

Тема:

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА

Масштабы производственной деятельности человека

Человек во все большем размере осваивает как возобновляемые, так и невозобновляемые энергетические и другие ресурсы, и значительная часть невозобновляемых ресурсов уже использована. Так, человечество уже извлекло из недр планеты около 24% угля из разведанных 730 млрд.т условного топлива (млрд. т у. т.), при ежегодном потреблении около 3 млрд. т у.т. , около 68% нефти из разведанных 200 млрд. т у.т. при ежегодном потреблении около 4,5 млрд. т. у.т., около 40% природного газа из разведанных 145 млрд. т. у.т. при ежегодном потреблении около 2,4 млрд. т. у.т.

В недрах Земли ежегодно добывается более 100 млрд.т. руды, что по извлекаемой массе эквивалентно почти одной десятой доле всех разведанных запасов угля и почти равно общим запасам разведанной нефти. Сжигается около 10 млрд. т. у.т. в год, выплавляется более 800 млн.т в год различных металлов, на полях рассеивается более 500 млн.т минеральных удобрений и более 14млн. т. ядохимикатов, из которых третья часть смывается в водоемы или задерживается в атмосфере.

По данным Всемирной организации здравоохранения в настоящее время используется более 500 тысяч различных химических соединений, из которых около 40 тысяч имеют вредные для человека свойства, а 12 тысяч токсичны.

Скорость сведения лесов сегодня достигла 18 млн.га/год, что составляет 0,6 – 0,7% в год. При такой скорости сведения лесов их через 150 лет вообще не останется на Земле. А в результате застройки, опустынивания, горных разработок и других антропогенных процессов из землепользования ежегодно изымается до 70 тысяч км² земель, что больше площади таких государств, как Литва или Латвия.

В биосферу Земли ежегодно поступает более 30 млрд. т промышленных и бытовых отходов. По различным оценкам готовая продукция производств составляет только около 1 – 2% от используемого исходного сырья.

Особенно отрицательное воздействие на окружающую природную среду оказывают города. Одних только городов с населением более 1 млн. человек на планете Земля перевалило далеко за 300.

Постоянная интенсификация производственной деятельности человека приводит к изменению режима грунтовых и подземных вод, а также поверхностного водостока, структуры почв, усилению геохимических процессов, изменению всего ландшафта. Нерациональное природопользование приводит к загрязнению природной среды и изменению биосферы.

Этапы и формы изменения биосферы человеком

Уже в начале 20–го века академик В.И. Вернадский отмечал, что производственная деятельность человека по своим масштабам становится сопоставимой с геологическими процессами. Можно выделить несколько главных этапов изменения биосферы человеком:

- воздействие человека на биосферу как обычного биологического вида;
- интенсивная охота без изменения вида экосистем, в это время полностью уничтожаются отдельные виды животных: бизон, саблезубый тигр и др.;
- выжигание трав и леса, приручение полезных животных;
- распашка земель и вырубка лесов в связи с расселением человека на расширяющихся территориях;
- глобальное изменение всех компонентов биосферы в связи с промышленной и научно-технической революциями.

Антропогенное воздействие на биосферу сводится к четырем главным формам:

- 1) изменение структуры земной поверхности (мелиорация, ирригация, изменение режима поверхностных вод, вырубка лесов, распашка степей, застройка населенных пунктов, строительство дорог и т.п.);
- 2) изменение состава биосферы, круговорота и баланса веществ в ней (добыча полезных ископаемых и создание отвалов, выбросы вредных веществ в атмосферу, водоемы и почву, изменение влажности и т.д.);

- 3) изменение теплового баланса планеты,
 4) изменение баланса биоты (истребление части видов организмов, создание новых пород и сортов).
 Размеры изменения биосферы от антропогенного воздействия представлены в табл. 1

Таблица 1.

Изменение природы человеком

Экологический компонент	Размер использования или загрязнение, млн.т./год, или указанные единицы измерения	Изменение в % от природного количества за период существования человечества	Примечание
1. Атмосфера			
1.1.Кислород	20000	От 12 до 23	Уменьшение
1.2.Углекислый газ	70000	25, в т.ч. в 19-20 вв. на 18	Увеличение
1.3.Диоксид серы	150	75	Вызывают кислотные дожди
1.4.Оксиды азота	65	8,1	
1.5.Угарный газ	300	100	
1.6.Озон		20	Уменьшение
2. Гидросфера			
2.1.Безвозвратное водопотребление	430 км ³ / год	9	Уменьшение
2.2.Загрязнение тяжелыми металлами		В 19-20 вв. в 10 – 15 раз	
2.3.Загрязнение нефтью	2135	В 3560 раз	Нефтяной пленкой покрыто 20 % поверхности океана
3. Литосфера			
3.1.Горные породы	100000		
3.2.Рост площади пустынь	От 3 до 12 тыс.км ² /г	В 6,7 раза	
4. Биота			
4.1.Уничтожение лесов	180 тыс.км ² /г	70	Лесистость суши снизилась с 75% до 27%
4.2.Исчезнувшие виды или под угрозой исчезновения	25 – 30 тыс.	10 – 15	
4.3.Добывается рыбы и морепродуктов		70 от прироста	
4.4.Генетическое разнообразие живого вещества	90		Уменьшение

Факторы антропогенного воздействия на биосферу

Строение и состав атмосферы, источники ее загрязнения, нормирование загрязнений Строение и состав газовой оболочки Земли

Благодаря специфическому газовому составу, способности поглощать и отражать солнечную радиацию, озоновому слою, в котором задерживается основная часть коротковолнового излучения Солнца, благоприятному температурному режиму и присутствию водяного пара, атмосферу можно назвать одним из главных источников жизни на Земле.

Атмосфера – газовая оболочка Земли, масса которой около $5,9 \cdot 10^{15}$ т.

В зависимости от температуры в газовой оболочке различают несколько зон, располагающихся на различных высотах от Земли.

В тропосфере, простирающейся на высоте от 7 до 18 км над уровнем моря (минимум над полюсами и максимум над экватором), происходит интенсивное вертикальное перемещение воздуха и здесь находится основная его масса (до 80 %). Именно здесь происходят все те явления, которые мы именуем погодой – образуются все осадки, облака, грозы и штормы. С увеличением высоты температура в тропосфере понижается до -50°C .

Таблица 2.

Газовый состав атмосферы

№	Компоненты	Содержание, % по объёму	№	Компоненты	Содержание, % по объёму
1.	Азот	78,090	9.	Оксид азота	$2,5 \cdot 10^{-4}$
2.	Кислород	20,940	10.	Водород	$5 \cdot 10^{-5}$
3.	Аргон	0,930	11.	Метан	$1,5 \cdot 10^{-4}$
4.	Диоксид углерода	0,033	12.	Диоксид азота	$1,5 \cdot 10^{-4}$
5.	Неон	$1,8 \cdot 10^{-3}$	13.	Озон	$2 \cdot 10^{-6}$
6.	Гелий	$5,2 \cdot 10^{-4}$	14.	Диоксид серы	$2 \cdot 10^{-8}$
7.	Криптон	$1 \cdot 10^{-4}$	15.	Оксид углерода	$1 \cdot 10^{-5}$
8.	Ксенон	$8 \cdot 10^{-6}$	16.	Аммиак	$1 \cdot 10^{-6}$

Выше тропосферы находится стратосфера, протяжённость которой около 50 км. Температура в ней вначале остаётся постоянной, а с высотой повышается до $+10^{\circ}\text{C}$ из-за поглощения озоном ультрафиолетового излучения. Над стратосферой лежит мезосфера, выше которой расположена термосфера.

Атмосфера состоит в основном из кислорода и азота. Кислородно-азотный состав сохраняется примерно до высоты 400...600 км. Выше 600 км в атмосфере до высоты 1600 км преобладает гелий. Далее преобладает водород.

Источники загрязнения атмосферы

Уже начиная с XIX столетия, по мере развития промышленности, а затем энергетики и транспорта газовое равновесие в атмосфере начинает нарушаться: в круговорот естественный начинает вмешиваться социальный обмен веществ, то есть антропогенная деятельность. Сегодня загрязнение атмосферы достигло колоссальных масштабов.

Главные источники загрязнения атмосферы: естественный и антропогенный:

I. Естественное загрязнение:

- взеземное (космическая пыль);
- земное:
 - а) морское;
 - б) континентальное:
 - дым;
 - неорганическое (выветривания, вулканизм);
 - органическое (растения, животные).

II. Антропогенное загрязнение:

1). радиоактивное:

а) урановая руда:

- добыча;

- транспортировка;

- переработка;

б) эксплуатация реакторов;

в) атомные взрывы;

г) отходы ТЭЦ, ТЭС, АЭС.

2). прочие:

а) промышленность;

б) транспорт;

в) жилища;

г) сельское хозяйство.

Космическая пыль образуется из остатков сгоревших метеоритов при их прохождении в атмосфере. Ежегодно её выпадает на Землю 2...5 млн.т.

Природная пыль является составной частью земной атмосферы. Она представляет собой мельчайшие твёрдые взвешенные в воздухе частицы и ядра конденсации. Частицы природной пыли имеют органическое и неорганическое происхождение и образуются в результате разрушения и выветривания горных пород и почвы, вулканических извержений, лесных, степных и торфяных пожаров, испарения с поверхности морей. Одним из источников пыли в нижних слоях атмосферы являются безводные пустыни и степи. Кроме того, пыль образуется аэропланктоном, спорами растений, плесневыми и другими грибами, продуктами гниения, брожения и разложения растений и животных.

Атмосферный воздух над океаном включает мельчайшие кристаллы солей магния, натрия, калия, кальция, которые образуются в результате высыхания в воздухе брызг воды.

Как правило, естественное загрязнение не угрожает отрицательными последствиями для экосистем и обитающих в них живых организмов.

Источниками антропогенного загрязнения атмосферы являются транспорт, теплоэнергетика, предприятия ядерно-топливного цикла (ЯТЦ), промышленные и сельскохозяйственные предприятия.

Несмотря на многообразие веществ, выбрасываемых в атмосферу этими источниками, можно указать наиболее распространённые выбросы: зола, пыль, оксиды серы, азота, сероводород, углеводороды, аммиак, оксиды углерода и т.д.

За год в атмосферу Земли выбрасывается 200 млн.т. оксида углерода, более 20 млрд.т. диоксида углерода, 150 млн.т. диоксида серы, 53 млн.т. оксидов азота, свыше 250 млн.т. пыли, 120 млн.т. золы, более 50 млн.т. углеводородов.

Последствия такого загрязнения, носят и глобальный, и локальный характер.

Нормирование атмосферных загрязнений

Основной физической характеристикой примесей атмосферы является их концентрация ($\text{мг}/\text{м}^3$). Концентрация примесей определяет физическое, химическое и другие виды воздействия вещества на окружающую среду и является основным параметром при нормировании атмосферных загрязнений.

Нормативы содержания загрязняющих веществ в воздухе представляют собой предельно допустимые концентрации (ПДК).

ПДК – это концентрация вредного вещества в окружающей среде, которая при постоянном контакте или при воздействии в определённый промежуток времени практически не оказывает влияния на здоровье человека и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства.

