

Глава 7

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПУТИ ЕГО ПРЕОДОЛЕНИЯ

С середины нынешнего столетия охрана окружающей среды стала одной из самых острых и глобальных проблем современности. В результате деятельности человека на Земле значительно сократились площади лесов, исчезли или находятся на грани исчезновения многие виды животных, усилился процесс антропогенного загрязнения гидросферы и атмосферы, сократились и продолжают сокращаться многие виды природных ресурсов. Поэтому охрана окружающей среды, рациональное использование природных ресурсов – это одни из главных задач, стоящих перед человечеством. Рассмотрим изменения, которые произошли или могут произойти как в результате воздействия природных факторов, так и антропогенных факторов на географическую оболочку Земли. Географическая оболочка Земли – это газовая, каменная, водная часть среды, окружающей нас, в которой происходят разнообразные процессы и явления, живут живые организмы. Географическая оболочка образовалась, развивалась и живет в окружающем нас космическом пространстве в процессе сложного космическо - земного взаимодействия.

Природные, производственные и социальные системы, сформировавшиеся на земной поверхности, находятся, как мы уже говорили, в постоянном взаимодействии и развитии. При этом природа служит материальной, духовной и экологической основой экономического и социального развития общества. В последнее время возникло представление об экономике нематериальных благ, которая рассматривает благосостояние человека как сумму трех компонентов: уровня жизни, условий жизни и качества жизненной среды. Происходит инверсия экономических ценностей: завтра телевизор, холодильник, автомобиль будут в каждой семье, но люди остро почувствуют нехватку чистого воздуха, тишины, земли. Эти блага, которым раньше не придавалось значения, станут играть все большую роль.

Для регулирования природных процессов в интересах человечества необходимы глубокие знания о природных, производственных и социальных системах. Задача регулирования входит в сферу интересов конструктивной географии. Глобальные ас-

пекты конструктивной географии рассматривает общее землеведение. Таким образом, общее землеведение изучает географическую оболочку Земли.

Современное состояние географической оболочки

Человечество — часть природы, и для существования ему необходимо обмениваться с природой разнообразными видами энергии и вещества. Этот обмен осуществляется как в биологической форме, так и в форме производственной деятельности на сложном фоне психологических и социальных отношений. Периодизация развития техники, экономики, информационного обмена, культуры, искусства и изменения форм воздействия человеческого общества на биосферу показана на рис. 7.1.

В настоящее время сформировалась целая система понятий, обозначающих те стороны географической оболочки, которые взаимодействуют с человечеством или используются им для удовлетворения своих потребностей. Из рис. 7.1, на котором образно представлено соотношение основных понятий, видно их относительное соподчинение: чем больше площадь круга, тем выше объем понятия.

Для того чтобы отличить объект конструктивного землеведения от природного, не измененного человеческой деятельностью комплекса, который мы рассматривали выше, назовем его новым термином. Наиболее удобным, на наш взгляд, является понятие «антропосфера», так как оно позволяет подчеркнуть антропоцентричность подхода, принятого в конструктивном землеведении. В литературе этот термин употребляется в разных значениях (их можно узнать из географических словарей). Мы будем придерживаться наиболее широкого толкования: антропосфера — этап эволюции географической оболочки, для функционирования, динамики, развития которой характерна высокая роль деятельности человечества.

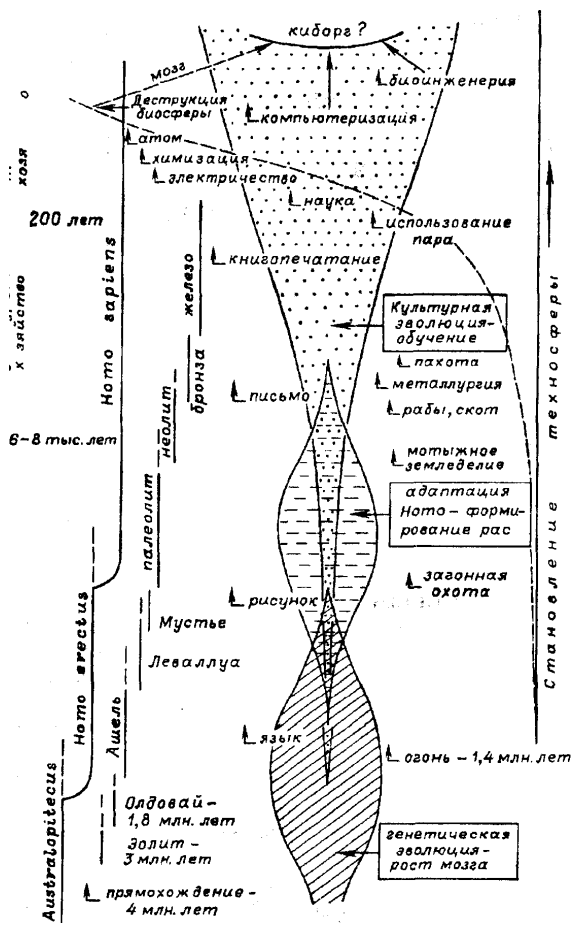


Рис. 7.1. Схема эволюции человеческого общества, его производительных сил, информационных возможностей и возрастающего воздействия на биосферу

Антропосфера в такой трактовке является общенаучным понятием. Термин «ноосфера», используемый в ряде работ для обозначения того же этапа эволюции географической оболочки — биосферы, является более узким, т.к. он акцентирует внимание на разумной стороне деятельности (греч. *noos* — «разум», *sphaïrîe* — «шар»). В то время как известно, что значительная часть воздействий на географическую оболочку являются побочными, т. е. возникают стихийно и вне разумных задач, которые ставились человечеством. Человечество только стремится к тому, чтобы придать природопользованию разумный характер, и общее землеведение должно сыграть в этом немаловажную роль.

