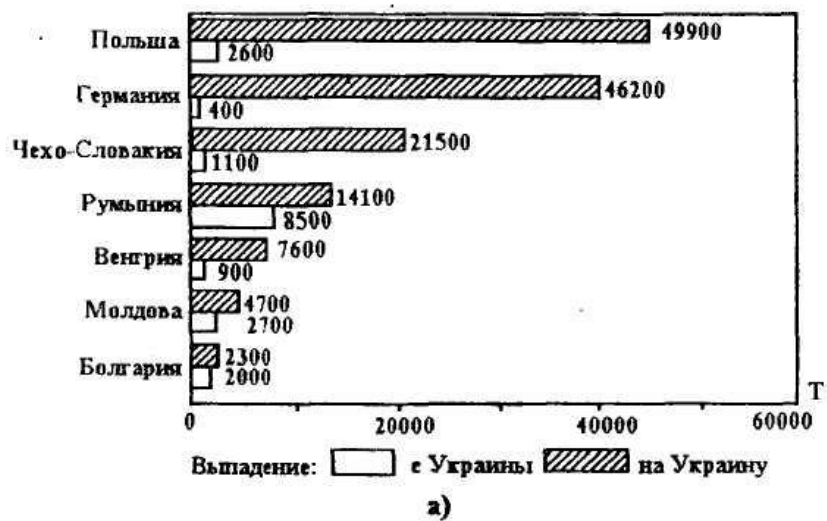
Эти аномальные явления в толще тропосферы связаны с оседанием воздуха в антициклонах, натеканием теплого воздуха на холодный в зонах атмосферных фронтов, с турбулентными движениями воздуха и др. Температурная инверсия часто наблюдается и в приземных слоях, где она начинается от самой поверхности почвы, льда, снега. Обычно приземная температурная инверсия захватывает слой, измеряемый десятками метров, но в условиях особо низких температур (Арктика, Антарктида и др.) он может измеряться сотнями метров.

В связи с тем, что физическим условием движения потока воздуха вверх, является снижение температуры воздуха в этом направлении, подъем воздушных масс за счет конвекции возможен только до тропопаузы или до инверсионного слоя, на границе с которым температурный градиент меняет свой знак. И дальнейшее вертикальное движение воздушных масс возможно только за счет диффузии (молекулярного движения), которая представляет собой очень медленный процесс.

Адвекция - это упорядоченный горизонтальный перенос воздушных масс за счет разности давлений в различных участках атмосферы. Вместе с массами воздуха переносится тепло, влага и присутствующие в атмосфере загрязнения. С учетом конвекции, инверсии и адвекции, а также развитием турбулентного движения воздушных масс в тропосфере формируются воздушные массы и фронты, развиваются циклоны и антициклоны и другие процессы, определяющие погоду и климат. Таким образом, как правило, вертикальные перемещения отдельных масс воздуха ограничиваются либо тропопаузой, либо инверсионным слоем.

В горизонтальном же направлении за счет турбулентного перемещения возможны только относительно небольшие перемещения (несколько десятков километров), а за счет адвекции воздушные массы могут перемещаться на несколько тысяч километров. Вместе с массами воздуха перемещаются и загрязнители, попавшие в атмосферу. При этом дальность переноса загрязняющих веществ зависит как от срока их жизни (времени пребывания), так и от скорости ветра. Для двуокиси азота время пребывания в атмосфере составляет в среднем 8-10 суток, а для двуокиси серы - около 2 суток.

Путем несложных расчетов можно легко определить расстояния, на которые могут распространяться те или иные загрязнители от мест их эмиссии с помощью ветра. Как пример возьмем скорость ветра 10 м/с (часто бывает в тропосфере на высоте 1 км от поверхности Земли). Тогда любой загрязнитель, выбрасываемый в атмосферу в какой-либо точке, может быть перенесен за сутки на 864 км от места его эмиссии.



Следовательно, **диоксида серы** при скорости ветра 10 м/с и среднем времени пребывания 2 суток, может быть перенесена на расстояние 1.5-2 тысячи километров, а **диоксида азота**, время пребывания которой в атмосфере больше - еще дальше.

Распространение загрязнителей атмосферы в таких масштабах создало много международных проблем. **Поскольку загрязнение воздуха не знает границ, выбросы загрязнителей в одном государстве могут загрязнять воздух другого.** Например, существует тесная связь между образованием кислотных дождей в Скандинавских странах и эмиссией серы и азота в Средней и Западной Европе. Европейская экономическая комиссия ООН подсчитала, в какой степени то или иное европейское государство несет ответственность за загрязнение воздуха и выпадение кислотных дождей.

В качестве примера на **рисунке** приведен **трансграничный перенос оксидов азота (а) и серы (б)** между **Украиной и странами Европы.** Как видно из **рисунка**, в загрязнении атмосферы над территорией Украины весьма весомым является **трансграничный перенос оксидов серы и азота** из других стран Европы. Их выпадение на территории Украины значительно превышает объем загрязнений, места эмиссии которых расположены на Украине.

Что студент реально должен знать по
поводу дисциплины **Экология**???

Преподаватель всегда прав!!!

Большое спасибо за внимание!