С позиций экологии ПДК вредных веществ имеют смысл верхнего предела устойчивости организма, при превышении которого то или иное вещество (т.е. фактор) становится лимитирующим.

Наиболее характерными воздействиями вредных веществ на организм являются токсические и рефлекторные воздействия. Это обстоятельство вызвало необходимость установления для загрязняющих веществ двух видов ПДК: максимальную разовую и среднесуточную.

Максимальная разовая величина ПДК не должна допускать рефлекторных реакций человека (насморк, ощущение запаха и т.п.).

Среднесуточная ПДК не должна допускать токсического, канцерогенного, мутагенного воздействия.

При проектировании предприятий в районах, где атмосферный воздух уже загрязнён выбросами от других действующих предприятий, необходимо нормировать их выбросы с учётом уже присутствующих в воздухе примесей (фоновой концентрации). [Потребительская корзина](#).

Для регулирования выбросов вредных веществ в атмосферу используются индивидуальные для каждого вещества и предприятия нормы предельно допустимых выбросов (ПДВ), которые учитывают количество источников, их высоту, распределение выбросов во времени и пространстве и другие факторы.

Предельно допустимые выбросы – предельное количество вредного вещества, разрешаемое к выбросу от данного источника, которое не создаёт приземную концентрацию, опасную для людей, животного и растительного мира.

ПДВ – расчётная величина, определяемая по формулам и с помощью специальных программ на ЭВМ. Каждое предприятие должно иметь согласованный с местным органом охраны природы перечень (том) ПДВ.

Источники загрязнения гидросферы

Вода – самый распространенный минерал в биосфере, основа всех жизненных процессов, единственный источник кислорода в главном биосферном процессе – фотосинтезе.

Масштабы использования воды быстро увеличиваются - с ростом населения и улучшением санитарно- гигиенических условий жизни человека, развития промышленности и орошаемого земледелия. Суточное потребление воды на хозяйственно-бытовые нужды в сельской местности составляет 150 л на 1 человека, в городах – 150 л.

Огромное количество воды используется в промышленности. Так, на выплавку 1 т стали необходимо 200 м³, на производство 1 т бумаги – 100 м³, 1 т синтетического волокна – до 5000 м³. Промышленность поглощает до 85% всей воды, расходуемой в городах, оставляя на хозяйственно-бытовые цели около 15%.

Еще больше воды необходимо для орошения. Например, на уровне 2000 г в сельском хозяйстве в мире использовано 63% всей потребленной воды, из которой 86% ушло на орошение.

При сохранении таких масштабов потребления воды, с учетом прироста населения и объемов производства к 2100 году человечество может исчерпать все запасы пресной воды.

Все более осязаемый недостаток воды вызывается ее растущим загрязнением вследствие сброса в реки отходов промышленности, особенно химической и коммунальных сточных вод. Бактериальное загрязнение и ядовитые химические вещества, например фенол, приводят к омертвлению водоемов.

Вредные вещества, поступающие в воды:

- нефть, нефтепродукты – в результате нефтедобычи, транспортировки, переработки, использования нефти в качестве топлива и промышленного сырья,
- токсичные синтетические вещества, применяющиеся в промышленности, на транспорте, в коммунально-бытовом хозяйстве,
- металлы – ртуть, свинец, цинк, медь, олово, марганец и другие.

В реки и озера поступают минеральные удобрения, вымываемые из почвы дождями и при весеннем таянии снега – нитраты и фосфаты, которые в больших концентрациях способны резко изменить флору и фауну водоемов, а также различные ядохимикаты, используемые для борьбы с грызунами и другими вредителями сельского хозяйства.

Одним из видов загрязнения является тепловое загрязнение: электростанции, промышленные предприятия часто сбрасывают подогретую воду в водоем, что вызывает уменьшение кислорода в воде, увеличивает токсичность примесей, нарушает биологическое равновесие.

Значительному загрязнению подвергаются воды морей и океанов. С речным стоком, а также от морского транспорта в моря поступают болезнетворные отходы, нефтепродукты, соли тяжелых металлов, ядовитые органические соединения, в том числе пестициды. ДДТ обнаружен даже в организме пингвинов, обитающих в Антарктиде.

Загрязнение морей и океанов достигает таких масштабов, что в ряде случаев выловленные рыба и моллюски оказываются непригодными для употребления в пищу.

Источники загрязнения литосферы

Всё то, что человек добывает, производит, выращивает, потребляет, в конце концов, превращается в отходы. Часть из них удаляется вместе со сточными водами, другая часть в виде газов, паров и пыли попадает в атмосферу, но большая часть выбрасывается в виде твёрдых отходов.

Каждый житель планеты «производит» ежедневно до 1,5 килограммов мусора.

Гора твёрдых бытовых отходов (ТБО) растёт с каждым днём – за год у нас в стране их собирается примерно 60 млн. тонн. Объём бытового мусора в США составляет 140 млн. т в год, для уборки мусора ежедневно требуется 63 тыс. мусоровозов.

Объём бытовых отходов в год в расчёте на одного человека увеличивается примерно на 1...4 %, а на массу на 0,2...0,4 % в год.

В состав ТБО (мусора) входят зола, шлак, бумага, пластмасса, пищевые отходы, металл, стекло и пр.

Ещё более разнообразны составляющие промышленных отходов: древесина, бумага, текстиль, кожа, резина, гипс, соли, шлаки, зола, формовочная земля, металл, отходы животного происхождения, строительный мусор.

Как утверждают специалисты, с начала двадцатого века в России накопилось более 100 миллиардов тонн только твёрдых отходов и ежегодно к ним добавляется ещё по 7 миллиардов тонн.

Твёрдые отходы загрязняют все геосферы Земли. Например, отстойные, насыщенные разнообразными химическими соединениями воды золо-шлаковых отвалов при весеннем половодье или в результате сильных ливней могут быть сброшены в водоёмы, а отвалы отходов обогащения урановых руд (хвостохранилища) являются источниками значимого радиоактивного фона на больших территориях.

Но самый большой вклад твёрдые отходы вносят в загрязнение литосферы. Достаточно напомнить о том, что при размещении твёрдых отходов на постоянное или временное хранение отчуждаются значительные территории с достаточно развитой инфраструктурой, пригодной для развития производств или жилой зоны.

Источники загрязнения верхнего, почвенного слоя литосферы и литосферы, в целом, весьма разнообразны:

- сточные воды, особенно при их сбросе «на ландшафт»,
- протечки нефти и нефтепродуктов,
- выбросы промышленных предприятий, содержащие вредные парогазовые примеси и аэрозоли и осаждающиеся на землю,
- применение пестицидов в сельском хозяйстве и многое другое.

Но главный загрязнитель литосферы – бытовые и промышленные отходы.

В результате литосфера загрязняется

- ртутью (с ядохимикатами и отходами промышленных предприятий),
- свинцом (при выплавке свинца и от автотранспорта),
- железом, медью, цинком, марганцем, никелем, алюминием и другими металлами (вблизи крупных центров черной и цветной металлургии),
- радиоактивными элементами (при удалении твёрдых отходов предприятий атомной промышленности, атомных электростанций, учреждений, связанных с изучением и использованием атомной энергии),
- стойкими органическими соединениями, применяемыми в качестве ядохимикатов и другими загрязнителями.

Источники энергетических загрязнений

Наряду с химическими загрязнителями на окружающую среду и человека воздействуют физические поля. Как и химические загрязнители, физические поля подразделяются на естественные и антропогенные.

Естественные физические поля так же, как и химические загрязнители – воздействия, в условиях которых протекала эволюция живого вещества: флоры, фауны, человека.

Интенсивность этих полей изменялась вместе с изменением Вселенной, Солнечной системы, самой планеты Земля. Живое вещество на Земле, тем не менее, смогло адаптироваться к изменениям концентраций химических загрязнений и интенсивности физических полей и выжить.

Сегодня, в соответствии с современными естественнонаучными представлениями, природа и человек вступают в период новых испытаний: предстоит адаптироваться к химическим и полевым изменениям в биосфере Земли, вызванным деятельностью человека.

Здесь главное опасение: очень высок темп этих изменений, и адаптационные механизмы природы и человека могут «не успеть» адаптироваться к антропогенному давлению на биосферу.

В настоящее время практически учитываемыми физическими полевыми воздействиями на окружающую среду и человека являются электромагнитные и вибро-акустические воздействия.

В науке и практической деятельности по защите от них биосферы и человека они получили название энергетических загрязнений.

Спектр частот колебаний электромагнитных воздействий очень широк, и на разных участках спектра электромагнитные воздействия проявляются по-разному.

Электромагнитные поля (ЭМП) от самых низких частот до $6 \cdot 10^{12}$ Гц называются радиочастотными. Воздействия таких полей чаще всего идентифицируют как собственно электромагнитные воздействия.

Их источники –

- высоковольтные линии электропередачи и сети электроснабжения промышленной частоты (50 Гц),
- радиостанции,
- телецентры и телеретрансляторы,
- радиолокационные станции,
- установки токов высокой частоты,
- индукционной сушки,
- телеэкраны,
- дисплеи,
- антенны,
- магниты,
- радиотелефоны и многое другое.

Интенсивности радиочастотных антропогенных ЭМП (напряженности электрического и магнитного полей, плотность потока энергии) на порядки величины превышают естественный фон – атмосферное электричество, радиоизлучения Солнца и галактик, квазистатические электрические и магнитные поля Земли.

Организм человека и других живых существ функционирует на основе действия очень слабых биоэлектрических токов и потенциалов (микроамперы, милливольты) и биомагнитных полей (нано- и пикотесла), и естественные ЭМП, таким образом, являются синхронизаторами биоритмов организма.

Антропогенные ЭМП приводят к десинхронизации функциональных процессов в организме, что выражается в нарушении функционального состояния центральной нервной, сердечно-сосудистой и других систем человека.

Электромагнитные поля (излучения) с последующим интервалом частот – до $3,9 \cdot 10^{14}$ Гц – относятся к инфракрасным ЭМП, или тепловым излучениям. Типичными источниками теплового излучения являются нагретые поверхности, расплавленные вещества, пламя.

Антропогенные тепловые излучения являются тепловыми загрязнениями окружающей среды, прежде всего, водоемов. Источники теплового загрязнения, большей частью – тепловые и атомные электрические станции (ТЭС, АЭС), а также промышленные предприятия, на которых для охлаждения оборудования используются водяные системы охлаждения.

Огромные массы подогретой воды с ТЭС, АЭС и предприятий сбрасываются в гидросферу, что приводит к угнетению, деградации, разрушению водных экосистем. Подобные тепловые загрязнители влияют не только на водную, но и на воздушную среду в районе расположения загрязнителей. Здесь из-за повышенной влажности и температуры фактически устанавливается весьма неблагоприятный локальный климат.

Значительное негативное воздействие тепловое излучение оказывает на условия труда в рабочей зоне предприятий с источниками интенсивного тепловыделения, например, на сталелитейных заводах, на предприятиях хлебопечения.