Современная антропосфера — глобальная природно-техническая система. В ней возникают процессы, не характерные для естественного состояния географической оболочки. Это связано с тем, что возможности техники и масштабы хозяйственной деятельности человека

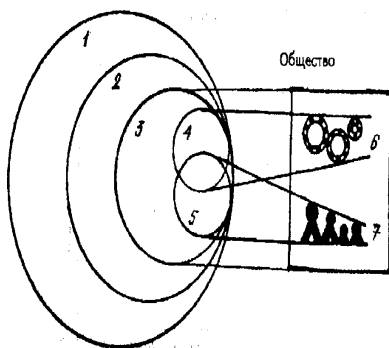


Рис. 7.2. Соотношение объема понятий, характеризующих систему «природа-общество» 1- географическая оболочка; 2 – биосфера; 3 – географическая среда общества; 4 – техническая среда; 5 – экологическая среда; 6 – техника; 7 – человек.

превысили некоторый критический уровень, исчерпали буферные возможности природной среды и стали причиной новых процессов планетарного масштаба. Формируется новое состояние природной среды, которое не имело аналогов в прошлом, — состояние антропосферы. Еще более ста лет назад, когда и ученые, и инженеры говорили о покорении природы, Ф. Энгельс отмечал, что человек не должен властвовать над природой так, как завоеватели над чужим народом. Господство человека над природой, говорил он, состоит в том, что, в отличие от других существ, человек умеет познавать ее законы и правильно их применять.

Чтобы избежать неразумных действий во взаимоотношениях с природой, мы прежде всего должны отчетливо понять: а какими должны быть наши разумные действия? Как избежать стихийности в воздействиях на природу? Куда и как направлять наши усилия? Для решения этой научной задачи — куда направлять наши воздействия, чтобы уберечь природную среду от деградации, — недостаточно экспериментальных изысканий, хотя анализ опыта воздействий на природные процессы, накопленного за человеческую историю, очень поучителен. К тому же крайне трудно и рискованно экспериментировать с географической оболочкой в целом — неудачный эксперимент может погубить человечество. Эти ограничения и затруднения можно преодолеть только на пути более глубокой разработки теоретических основ управления процессом ноогенеза. Создание такой теории — задача конструктивного земледения.

Географическая оболочка в любом ее состоянии — биокосная система, спаянная воедино биологическим круговоротом вещества и энергии. Особая роль живых организмов, исключительное значение жизни заставляют рассматривать ее, анализируя современное и будущие состояния, прежде всего биоцентрически и антропоцентрически — с позиций сохранения организмов и условий существования человека. В то же время, должна быть очевидной ограниченность таких подходов: чтобы сохранить жизнь, необходимо прежде всего удержать в определенных границах изменения среды обитания, т. е. самой географической оболочки.

Экологическое состояние географической оболочки должно стать предметом заботы всего человечества, ибо хотя непосредственная зависимость человека от локального природного окружения уменьшается, но человек становится все более зависимым от состояния глобальной системы географической оболочки в целом. К сожалению, современные технические возможности мирового сообщества выходят за рамки их мыслительного охвата и понимания. Возникла несбалансированность нагрузок с ассимиляционной способностью природных систем, с их экологическим потенциалом, но это еще недостаточно осознается всеми членами сообщества.

Для настоящего времени характерны целые регионы с кризисными и катастрофическими экологическими ситуациями, про-

явившимися особенно сильно в тех странах, которые не имеют возможности вкладывать большие средства в природоохранную деятельность. Кроме того, экономическая бедность заставляет эти государства размещать на своих территориях предприятия с недостаточно экологичными технологиями, тогда как страны с развитой экономикой стремятся вынести такие предприятия за свои границы.

Среди глобальных экологических проблем самыми существенными являются:

- голод как крайнее выражение сложного переплетения социальных, экономических, экологических и демографических проблем;

- дефицит питьевой воды. Возникновение его в значительной мере обусловлено социальными причинами, но в последние десятилетия дефицит усилился из-за длительной засухи во многих районах мира;

- дефицит плодородной земли, который, с одной стороны, связан с ростом населения, с другой — с разрушением почвенной структуры, уменьшением почвенного плодородия, накоплением в почве пестицидов и других видов загрязнений.

- аридизация, обезлесивание и опустынивание. Эти проблемы опять-таки возникли в результате сложного переплетения социальных, экономических и природно-климатических факторов.