Интегральным источником теплового загрязнения является вся совокупность энергоустановок на Земле, а также собственно атмосферный воздух, нагревающийся вследствие рассматриваемого ниже парникового эффекта.

ЭМП с частотами, более $3 \cdot 10^{15}$ Гц, относятся к ионизирующим излучениям (ИИ)

Источники ИИ –

- руды радиоактивных элементов (урана, тория),
- ядерное топливо,
- АЭС, особенно в случае работы в штатных режимах,
- отходы АЭС, предприятий атомной промышленности,
- источники ионизирующего излучения, применяемые в процедурах медицинской диагностики и лечения, в дефектоскопии.

Антропогенные радиочастотные ЭМП-излучения приводят к десинхронизации функциональных процессов в организме, вызывающей нарушение работы его различных систем, тепловое излучение сопровождается термическим эффектом с пороговым характером действия (тепловой удар).

ИИ ионизируют молекулы воды, содержащейся в организме, с последующим окислением молекул белка образовавшимися при этом радикалами H^* и OH^* , расщепляют непосредственно молекулы белка, что вызывает функциональные, биохимические изменения, которые могут привести к незлокачественному поражению кожи, острой лучевой болезни, онкологическому процессу, мутации генов.

Типичное проявление мутации генов – врожденное уродство.

Изменение вибро-акустических параметров окружающей среды связано с возникновением либо малых механических колебаний (вибраций) в упругих телах или телах, находящихся под воздействием переменного физического поля, либо упругих колебаний (звуковых, или акустических полей) в твердой, жидкой или газообразной среде вследствие воздействия на среду какой-либо возмущающей силы.

Так, крыльчатка вентилятора передаёт энергию молекулам воздуха, которые, в свою очередь, передают энергию соседним молекулам и т.д. – в воздушной среде возникают колебания: в каждой точке окружающего воздушного пространства на постоянное атмосферное давление накладывается периодическая (аперiodическая) составляющая давления, которую слуховой аппарат человека воспринимает как звук. Если последний нежелателен для человека, то это – шум.

Деятельность человека в биосфере сопряжена с невольным и всё возрастающим производством ненужных для людей, фауны, флоры звуков – шумов, а также вибраций.

Шум в окружающей среде – в жилых и общественных зданиях, на прилегающих к ним территориях, в городской среде в целом вызывается одиночными или комплексными источниками, находящимися снаружи или внутри здания: средства транспорта, оборудование предприятий, вентиляторы, компрессорные установки, станции для испытания двигателей и генераторов, аэрогазодинамические установки, средства аудиотехники, санитарно-техническое оборудование жилых зданий, электрические трансформаторы.

Нарастание шума происходит и вне городской среды: шум наземного, водного, воздушного транспорта, сельхозмашин, ЛЭП, ветровых электростанций, мобильных средств аудиотехники. Очевиден шумовой прессинг на всё живое: растительный и животный мир, на человека.

В городе интенсивность шума каждые 25...30 лет возрастает примерно в 10 раз, т.е. на 10 децибел (дБ).

Человек реагирует на шум в зависимости от субъективных особенностей организма, привычного шумового фона.

Раздражающее действие шума зависит от его уровня, спектральных и временных характеристик.

Считается, что даже шумы с уровнем ниже 60 дБ вызывают нервное раздражение, и существует прямая связь между уровнем шума в городах и увеличением числа нервных заболеваний.

Специфическим характером воздействия на организм человека отличаются инфразвуковые волны. Они могут иметь естественное (обдувание сильным ветром крупных неоднородностей ландшафта, строительных сооружений, водных поверхностей) или искусственное происхождение (механизмы с большой поверхностью с числом рабочих циклов не более 20 в секунду, реактивные

двигатели, двигатели внутреннего сгорания, турбины, вентиляторы, компрессоры и другие установки, создающие большие турбулентные массы потоков газов, транспорт).

Источники в и б р а ц и й : оборудование ударного действия (молоты, машины для забивания свай под фундаменты зданий), рельсовый транспорт, мощные энергетические установки (насосы, компрессоры, двигатели), инженерное оборудование зданий (лифты, насосные установки), системы отопления, канализации.

Вибрации, часто сопровождаемые звуковыми колебаниями, распространяются по грунту и достигают фундаментов жилых и общественных зданий, инженерных сооружений.

Это может вызвать неравномерность осадки грунта и фундамента, особенно при высокой насыщенности грунта влагой, и разрушение размещённых на них зданий и сооружений.

Во всех случаях вибрации вызывают раздражающее действие и помехи для работы в производственных, общественных и жилых зданиях. Протяжённость зоны воздействия вибрации в окружающей среде определяется интенсивностью (амплитудой) вибрации источника (фундамента машины), а также величиной затухания вибрации в грунте и может достигать 150...200 м.

Антропогенные воздействия глобального характера

Поступление в атмосферу антропогенной теплоты

Производство человеком тепловой, электрической и других видов энергии (а она вся, в конечном счете, превращается в теплоту) приводит к большим поступлениям теплоты в окружающую среду. По оценкам, мощность потока теплового загрязнения окружающей среды от антропогенных источников теплоты в районе 2010 г. приблизится к 50 млн. МВт.

Но антропогенная энергетика все же очень мала по сравнению с солнечной энергетикой, которая обеспечивает функционирование живого вещества в биосфере. Поступление энергии от Солнца составляет по разным оценкам $52 \cdot 10^3$ млн. МВт, так что доля антропогенной энергетике в настоящее время составляет около 0,1% от солнечной. Значит, согласно существующему в экологии правилу (закону) одного процента, современная антропогенная энергетика не может вывести биосферу из состояния равновесия, то есть вызвать значительные изменения климата.

Правда, выдвигается и другой критерий нарушения равновесия биосферы из-за роста совокупной мощности всех энергоустановок в мире: достижение антропогенной энергетикой уровня энергетике биосферного фотосинтеза. Известно, что энергетика фотосинтеза биосферы составляет приблизительно 0,2% от солнечной энергетике. Это означает, что нарушение равновесия биосферы может наступить уже при удвоении мощности современной антропогенной энергетике, в то время как достижение критерия «одного процента» может наступить наступит при возрастании ее мощности с 50 млн. МВт до 500 млн. МВт.

Видимые признаки развивающегося глобального экологического кризиса и пугающие человеческое воображение энергетические критерии потери устойчивости биосферы заставляют искать пути ограничения роста антропогенной энергетике. Главное направление такого ограничения – осуществление политики энергосбережения за счет внедрения технологий производства товаров и услуг с меньшим энергопотреблением.

С другой стороны, достигнутый уровень развития антропогенной энергетике сопровождается выбросом в атмосферу огромной массы так называемых парниковых газов, прежде всего, углекислого газа CO_2 . Они вызывают парниковый эффект. Его сущность заключается в следующем.

Основная доля солнечной радиации передается к поверхности Земли в оптическом диапазоне излучений, а излучается с земной поверхности в инфракрасном. При «допромышленных» концентрациях парниковых газов, то есть в период времени до промышленной и научно-технической революций, уровень поглощения ИК-излучения парниковыми газами естественных концентраций был достаточно стабильным, и был стабильным «подогрев» атмосферы энергией ИК-излучения. В последующий период, вместе с ростом концентрации парниковых газов в атмосфере, усиливался и ее «подогрев». Так, с 1880 г. по 1940 г. средняя температура возросла на $0,4^\circ\text{C}$, предполагается, что к 2030 г. она может подняться на $1,5 - 4,5^\circ\text{C}$. Это весьма опасно для островных стран и территорий, расположенных ниже уровня моря.

Антропогенные источники теплоты: тепловые электрические станции (ТЭС), транспорт, промышленность – сконцентрированы, в основном, в крупных городах, интенсивное поступление парниковых газов и пыли при достаточно устойчивом состоянии атмосферы создает около городов

пространства радиусом до 50 км и более с повышенными на 1 – 5⁰С температурами и высокими концентрациями загрязнений. Эти зоны (купола) хорошо просматриваются из космоса или высоко летящего самолета. Они разрушаются лишь при интенсивных движениях больших масс атмосферного воздуха.

Таким образом, парниковый эффект представляет собой такую же серьезную опасность, как и простое выделение теплоты от антропогенных источников. Более того, «парниковая энергетика», то есть мощность «подогрева» атмосферы за счет поглощения ИК – излучения антропогенными парниковыми газами, складываясь с мощностью собственно антропогенных источников теплоты, приближает ситуацию к достижению критерия «энергетики биосферного фотосинтеза» или даже критерия «правила одного процента».

Специалистами оценены возможности компенсации поступления антропогенного углекислого газа в атмосферу за счет поглотителей CO₂, имеющих в биосфере. Прежде всего, это растения, поглощающие углекислый газ в процессе фотосинтеза. Однако уничтожение лесов и исчезновение растительных видов оставляет мало надежды на эффективность этого поглотителя.

Аккумулятором углекислого газа является также морская вода, связывающая его в виде карбонат-ионов CO₃⁻² и бикарбонат-ионов HCO₃⁻². Однако эти соединения находятся лишь в тонком поверхностном слое толщиной не более 60 м. Количество углекислого газа, которое может быть поглощено водой, обратно пропорционально его температуре. Следовательно, парниковый эффект будет ухудшать аккумулирующие возможности океана.

Соотношение уровней воздействия антропогенных и естественных выбросов на биосферу, явления смога и кислотных дождей

Доля твердых частиц и вредных газов (SO₂, NO_x, CO и др.), появившихся в атмосфере Земли в результате антропогенной деятельности, по данным на начало 1970-х годов, невелика по сравнению с долей твердых частиц и аналогичных газов природного происхождения – лишь 16-17% общего поступления в атмосферу (табл.2-3). Однако за 40 прошедших лет объем промышленной деятельности в биосфере возрос приблизительно на порядок величины – если судить по росту мощности потока теплового загрязнения биосферы за этот же период времени: с 6 млн. МВт (1972 г.) до приблизительно 50 млн. МВт (2010 г.). В этом случае доля выбросов антропогенного происхождения может составить порядка 50 % общего поступления частиц и газов.

Таблица 3.

Ежегодное поступление частиц и газов в атмосферу Земли (данные 1968 г.)

Вид поступлений в атмосферу	Размер поступления		
	млн. т	%	
1. Природного происхождения	2115	100	83,8
1.1. Морская соль	1000	47,3	
1.2. Пыль	500	23,6	
1.3. Дым	35	1,7	
1.4. Газы	более 800	более 27,4	
2. Антропогенного происхождения	410	100	16,2
2.1. Выбросы пыли •	135	32,9	
2.2. Газы	275	67,1	
В с е г о	более 2525		100

Таким образом, в настоящее время антропогенные источники поступления монооксида углерода, оксидов серы и азота вполне сопоставимы с естественными источниками и, в целом, оказывают глобальное влияние на баланс атмосферы Земли: данные выбросы, постепенно распространяясь в мировом воздушном океане, вносят свой вклад в возрастание фоновых концентраций указанных вредных веществ. Вместе с тем, среднемировые фоновые концентрации этих веществ достаточно низки и не опасны.

Проблема антропогенных выбросов заключается, прежде всего, в формировании на их основе полей высоких концентраций твердых частиц и газов в пространстве над крупными городами - в виде

упомянутых выше пылегазовых куполов. Последние представляют собой устойчивые образования, поскольку постоянно подпитываются выбросами автотранспорта, ТЭС и других энергоустановок, промышленных предприятий. Жители крупных городов практически постоянно находятся под воздействием таких вредных веществ. А поскольку в крупных городах, городских и промышленных агломерациях проживает значительная часть населения (например, в Российской Федерации в 2009 г. – около 35%), антропогенные выбросы следует отнести к воздействиям вполне глобального характера.

Названные источники антропогенных выбросов являются причиной смога – колоссального загрязнения воздушной среды над городами.

При обычных условиях температура воздуха над воздушным бассейном населённого пункта значительно ниже той температуры, которую имеет приземный воздух. Поэтому даже при отсутствии ветра происходит вентилирование воздушного бассейна: имеющий меньшую плотность тёплый загрязнённый воздух поднимается вверх, а чистый воздух, большей плотности, поступает вниз. В некоторых местах Земли города (Лондон, Лос-Анджелес, Кемерово, Нижний Тагил и т.д.) часто возникает температурная инверсия, когда воздух над воздушным бассейном имеет более высокую температуру, чем в приземном слое, и, следовательно, меньшую плотность. Поэтому чистый воздух не может опуститься вниз и вентилировать воздушный бассейн. Ситуация ещё более усугубляется отсутствием ветра – все вредные вещества, поступающие в воздушный бассейн, остаются над городом.

В 1952 году смог в Лондоне за 5 дней погубил 5000 человек, а 10000 получили тяжёлые заболевания.

Различают следующие типы смогов:

1) ледяной (аляскинского типа) – сочетание газообразных загрязнителей, пылевых частиц и кристаллов льда, возникающих при замерзании капель тумана;

2) влажный (лондонского типа) - сочетание газообразных загрязнителей (в основном сернистого ангидрида), пылевых частиц и капель тумана;

3) сухой, фотохимический (лос-анджелесского типа) – вторичное (кумулятивное) загрязнение воздуха, возникающее при разложении загрязняющих веществ солнечными лучами, особенно ультрафиолетовыми.

Главным ядовитым компонентом фотохимического смога является озон (O_3), кроме того, в его состав входят угарный газ (CO), соединения азота (NO_x), перекись ацетилнитрата, азотная кислота (HNO_3) и др. На образование и устойчивость этого типа смога влияют температурная инверсия, солнечное излучение и степень загрязнения воздуха транспортными и промышленными газами.

Если вдуматься в сложившуюся ситуацию, то можно прийти к выводу о том, что наблюдается процесс медленного самоуничтожения человечества. По сравнению с 1900 годом в мире в несколько раз увеличилась заболеваемость, связанная со злокачественными новообразованиями. Медики и экологи считают, что практически 40 % заболеваний (онкология, инфекционные заболевания, сахарный диабет, бронхиальная астма и т.п.) вызваны экологическими причинами.

Иногда именно загрязнение воздуха приводит к смертельным исходам. Чаще умирают люди, уже страдавшие тяжёлыми заболеваниями органов дыхания и сердечно-сосудистой системы. Однако есть фактор, бесспорно коррелирующий с числом серьёзных лёгочных и сердечно-сосудистых заболеваний – это курение. Курильщики в загрязнённом воздухе больше подвержены заболеваниям лёгких, чем в отсутствии загрязнения. Курение и загрязнение воздуха обладают эффектом синергизма.

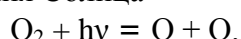
К глобальным атмосферным воздействиям антропогенные выбросы следует также отнести в связи с их определяющей ролью в формировании «кислотных дождей». Диоксиды серы и азота, главным источником которых являются мощные теплоэлектростанции, путешествуя на высоте нескольких сотен метров, за счёт соединения с атмосферной влагой образуют серную и азотную кислоты, выпадающие с осадками, часто в десятках и сотнях километров от источника выделения. Так, Норвегия, выбрасывая в атмосферу двуокиси серы меньше других стран, более других страдает от кислотных осадков. В Швеции и Норвегии рыба погибла в нескольких тысячах озёр и 7 реках. Ущерб не ограничивается гибелью водных обитателей. По пищевой цепи гибнут птицы и животные. Выбросы попадают в Швецию и Норвегию, которые вытянуты вдоль направления миграции загрязнений атмосферы. Эффективной мерой борьбы с этими загрязнителями могло бы быть уменьшение местных концентраций путем рассеивания этих веществ по большим пространствам. Но

если вредные выбросы ТЭС, энергоустановок, промышленных предприятий можно рассеять посредством высоких, хотя и дорогих, труб, то для уменьшения выбросов автотранспорта требуется, как минимум, переход на более чистое (экологически) топливо, например, на природный газ, или переход на электрический автотранспорт.

Антропогенное воздействие на стратосферный озон

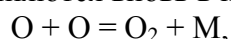
Известно, что исключительно важное значение для сохранения жизни на Земле имеет озоновый слой, находящийся в стратосфере. Десять процентов озона содержится в тропосфере – между поверхностью Земли и высотой от 10 до 16 км, девяносто процентов его находится в стратосфере, начиная с верхних слоев тропосферы до высоты 50 км.

Озон (O_3) образуется в стратосфере при взаимодействии молекулярного кислорода (O_2) и атомарного кислорода (O). Атомы кислорода образуются при диссоциации молекулы O_2 под воздействием ультрафиолетового излучения Солнца



В приземном слое воздуха важная роль в процессах образования атомарного кислорода и озона принадлежит загрязнителю – диоксиду азота NO_2 , как отмечено выше, в разделе 1.2.3.

Образовавшиеся атомы O либо соединяются вновь в присутствии третьего тела,



либо взаимодействуют с молекулами O_2



здесь M – любая частица (например, аэрозольная частица), необходимая для отвода энергии от образующейся молекулы озона или кислорода.

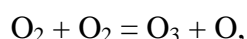
Если кислород поглощает излучение Солнца в видимой и ультрафиолетовой частях спектра, то озон – только в ультрафиолетовой, в диапазоне длин волн 200 – 300 нм, наиболее биологически опасном участке всего спектра (400 – 20 нм) ультрафиолетового излучения (УФИ).

В ходе длительного формирования атмосферы Земли и ее стратосферы постепенно изменялся (уменьшался) уровень приземного УФИ, к которому адаптировались растительные и животные виды биосферы. Быстрое (внезапное) значимое возрастание уровня приземного УФИ из-за каких-либо неадекватных (непродуманных) технологических действий человека приведет, как показывают результаты наблюдений и исследований, к губительным последствиям для человека и всей биосферы.

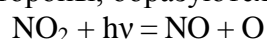
Действительно, даже незначительное возрастание интенсивности УФИ приводит к опасности поражения кожи (рак кожи). Так, наблюдения показали, что уменьшение содержания озона в атмосфере на 5% приводит к увеличению интенсивности потока УФИ на 10%, при этом число заболевших раком кожи возрастает на 20-60 тыс. чел/год.

Установлено также отрицательное воздействие возрастания УФИ на фитопланктон – один из главных поставщиков кислорода в атмосферу и первичное звено многих трофических цепей. Замечено замедление роста многих овощных культур. Поскольку насекомые видят ультрафиолетовый свет, увеличение его интенсивности меняет для них цвета предметов и мешает ориентировке. Наконец, увеличение интенсивности УФИ приводит к возрастанию количества мутантов. Вообще роль озона настолько велика, что жизнь на Земле, как полагают, появилась лишь тогда, когда образовался озоновый слой в атмосфере.

В то же время необходимо отметить, что слишком высокие концентрации озона вблизи поверхности Земли имеют отрицательное действие для растительных организмов и человека. Это происходит в результате чрезвычайно высокой химической активности озона. Особенно эти концентрации возрастают (в 2-3 раза) в условиях образования фотохимического смога. Эти условия предполагают интенсивное солнечное освещение, активное движение автотранспорта, наличие застойных зон. Движение автотранспорта дает оксиды азота NO , NO_2 , которые в условиях интенсивного солнечного освещения являются эффективными сенсбилизаторами кислорода. При передаче молекулам кислорода квантов энергии от NO , NO_2 образуется синглетная форма кислорода, дающая реакцию



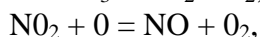
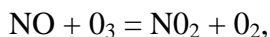
атомарный кислород (и озон), с другой стороны, образуются благодаря действию УФИ на NO_2 :



Средние объемные концентрации озона у поверхности Земли составляют 1 млн^{-1} .

Однако, вернемся к стратосферному озону. Благодаря своей высокой химической активности

озон участвует в большом числе реакций. Наиболее интенсивны реакции следующего цикла:



откуда следует, что расхода NO и NO₂ в этих реакциях не происходит, но исчезают O₃ и O и образуются две молекулы O₂. Следовательно, NO и NO₂ являются катализаторами разрушения O₃, и если количество окислов NO_x в атмосфере (стратосфере) возрастет выше определенного уровня, то равновесная концентрация O₃ начнет падать. Расчеты показывают: если концентрация NO в стратосфере возрастет на 50%, то концентрация O₃ может уменьшиться на 7 – 12 %.

Источником поступления оксидов азота в атмосферу и стратосферу являются, прежде всего, промышленные выбросы NO_x, выхлопные газы стратосферной авиации (концентрация NO в них достигает 350 млн⁻¹), азотные удобрения. Попадая в почву, последние распыляются, при этом некоторое количество молекул попадает в приземный воздух и через целую цепочку процессов – турбулентность приземного воздуха, восходящие движения в тропосфере, перенос в низкие широты, восходящие потоки из тропосферы в стратосферу – достигает, уже в виде NO_x, озонового слоя.

Справедливости ради надо сказать, что кроме оксидов азота разрушению озона в стратосфере способствуют следующие антропогенные источники: промышленные выбросы соединений серы (SO₂), углерода (CO, CO₂), летучие органические соединения (алканы, олефины, ароматические углеводороды, альдегиды и кетоны, органические кислоты).

Одним из факторов, способствующих разрушению озонового слоя, были термоядерные взрывы в атмосфере, при которых под действием сверхвысоких температур разрушаются молекулы озона. Например, установлено, что послевоенные испытания ядерного оружия, проведенные до их прекращения в связи с подписанием Договора о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере (1963 г.), привели к сокращению количества озона на 3-6%.

Другой источник опасности для стратосферного озона, что было установлено сравнительно недавно, фторированные углеводороды (хлорфторуглероды), особенно фреон-11 (CFCl₃) и фреон 12 (CF₂Cl₂). Они используются для заполнения аэрозольных баллончиков и в холодильной технике. Применение Ф-11 и Ф-12 сильно расширилось, (рис.2-1), так как фреоны считались безобидными соединениями. Однако обнаружилось, что под действием излучения Солнца фреоны разрушаются с образованием свободных атомов хлора Cl и молекул ClO, которые действуют подобно монооксиду азота и диоксиду азота в рассмотренном выше азотном цикле разрушения озона:

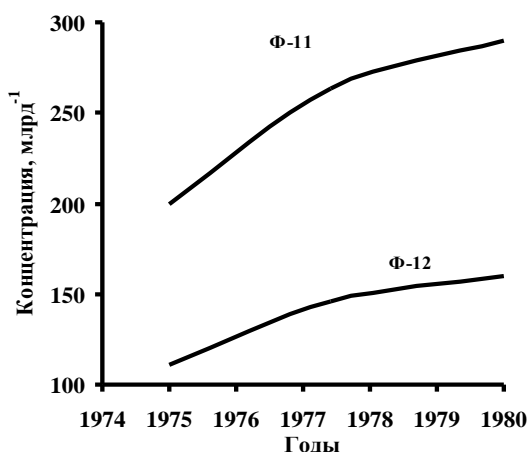
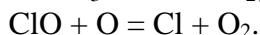
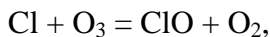


Рис. 2-1. Изменение концентрации фреонов в

Здесь, как и в азотном цикле, Cl и ClO являются катализаторами разрушения озона. Главное – этот процесс может циклически повторяться сотни раз, при этом скорость распада озона на одну молекулу ClO или атом Cl в шесть раз выше, чем на одну молекулу NO или NO₂. Хлористый цикл представляет собой наибольшую опасность для жизни озонового слоя. Развитие цивилизации приводит к все более убыстряющемуся выбросу хлористых соединений в атмосферу, поэтому заключены международные соглашения (Венская конвенция по охране озонового слоя, 1985г., Монреальский протокол к конвенции по веществам, разрушающим озоновый слой, 1987г.), по

которым применение фреонов запрещено. Пока оно безусловно соблюдается лишь в промышленно развитых странах.

В последнее время появилась еще одна опасность – метилхлороформ (CH_3CCl_3). Его концентрация в атмосфере увеличивалась в последние года на 20-30% в год. Это объясняется тем, что он имеет слабую фотохимическую активность, даже в условиях смога. Им стали заменять другие реакционно-способные растворители. Однако обнаружилось его свойства, подобные описанным выше для фреонов.

Все это говорит о том, насколько надо внимательно относиться ко всем новым веществам, методам их использования, возможным побочным эффектам. Например, сейчас возникли опасения, что широкое применение азотных удобрений может привести к увеличению концентрации закиси азота (N_2O) в атмосфере, что также повлияет отрицательно на содержание озона в стратосфере.

В 1985 г. была принята Венская конвенция по охране озонового слоя, в 1987 г. – Монреальский протокол к конвенции по веществам, разрушающим озоновый слой. Предусмотрено поэтапное сокращение производства и потребления хлорфторуглеродов.

Антропогенные воздействия на окружающую среду локального характера

Действие атмосферных загрязнителей в городах

Локальные воздействия атмосферных антропогенных загрязнителей, действующих на ограниченной территории, более всего проявляют себя в городах и промышленных конгломерациях. В результате на ограниченной территории в несколько десятков или сотен квадратных километров образуется свой особый микроклимат.

В городе с его высокой плотностью населения, промышленными источниками загрязнения, особенностями рельефа (высокие дома), наличием крупных аккумуляторов энергии (здания) температура воздуха в среднем выше, чем в сельской местности летом на 0,5-0,8°C, зимой – на 1,5-2°C; облачность на 5-10% больше; плотность тумана на 30% летом и в два раза зимой выше, а запыленность в 10 раз больше. Общее количество осадков на 5-10% больше; скорость ветра меньше: среднегодовая на 20–30%, а максимальная - на 10-20%, при этом безветренных дней на 5-20% больше.

Объемы теплоты, производимой человеком, незначительны по сравнению с поступающим солнечным излучением в глобальном масштабе, но весьма существенны в локальном. Если в среднем для Земли они в 2010 г. составляют 0,1%, то, например, в районе Лос-Анжелеса –5%.

Кроме того, городские здания, точнее - «коридоры» между ними, являются «ловушками» для солнечного излучения. Эффект «ловушки» солнечного излучения представлен на рис.2-2.

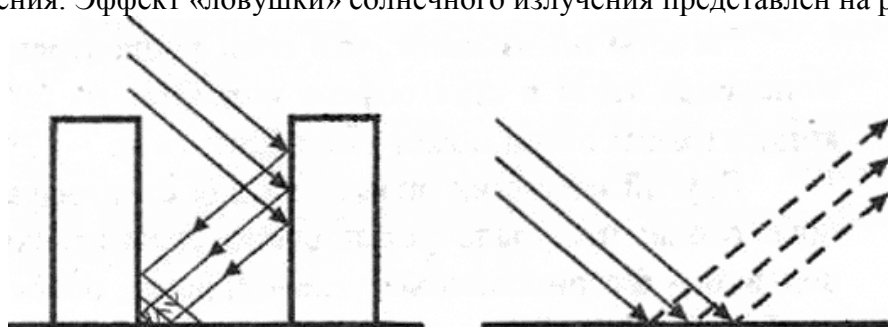


Рис.2-2. Эффект «ловушки» солнечного излучения в городах

Здания обладают свойствами горной породы - они поглощают теплоту в три раза медленнее, чем почва, но их теплопроводность втрое выше. При одинаковых объемах и времени пребывания на солнце камень по сравнению с другими предметами аккумулирует больше теплоты при более низкой собственной температуре. Поэтому ночью здания отдают тепло в воздух медленнее, чем почва в сельской местности, и ночью в городе заметно теплее. Город при определенных условиях (это рассмотрено выше) становится также «ловушкой» для выбросов вредных газов и аэрозолей (пыли и дыма, тумана). Над городом образуется (особенно в рабочие безветренные дни) «газо-пылевой купол» - см. рис. 2-3. С наступлением вечера частицы пыли охлаждаются быстрее, чем окружающий воздух. Они служат ядрами для конденсации тумана, который препятствует выхолаживанию купола. Отсутствие ветра не дает частицам выйти за «купол», и они остаются в «ловушке» до утра, когда следующий рабочий день добавит к ним новую порцию.

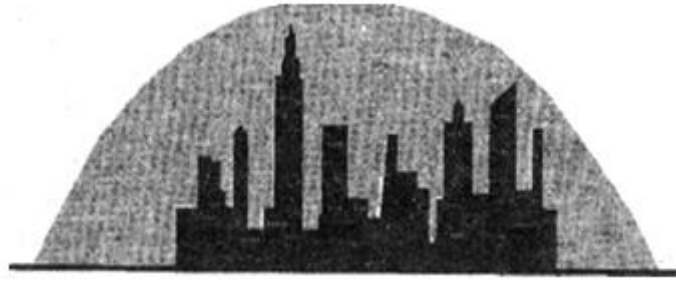


Рис.2-3. Образование «газо-пылевого купола» над городом

2.5.2. Температурная стратификация атмосферы и инверсии температуры

Замечено, что атмосфера в данной местности может находиться в различном состоянии, что предопределяет различие условий рассеяния вредных выбросов (атмосферных загрязнителей). Можно показать, что если малый элемент воздушного столба под влиянием внешних причин (порыв или дуновение ветра) переместится на другую высоту и этот процесс произойдет адиабатически (без изменения обмена теплотой с внешней средой), то температура элемента изменится на величину $\Delta T = -9,9 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta z$, где Δz (м) - величина перемещения.

Величина $\text{grad } T = \Delta T / \Delta z = -9,9 \cdot 10^{-3} \approx 10^{-2}$ град/м называется адиабатическим градиентом температуры, и температурная стратификация атмосферы, то есть распределение температуры T по высоте z ,

$$T(z) = T_0 - 10^{-2} \cdot z,$$

также называется адиабатической.

Известно, что фактическая скорость падения температуры в тропосфере в зависимости от условий может быть как больше, так и меньше этой величины.

В первом случае температурная стратификация называется сверхадиабатической. При этом выброс загрязняющих веществ, например, в виде дымового факела, имеющего относительно более высокую температуру и меньшую плотность, чем окружающий воздух, поднимается вверх во все более холодном воздухе и эффективно рассеивается на большой высоте.

Во втором случае стратификация называется надadiaбатической. Предположим, что температура воздуха имеет скорость изменения $\text{grad } T < 10^{-2}$ град/м. Тогда малый элемент воздушного столба при случайном перемещении вверх на Δz в адиабатических условиях понизил бы свою температуру в соответствии с адиабатическим градиентом 10^{-2} град/м, тогда как окружающий его воздух оказался бы более теплым. В этих условиях факел имеет меньшую подъемную силу и рассеивается на меньшей высоте, создавая более высокие концентрации вредных веществ в жизненно важном приземном слое воздуха. Меньшая скорость падения температуры имеет место, например, во время антициклона. Это наблюдается также ночью, при ясном небе, когда воздух приземного слоя охлаждается от поверхности земли. Состояние атмосферы с надadiaбатической температурной стратификацией определяется как устойчивое. Оно вызвано отклонением от обычного характера температурной стратификации (обычны адиабатическая или сверхадиабатическая стратификации, характеризующие состояние атмосферы как неустойчивое), называемым инверсией температуры. Это неблагоприятное состояние, так как оно препятствует перемешиванию слоев воздуха, подъему загрязненных нижних участков атмосферы вверх и их рассеиванию.

Состояния устойчивости или неустойчивости атмосферы, предопределяющие либо явление инверсии с малым эффектом рассеивания загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосфере, либо адиабатическую и надadiaбатическую стратификации с высоким эффектом рассеивания ЗВ, во многом обусловлены атмосферной конвекцией, связанной с прогревом воздушных масс и поверхностью земли в дневное время и охлаждением их в ночное время.

Так, приток тепла от Солнца может привести к повышению температуры приповерхностного слоя атмосферы при относительно низких температурах верхних слоев. На правой части рис.2-4 представлена подобная температурная стратификация атмосферы. В этом случае, при наличии приземной инверсии, автомобильные выхлопы имеют относительно малую подъемную силу и распространяются непосредственно в приземном воздухе, создавая здесь опасные концентрации NO_x , SO_2 , CO , твердых частиц и других ЗВ. Наоборот, выбросы источников с высокими трубами,

превышающими высоту зоны инверсии, рассеиваются с высокой эффективностью. При сочетании определенных условий может сформироваться «приподнятая» инверсия, когда зона инверсии располагается на высоте, большей высоты трубы, и выбросы ЗВ не могут «пробить» инверсионную тепловую «подушку». При этом приземные концентрации ЗВ достигают, как правило, опасных величин.

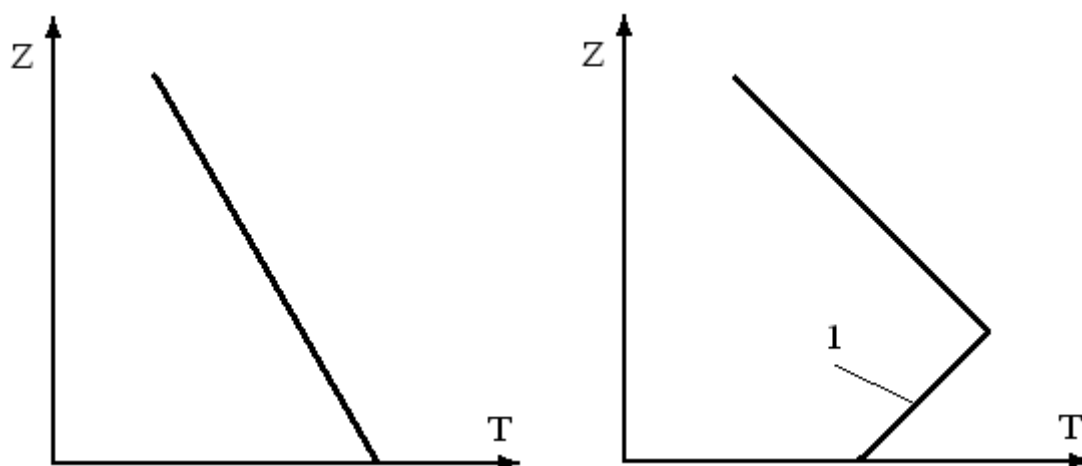


Рис. 2-4. Иллюстрация к явлению инверсии температуры:
слева - обычные условия; справа - условия инверсии; 1 - зона инверсии

Можно показать, что если $\text{grad } T > 10^{-2}$ град/м, то состояние атмосферы будет неустойчивым. При случайном перемещении малого элемента воздуха вверх окружающий его воздух будет более холодным, и этот элемент продолжит свое движение вверх.

Воздействие на водную среду тепловых загрязнений

Многие промышленные производства используют большие количества воды, выбрасывая отработанную воду в естественные водоемы. Особенно этим отличается энергетика (табл.4).

Со строительством атомных электростанций (АЭС) объемы воды, потребляемой электростанциями, значительно возросли. АЭС на единицу выработанной энергии потребляет на 65-75% больше воды, чем тепловая электростанция (ТЭС) на органическом топливе. Увеличение коэффициента полезного действия (КПД) электростанций позволяет несколько сократить потребление воды. Но увеличение КПД, как правило, сопровождается увеличением единичной мощности электростанции, что приводит к увеличению концентрации экологического воздействия на ограниченной территории.

Таблица 4.

Структура отраслей в общем потреблении воды (данные США)

Отрасль	Доля потребления, %
Электроэнергетика	81,3
Металлургия	6,8
Химия и нефтехимия	8,6
Прочие отрасли	3,3
Всего:	100

Главное отрицательное действие сброса отработанной воды электростанциями заключается в отводе теплоты в водные объекты, что нарушает природное равновесие в водных экосистемах. По разным оценкам в 2000 году в США в антропогенной деятельности использовано около двух третей всего стока пресной воды страны.

Температура воды, сбрасываемой электростанцией, может достигать летом 30°C, зимой она на 10 – 20градусов выше естественной.

Значимая опасность повышения температуры воды – значительное уменьшение растворимости кислорода, необходимого для жизнедеятельности организмов. При повышении температуры воды с 0°C до 30°C растворимость кислорода уменьшается с 14,6 до 7,6 мг/л. Вязкость воды уменьшается

более чем в 2 раза, упругость водяного пара увеличивается в 7 раз, что увеличивает испарение воды с поверхности водоемов. Кроме уменьшения количества воды это приводит к изменению микроклимата наземной среды.

В химическом отношении повышение температуры воды на 10°C приводит к повышению средней скорости химических реакций примерно вдвое, воздействует на растворимость химических веществ в воде.

Резко возрастает активность сине-зеленых водорослей в ущерб диатомовым – пище рыб.

Основные негативные последствия теплового воздействия на водную среду заключаются в следующем.

1. Изменение температуры и количества сбросной воды в течение коротких интервалов времени приводит к тому, что могут быть превзойдены пессимумы для тех или иных организмов. Например, при повышении температуры воды свыше 24°C горбуша погибает. Некоторые виды рыб способны к акклиматизации лишь при условии медленного уменьшения температуры. Рыба, приспособившаяся к теплой воде, при помещении в холодную погибает.

2. При повышении температуры воды рыбы теряют способность к поиску пищи и ориентированию (могут заплывать в зону с летальной для них температурой), рост температуры благоприятствует развитию паразитов и микроорганизмов, вызывающих болезни рыб.

Этот список можно продолжить. Отметим, в целом, принципиальную важность сохранения естественного природного хода изменения температуры воды в природных водоемах по сезонам, времени суток и т.д.

Воздействие атмосферных загрязнителей на организм человека

Электростанции, котельные, промышленное производство, транспорт, пожары, другие источники загрязняют атмосферу, в основном, оксидами серы, азота, угарным газом (СО), твердыми частицами, углеводородами, пылью, дымом.

Рассмотрим действие основных атмосферных загрязнителей, в первую очередь, на организм человека. Именно это действие, в отличие от водных загрязнителей, где определяющим является воздействие на обитателей водной среды, становится расчетным для установления нормативов допустимого загрязнения/

Оксиды серы SO₂ и SO₃ опасны синергетическим действием совместно с аэрозолями. Уже при концентрациях 0,08...0,36 мг/м³ усиливаются респираторные заболевания у детей и престарелых, при концентрациях выше 0,8 мг/м³ наблюдается значительный прирост смертности. Постоянное воздействие оксидов серы приводит к повышению заболеваемости раком легких.

Оксиды азота замедляют рост растений, снижают урожайность, при концентрациях 0,15 мг/м³ повышается частота респираторных заболеваний, стесняется дыхание.

Моноксид углерода не вреден для растений, но очень вреден для организмов, дышащих легкими. Он в 200 раз активнее поглощается гемоглобином крови, чем кислород. При этом образуется карбоксигемоглобин (СОНЬ), препятствующий переносу кислорода от легких к тканям. В таблице 2–5 показаны симптомы отравления угарным газом в зависимости от содержания карбоксигемоглобина в крови человека.

Таблица 5.

Симптомы отравления монооксидом углерода

С и м п т о м ы	Содержание СОНЬ в крови, %
Некурящие хуже различают длительность интервалов времени	2,5
Снижение остроты зрения у некурящих	3,0
Устойчивое снижение способности к восприятию	5,0
Головные боли, головокружение, утомляемость	15,0
Тошнота, рвота, звон в ушах, мелькание в глазах, апатия	35,0
Коматозное состояние	40,0

Если концентрация монооксида углерода во вдыхаемом воздухе равна С₀, то количество

воспринятого человеком монооксида углерода при дыхании (в единицах концентрации млн^{-1}) за время t определяется уравнением

$$C = C_0(1 - e^{-mt}),$$

где m – константа, зависящая от концентрации C_0 , $m = f(C_0)$, $1 \text{ млн}^{-1} = 1,15 \text{ мг/м}^3$.

Так, при $C_0 = 77 \text{ млн}^{-1}$ ($m = 3$) через время $t = 8 \text{ ч}$ будет воспринято 90% концентрации ($0,9 C_0$), и величина насыщения крови СОНб достигнет 11, 2%.

Известно, что у курящих постоянное содержание СОНб составляет 5% по сравнению с 0,5% для некурящих. Во время курения оно может возрасти до 15%.

В помещениях, где курят, создается постоянный уровень загрязнения монооксидом углерода, примерно 30 млн^{-1} . Фоновая концентрация СО в чистой атмосфере равна примерно $0,15 \text{ млн}^{-1}$. Если на урбанизированных территориях не осуществляются системные мероприятия по уменьшению автомобильных выбросов СО, то в час пик на городских улицах его концентрация может достигать $60 \dots 300 \text{ млн}^{-1}$.

Углеводороды сравнительно неопасны для членов ряда метана, но очень опасны для альдегидов, бензола, этилена. Концентрация бензола в атмосфере даже около 25 млн^{-1} может вызвать онкологические заболевания. В целом, для углеводородов уже концентрации $0,2 \text{ млн}^{-1}$ (около 130 мкг/м^3) проявляют отрицательное действие на организм человека.

Повышенные концентрации взвешенных твердых частиц также опасны для здоровья. При их среднегодовой концентрации свыше 100 мкг/м^3 возрастает смертность среди престарелых, у детей и пожилых людей учащаются заболевания дыхательных органов. При этой концентрации частиц интенсивность солнечного излучения в приземном воздухе ослабевает на 5%, каждое удвоение концентрации снижает прозрачность воздуха на следующие 5%.

В каждой стране установлены предельно допустимые концентрации атмосферных загрязнителей, имеющих значимое распространение в воздухе рабочей зоны, т.е. на рабочих местах, и в приземном воздухе окружающей среды. Чтобы такие концентрации не превышались, администрация и контролирующие службы предприятий, муниципалитетов, регионов и государства, в целом, осуществляют целую систему организационных и технических мероприятий, о которых речь пойдет ниже.

В частности, в США по каждому из основных загрязнителей установлены упомянутый предельный уровень (предельно допустимая концентрация) загрязнения и четыре дополнительных. Каждый уровень характеризуется концентрацией загрязнителя и единицами стандартного индекса загрязнения (СИЗ). Так, по диоксиду серы SO_2 первый уровень составляет 80 мкг/м^3 , а по единицам СИЗ – 50 единиц. Степень воздействия на здоровье этого уровня признана несущественной. Второй уровень загрязнения по SO_2 составляет 365 мкг/м^3 (он определен как предельно допустимый по национальному стандарту) и 100 единиц СИЗ. По воздействию на здоровье этот уровень загрязнения признан вредным. Три последующих уровня составляют 800, 1600, 2100 мг/м^3 и 200, 300, 400 единиц СИЗ. Они определены как сигнальный, предостерегающий и чрезвычайный, а по влиянию на здоровье, соответственно, как очень вредный, опасный, очень опасный. Такой подход позволяет вполне предметно характеризовать текущее состояние загрязненности приземного воздуха без обращения к конкретным загрязнителям и их концентрациям. Это облегчает информирование населения и организацию мероприятий по его защите.

Загрязнение воздуха в помещениях

Закрытые помещения (квартиры, офисы и т.п.) характеризуются специфическими условиями в экологическом отношении.

Движение за энергосбережение привело к стремлению герметизировать помещения, чтобы сократить расходы на отопление. Это привело к снижению уровня вентиляции зданий: во многих случаях суточная (!) кратность воздухообмена снизилась до $0,2 \text{ сут}^{-1}$. При такой кратности загрязнение воздуха внутри помещения оказывается значительно большим, чем снаружи.

Для внутренних помещений наиболее опасны радон (Rn), монооксид углерода (СО), твердые частицы и органические вещества.

Радон в форме изотопа Rn^{226} – газ, образующийся при радиоактивном распаде урана, источник α -излучения, продукты его распада также α -радиоактивны. Они легко вдыхаются с пылью, вызывая опасное внутреннее α -облучение. Радон образуется из урана, содержащегося в кирпиче и бетоне.

Вентиляция помещения обеспечивает его эффективное удаление.

Моноксид углерода опасен в домах с дровяным и угольным отоплением, а также при курении в помещении, см. разд.2.5.4.

Из органических веществ, выделяющихся в воздух помещений, наиболее опасен формальдегид, входящий в состав древесно-стружечных и древесно-волоконистых плит. Уже при концентрации формальдегида менее 1 млн^{-1} могут появиться слезотечение, раздражение носоглотки, гортани и легких, головные боли, чувство усталости, общее недомогание. При недостаточном проветривании возможно развитие онкологических заболеваний. Особая осторожность должна соблюдаться при использовании современных строительных материалов: напольных покрытий (паркет и паркетная доска, ламинат, линолеумы, ковролин), керамической плитки с «газящими» клеями, недоброкачественных моющихся, виниловых обоев, изделий (например, покрытий) из пластика, недоброкачественных красок. Данные стройматериалы даже при нормальной температуре и особенно при солнечном свете выделяют значимые количества вредной органики: толуол, ксилол, ацетон, формальдегид, фенол, бензол, поливинил и многое другое. Эти вещества вызывают поражение кожи, нервной и иммунной систем, печени, почек и других органов, онкологические заболевания.

Ущерб от загрязнения окружающей среды

Ущерб, который наносится окружающей среде производственной деятельностью человека, совершенно очевиден: деградация и гибель экосистем, снижение урожайности сельскохозяйственных культур, значимое ухудшение здоровья населения из-за плохого качества питьевой воды, вредных газовых примесей в атмосферном воздухе, загрязненных продуктов сельского хозяйства, разрушительного воздействия на объекты народного хозяйства (здания, сооружения, оборудование промышленных предприятий, жилые дома, здания учреждений представительной и других ветвей власти, культуры, хозяйственного обеспечения населения) и т.д.

Очевидна и необходимость оценивания величины этого ущерба. Так, при проектировании нового производства неизбежно возникает вопрос о его воздействии на окружающую среду и человека. При рассмотрении разных вариантов проекта уровень воздействия производства на природу, человека, материальное производство, коммунальные ценности и проистекающий из этого ущерб от загрязнения окружающей среды в большом числе случаев будет одним из самых значимых или решающих факторов при выборе окончательного варианта.

Пафос деятельности всех участников движения за преодоление глобального экологического кризиса – от ООН, разрабатывающей стратегию действий в масштабах всей планеты, до фермера, производящего товарную продукцию с использованием машин, топлива, удобрений, пестицидов – заключается, в конечном счете, в минимизации этого ущерба. И то счастливое время в истории Земли, когда названный ущерб будет уменьшен до приемлемого уровня, станет, по-видимому, временем преодоления кризиса.

Поскольку уменьшение ущерба достигается в результате применения природозащитных мероприятий, ниже рассмотрен общий путь определения экономической эффективности применения природозащитных мероприятий, а также смысл эколого-экономического ущерба от загрязнения окружающей среды и методы его оценки.

Начнем с определения экономической эффективности (\mathcal{E}) одного варианта проекта производства товарной продукции по отношению к другому варианту проекта производства такой же продукции. Величина \mathcal{E} традиционно определяется по разности приведенных затрат, Z_1 и Z_2 , для данных вариантов проекта производства:

$$\mathcal{E} = Z_1 - Z_2.$$

Приведенные затраты вычисляются как

$$Z = C + E_n K,$$

где C – себестоимость продукции; K – капитальные вложения в производство; E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений.

Эффективность природозащитных мероприятий определяется другим образом. К ним относятся все виды хозяйственной деятельности, направленные на уменьшение или ликвидацию негативного воздействия на окружающую среду, сохранение, улучшение и рациональное использование природных ресурсов: строительство и эксплуатация очистных и обезвреживающих сооружений, развитие малоотходных технологических процессов, обустройство предприятий и транспортных

потоков с учетом экологических требований, рекультивация земель, меры по борьбе с эрозией почвы, по охране и воспроизводству флоры и фауны, охране недр и рациональному использованию природных ресурсов.

Экономическая эффективность осуществления природозащитных мероприятий зависит от затрат на природоохранные мероприятия и от уменьшения ущерба, наносимого окружающей среде.

Значит, в расчетах экономической эффективности природозащитных мероприятий необходимо дополнительно к затратам на природозащитные мероприятия ввести величину ущерба окружающей среде (Y), который появляется на самом предприятии или в других отраслях. Тогда совокупный ущерб, или убытки, наносимые обществу загрязнением окружающей среды, Y_{Σ} , составят

$$Y_{\Sigma} = Z + Y,$$

а экономическая эффективность природозащитных мероприятий выразится как

$$\Theta = (Z_1 + Y_1) - (Z_2 + Y_2),$$

где Z_1 , Y_1 – затраты на природозащитные мероприятия (Z_1) и экономический ущерб окружающей среде (Y_1) за предыдущий отчетный период (год), Z_2 , Y_2 – аналогичные величины для следующего отчетного периода.

Пример. Пусть некоторое крупное химическое производство в 2007 г. своими выбросами нанесло экономический (эколого-экономический) ущерб размером $Y_1 = 100$ млн. руб. Одновременно в начале 2008 г. были введены в действие эффективные сооружения газоочистки стоимостью $Z_2 = 20$ млн. руб. Оценка экономического ущерба в конце 2008-го года дала величину $Y_2 = 30$ млн. руб. Следовательно, экономическая эффективность введения новых средств газоочистки составляет

$$(Z_1 + Y_1) - (Z_2 + Y_2) = (0 + 100) - (20 + 30) = 50 \text{ млн. руб.}$$

Под ущербом понимают потери, возникающие в результате негативных изменений в окружающей среде (например, при загрязнении воздушной среды под воздействием антропогенной деятельности).

Существует понятие экологического (натурального) ущерба, спектр последствий которого многообразен – от ухудшения здоровья населения из-за загрязнения воздуха или некачественной питьевой воды до ускоренной коррозии металлических конструкций, снижения продуктивности сельскохозяйственных угодий и т.д.

В настоящее время выделяют три вида экологического ущерба:

- материальным объектам (в секторах производства и потребления);
- здоровью и жизни людей (из-за повышения заболеваемости населения, потери его трудоспособности, повышения смертности населения);
- природно-ресурсной системе (земельным, лесным, рыбным ресурсам, особо охраняемым природным территориям, рекреационным зонам).

Под экономическим (эколого-экономическим) ущербом понимается денежная оценка последствий антропогенного загрязнения окружающей среды. Эта оценка не является величиной абсолютно точной, но в экономике приближенные значения используются часто. Данная оценка позволяет сравнить убытки от загрязнения с затратами на предотвращение загрязнения путем осуществления природоохранных мероприятий (совершенствование технологии производства, установка газо- и водоочистных аппаратов и т.д.).

В настоящее время различают три вида экономического ущерба, наносимого окружающей среде: фактический, возможный, предотвращенный.

Фактический ущерб (Y_{ϕ}) – фактические потери, причиняемые народному хозяйству в результате загрязнения окружающей среды.

Возможный ущерб ($Y_{\text{в}}$) – ущерб народному хозяйству, который мог бы быть нанесен при отсутствии природо-защитных мероприятий.

Предотвращенный ущерб ($Y_{\text{пр.}}$) – снижение потерь, причиняемых народному хозяйству в результате введения в действие природо-защитных мероприятий:

$$Y_{\text{пр.}} = Y_{\text{в}} - Y_{\phi}.$$

В вышеприведенном примере предотвращенный ущерб составил

$$Y_{\text{пр.}} = Y_{\text{в}} - Y_{\phi} = Y_1 - Y_2 = 100 \text{ млн. руб.} - 30 \text{ млн. руб.} = 70 \text{ млн. руб.}$$

Существует несколько методов оценки экономического ущерба от загрязнения природной среды.

По методу прямого счета денежная оценка ущерба Y от загрязнения окружающей среды объемом (V) вредных выбросов (сбросов, твердых отходов) может быть представлена в следующем

виде:

$$Y = Y_1(V) + Y_2(V) + \dots + Y_n(V),$$

здесь Y_1 – экономический ущерб, наносимый годовым выбросом загрязнений в атмосферный воздух, Y_2 – экономический ущерб, наносимый годовым сбросом загрязнений в объекты гидросферы и т.д.

Последовательность этапов расчета по методу прямого счета:

1. определение уровня загрязнения окружающей среды;
2. определение натурального ущерба, например, определение степени вредного воздействия загрязнений на здоровье человека, на виды растительности, на рыбные ресурсы, на коррозию производственного оборудования и т.д.;
3. определение собственно экономического ущерба;
4. заключительный этап.

На первом этапе, например, для случая вредных выбросов, определяются сначала массы образующихся загрязняющих веществ (ЗВ), затем массы ЗВ, поступающих в атмосферу (при прохождении аппаратов газоочистки большая часть ЗВ улавливается, и в атмосферу поступает только небольшая часть ЗВ), затем производится расчет распределения ЗВ в приземном воздухе. При этом определяется эффективная площадь загрязненной территории.

На втором этапе определяется весь спектр объектов воздействия ЗВ: люди, представители фауны и флоры, объекты промышленности, жилищного и коммунального хозяйства, сельского, лесного хозяйства и дикой природы и т.д., т.е. все те объекты хозяйственной деятельности и природной среды, которые расположены на эффективной площади загрязнения. Оценка экологического (натурального) ущерба проводится на основе сбора данных, характеризующих воздействие ЗВ на названные объекты (реципиенты). Для количественной оценки экологических ущербов используются, в основном, два метода.

В методе сопоставления сравнивается состояние одинаковых объектов в рассматриваемом загрязненном и незагрязненном районах за последние 3-5 лет. Установленный уровень эффекта негативного воздействия ЗВ на объекты в загрязненном районе и дает количественную оценку экологического (натурального) ущерба.

В методе эмпирических зависимостей используются экспериментальные данные о влиянии ЗВ, например, диоксида серы SO_2 , на интересующий показатель состояния объекта (уровень разрушения поверхности стен производственных и жилых зданий, снижения урожайности с/х культуры, отклонения параметров системы органов дыхания у населения и т.п.).

На третьем этапе экологический ущерб трансформируется в экономический ущерб. Например, снижение урожайности пшеницы на 15% при определенной концентрации диоксида серы легко переводится в денежные убытки производителя пшеницы на основе рыночных цен.

При этом каждый фактор загрязнения действует на несколько реципиентов. Например, диоксид серы действует и на население, и на строения, и на технологическое оборудование, и на представителей флоры и фауны. Для простоты изложения вопроса о расчете экономического ущерба положим, что на рассматриваемой территории источником ЗВ являются только выбросы в атмосферу, в выбросах содержатся n значимых ЗВ, в окружающей среде, на площади загрязнения, – m реципиентов. Обозначим уровень экологического фактора как $x_i = 1, 2, \dots, n$, а денежную оценку негативного воздействия i – го фактора на k - й реципиент – как p_{ik} , где $k = 1, 2, \dots, m$. Тогда экономический ущерб Y составит как сумма отдельных видов ущерба: ущерб от действия 1-го ЗВ на каждый из m реципиентов, т.е. $x_1 \cdot \sum p_{1k}$, от 2-го ЗВ, $x_2 \cdot \sum p_{2k}$, и т.д., или

$$Y = \sum x_i \cdot \sum p_{ik}.$$

На заключительном этапе анализируются факторы, негативное воздействие которых на компоненты окружающей среды в настоящее время еще не может быть оценено в денежной форме: отсутствуют более или менее надежные данные, которые можно получить по упомянутым методам сопоставления или эмпирических зависимостей.

В целом, за кажущейся простотой концепции и схемы оценки экономического ущерба от загрязнения окружающей среды по методу прямого счета скрываются большие сложности при практическом его использовании: большого труда стоят как определение экологического (натурального) ущерба, так и денежная оценка негативного воздействия i – го фактора на k – й объект негативного воздействия.

В настоящее время для определения экономического ущерба от загрязнения окружающей среды широко используются метод укрупненного счета (метод приведения всех ЗВ, воздействующих на

объекты окружающей среды, к «монозагрязнителю»).

При использовании данного метода выделяют три геосферы: атмо-, гидро-, литосфера (земля и недра), по которым имеются государственные и отраслевые укрупненные оценки удельного ущерба и другие нормативы.

Воздушный бассейн из-за своей непрерывности обладает большими, по сравнению с гидросферой, возможностями для самоочищения от ЗВ. С другой стороны, он оказывает влияние на другие геосферы, что приводит к ухудшению среды обитания населения, растительных и животных организмов, к нанесению ущерба объектам производственной и коммунальной сферы.

Загрязнение водоемов – это ухудшение качества воды, т.е. нанесение ущерба водопотребителям, водопользователям и водным экосистемам.

Нарушение и загрязнение земельных ресурсов вызываются не только изъятием земель для сельскохозяйственного и промышленного производства, но и загрязнением воздушного и водного бассейнов.

При оценке ущерба от загрязнения атмосферы от всякого источника используется формула:

$$Y_{\text{атм.}} = \gamma \cdot \delta \cdot f \cdot M,$$

где $Y_{\text{атм.}}$ – ущерб от загрязнения атмосферы, руб.,

γ – денежная оценка ущерба от загрязнения атмосферы массой ЗВ (агрегированного, т.е. приведенного к «монозагрязнителю»), равной одной тонне, руб/ усл. т; численное значение ее изменяется в зависимости от уровня цен;

δ – коэффициент относительной опасности, зависящий от типа территории: для курортов, заповедников – 10, пригородных зон и зон отдыха – 8, для населенных мест с плотностью населения n , чел/га, коэффициент δ определяется как $n \cdot (0,1 \text{ га/чел.})$, при плотности населения > 300 чел./га значение δ составляет 8; территории промышленных предприятий и промышленных узлов – 4; леса 1-й, 2-й, 3-й групп – соответственно 0,2; 0,1; 0,025; пашни – южнее 50° с. ш. – 0,25, центрально-Черноземный район, южная Сибирь – 0,15, прочие районы – 0,1; сады, виноградники – 0,5; пастбища, сенокосы – 0,005;

f – безразмерный множитель, учитывающий характер рассеивания вещества в атмосфере, его значение зависит от скорости оседания частиц, высоты выброса от земли, температуры;

$$M = \sum_{i=1}^n A_i \cdot m_i - \text{приведенная масса годового выброса ЗВ из источника, усл. т/год, здесь } n -$$

общее число учитываемых ЗВ, выбрасываемых в атмосферу, m_i – масса годового выброса i -го ЗВ, т/год, A_i – безразмерный показатель относительной активности i -го ЗВ (приведения к «монозагрязнителю»), для основных ЗВ значения A_i следующие: монооксид углерода -1, сернистый ангидрид – 22, сероводород – 54,8, серная кислота – 49, окислы азота в пересчете по массе на NO_2 – 41,1, аммиак – 10,4, летучие низкомолекулярные углеводы по углероду (ЛНУ) – 3,16, ацетон – 5,55, ацетальдегид – 41,6, фенол – 310, 3,4 - бенз(а)пирен – $12,6 \cdot 10^5$.

Пример. Дать оценку экологического ущерба от загрязнения атмосферы выбросами за три года, таблица 2-6. Известно, что на территории загрязненного региона населенные пункты с плотностью населения более 300 человек/га занимают 5% загрязненной площади, заповедники – 12%, пригородные зоны отдыха и дачные участки – 10%, леса 1 и 2 групп – 16% и 20%, промпредприятия – 4%, пашни (центрально-Черноземный район) – 19%, пастбища и сенокосы – 14%.

Согласно логике метода укрупненного счета перемножаем значения выбросов ЗВ на «свои» значения показателя A_i : 1 – для CO , 54,8 – для H_2S и т.д. и суммируем получившиеся величины по годам. Получились величины 5510,36, 4996,00, 5115,98 тысяч усл. т ЗВ в 1998, 1999 и 2000 гг., приведенных к «монозагрязнителю». Далее вычисляем значение эффективного коэффициента относительной опасности $\delta_{\text{эфф.}}$ – как средневзвешенное значений коэффициента δ территорий разных типов: для населенных пунктов с > 300 чел./га $\delta = 8$, для заповедников – 10 и т.д. Значит,

$$\delta_{\text{эфф.}} = (5\% \cdot 8 + 12\% \cdot 10 + 10\% \cdot 8 + 16\% \cdot 0,2 + 20\% \cdot 0,1 + 4\% \cdot 4 + 19\% \cdot 0,15 + 14\% \cdot 0,05) / 100\% = 2,65.$$

Положим, что $f=1$, $\gamma=20$ руб./усл.т. Тогда экономические ущербы для рассматриваемой территории от загрязнения атмосферного воздуха в 1998, 1999 и 2000 гг. составляют:

$$Y_{1998, \text{руб.}} = \gamma, \text{руб./усл.т} \cdot \delta_{\text{эфф.}} \cdot f \cdot M_{1998, \text{усл.т}} = \\ = 20 \cdot 2,65 \cdot 1 \cdot 5,51036 \cdot 10^6 = 292,05 \text{ млн. руб.}$$

Аналогично, $Y_{1999} = 264,79$ млн. руб.; $Y_{2000} = 271,15$ млн.руб.

Таблица 6.

Выбросы приоритетных загрязняющих веществ в 1998-2000 гг

Наименование вещества	Объемы выбросов по годам, тыс. т.		
	1998	1999	2000
Моноксид углерода	120	130	160
Сероводород	54	36	30
Окислы азота	18	24	31
ЛНУ	86	90	78
Окислы алюминия	42	48	53

Подобный же принцип с использованием концепции «монозагрязнителя» положен с основу экономической оценки ущерба от загрязнения водоемов.

Экологический (эколого-экономический) ущерб от ухудшения и разрушения почв и земель над воздействием антропогенных (техногенных) нагрузок выражается, в основном, в:

- деградации почв и земель;
- загрязнении земель химическими веществами;
- захламенение земель несанкционированными свалками, другими видами несанкционированного и нерегламентированного размещения отходов.

Оценка величины экономического (эколого-экономического) ущерба от деградации почв и земель производится по формуле

$$Y = H_c \cdot S \cdot K_3 \cdot K_n$$

Здесь Y - величина ущерба за отчетный период времени, тыс. руб./год; H_c – норматив стоимости земель, тыс.руб./га; S – площадь почв и земель, подвергавшаяся деградации за отчетный период времени, га; K_3 – безразмерный коэффициент экономической ситуации и экологической значимости территории; K_n – коэффициент для особо охраняемых территорий.

По такому же принципу определяется экономический ущерб от загрязнения земель, например, несанкционированными свалками.

Экономическая оценка ущерба биоресурсам (растениям и животным) производится по изменению численности каждого из значимых видов биоресурсов с учетом таксы за ущерб по каждому виду. Установлены таксы для определения размера взыскания за ущерб, причиненный физическими или юридическими лицами незаконным добыванием или уничтожением ценных видов рыбы, некоторых млекопитающих, птиц.

Концепция устойчивого развития как инструмент преодоления глобального экологического кризиса

Как уже отмечалось выше, осознание человечеством наступления экологического кризиса началось со второй половины 20-го века. Возможно, ключевым моментом процесса осознания наступления кризиса стал печально знаменитый Лондонский смог зимой 1952 года, унесший около 5000 жизней жителей города. Практически с этого момента начались обстоятельные исследования процессов образования и распространения вредных отходов производства в биосфере, формирование нормативов содержания вредных веществ в приземном воздухе, в водных объектах, в почвах и, в целом, основ природозащитного законодательства, проектов эффективного противодействия загрязнению биосферы. Вопросы преодоления экологического кризиса быстро приобрели международное звучание, вышли на уровень ООН. Среди основных вех деятельности мирового природозащитного движения уместно отметить его (движения) обращения к учению В.И. Вернадского о ноосфере, возникновение и активную информационно-исследовательскую деятельность Римского клуба, выход книги американских исследователей “Пределы роста”, ряд конференций и совещаний ООН по окружающей среде, деятельность Комиссии ООН по вопросам окружающей среды и развитию Г.Х. Брундтланд и ее доклад “Наше общее будущее”, наконец, Коференцию ООН по окружающей среде и развитию в 1992г., в Рио-де-Жанейро. На этой беспрецедентной по своему составу конференции (в ней участвовали первые лица около 200 государств) приняты основополагающие документы, определяющие совместные

согласованные действия всех стран по выходу из экологического кризиса. Основным стал документ "Декларация Рио-де-Жанейро по окружающей среде и развитию", в котором представлены итоги 40-летних исследований феномена глобального экологического кризиса, анализа их результатов и различных проектов по преодолению кризиса, а также сущность и цели сформированной на этой основе концепции устойчивого развития (КУР).

Из КУР следует, что само по себе осознание необходимости изменить отношение к природной среде не может быть направлено на замедление или даже прекращение техногенных процессов. Научно-технический прогресс, как и человеческую мысль, в целом, остановить невозможно. Не свертывать промышленную деятельность, но координировать ее в соответствии с закономерностями функционирования природных систем. Для этого необходимо изучить сами закономерности функционирования природных систем; ближайшие и долгосрочные негативные последствия антропогенного воздействия и предельные нагрузки на природную среду, еще не наносящие ей необратимых негативных изменений; определить, как избежать разрушительного антропогенного воздействия путем разумного ограничения деятельности, совершенствования технологий, восстановления нарушенных природных систем.

Акции мирового сообщества по преодолению экологического кризиса реализуются, в основном, по сценарию, предусматриваемому КУР: разработаны жесткие международные экологические стандарты, целям КУР служит созданная на основе Генерального соглашения по тарифам и торговле (ГАТТ, 1947г.) Всемирная торговая организация (ВТО, 1995г.), в рамках которой преимущества в торговле получают производители, прошедшие процедуру сертификации на соответствие экологическим стандартам, то есть подтвердившие высокую экологичность своих технологий и товаров, а также систем экологического управления (систем экологического менеджмента). Этому способствует Соглашение о технических барьерах в торговле (СТБТ, 1993г.). В контексте КУР осуществляются, в частности, согласованные действия всех стран по уменьшению выбросов углекислого газа для предотвращения глобального потепления – согласно Киотскому протоколу (согласован в 1997г., вступил в силу в 2005г.). Цель прошедшей в декабре 2009г. конференции ООН по проблемам климатических изменений – заключить новое Соглашение по глобальному потеплению и сформировать новый вариант протокола Киото.