- усиление парникового эффекта вследствие увеличения поступления в атмосферу диоксида углерода (главным образом при дегазации недр и сжигании органического топлива), метана (при разложении вещества болот и городских свалок) и других газов, которое вызывает целую цепь планетарных процессов.

- опасность ядерного конфликта, связанная не только с действием радионуклидов и лучевым поражением человека и всего органического мира, но и с резким изменением погодноклиматических условий, нашедших выражение в термине «ядерная зима».

Не менее опасны региональные международные конфликты, в основе которых лежит борьба за природные ресурсы и территории. Они известны с древнейших времен, но в современную эпоху приобрели особую остроту, обусловленную угрозой энергетического, сырьевого, продовольственного и экологического кризисов. Региональные конфликты можно разделить на три группы: территориальные, ресурсные, экологические:

- территориальные конфликты связаны с преимуществом географического положения тех или иных территорий в военно-стратегическом или экономическом отношении (конфликт Англии и Аргентины из-за Фолклендских островов), с этническими проблемами (Сомали и Эфиопия) и др;
- природно-ресурсные конфликты возникают из-за притязаний разных государств на природные ресурсы, находящиеся на территории других стран, а также на «ничейной» территории в Мировом океане. Примером таких конфликтов является «тресковая война» между Англией и Исландией, в основе которой находятся споры о размерах прибрежных экономических зон;
- экологические конфликты связаны с трансграничным переносом загрязнений. Например, лишь 10% загрязнений, выпадающих из атмосферы на территории Норвегии, поступают с ее собственных предприятий, остальные 90% приносятся из других стран; радиоактивные продукты, образовавшиеся при разрушении блока ядерного реактора в Чернобыле, распространились на многие страны мира. Проблемы международного характера возникают также при крушениях танкеров с нефтью или авариях на нефтегазопроводах.

Основные типы воздействий на природную среду

Воздействия человека на природную среду подразделяются на преднамеренные и непреднамеренные, прямые и косвенные. *Преднамеренное воздействие* происходит в процессе материального производства с целью удовлетворения определенных потребностей общества. Оно связано с расходом того или иного природного ресурса: топлива для производства энергии, железной руды для выплавки железа, стали, производства проката и т. д. К преднамеренным воздействиям относится строительство гидроэлектростанций для нужд энергетики и орошения, вырубка леса для деревообрабатывающей промышленности или с целью расширения земельных площадей и т. д. Такие воздействия являются объектом экономики: они планируются, финансируются, контролируются, нормируются и т. д. *Непреднамеренное воздействие* проявляется как побочный эффект преднамеренного. Так, при производстве энергии выделяются сажа, газы — диоксид углерода, сернистый ангидрид, водяной пар. Строительство ГЭС сопряжено с образованием

искусственного водоема, который влияет на окружающую среду через гидрометеорологические факторы: повышается уровень грунтовых вод, что обуславливает подтопление, меняется гидрологический режим реки и т. д. (Рис. 7.3). В настоящее время, в связи с обострением экологических проблем и законодательными ограничениями, наблюдается стремление минимизировать непреднамеренные воздействия или хотя бы учитывать возможность их возникновения заранее. Однако такие попытки часто оказываются малоуспешными из-за недостаточного знания механизмов автоматического регулирования и управления, существующих в природе. Изучение побочных, т. е. непреднамеренных, воздействий — одна из важных задач географии, в частности географического прогнозирования.

Как преднамеренные, так и непреднамеренные воздействия могут быть прямыми и косвенными. *Прямые воздействия* имеют место в случае непосредственного воздействия хозяйственной деятельности, хозяйственного механизма на среду. Например, полив сельскохозяйственных растений непосредственно воздействует на почву, увлажняя ее. Но наряду с увлажнением почвы увлажняется и охлаждается воздух, следовательно, меняются условия жизни и процессы жизнедеятельности растений. Эти изменения происходят опосредованно, через цепочки взаимосвязанных воздействий, и называются *косвенными*.

Преднамеренные и непреднамеренные, прямые и косвенные воздействия взаимно сочетаются, образуя следующие типы комбинированных воздействий:

- преднамеренные прямые воздействия. Это большая часть воздействий хозяйственной деятельности, планируемых, проектируемых и осуществляемых отраслями народного хозяйства;
- непреднамеренные прямые воздействия. Возникают побочно с первым типом воздействий. Например, чтобы добывать руду открытым способом, необходимо обеспечить понижение уровня подземных вод вокруг карьера, иначе вода зальет его. Откачка вод и сброс их в водоемы меняют режим водоемов. Если воды токсичны, то это приводит к угнетению и гибели гидробионтов. Воздействие прямое, но непреднамеренное;
- преднамеренные косвенные воздействия. Это средство достижения определенных народнохозяйственных результатов путем опосредованного воздействия. Так, выбор предше-

стенников сельскохозяйственных культур в севообороте — косвенное воздействие на урожайность этих культур, равноценное (в определенной мере) непосредственному воздействию на растения с помощью, например, удобрений. В масштабах географической оболочки преднамеренные косвенные воздействия — наиболее реальная возможность оптимизации среды.

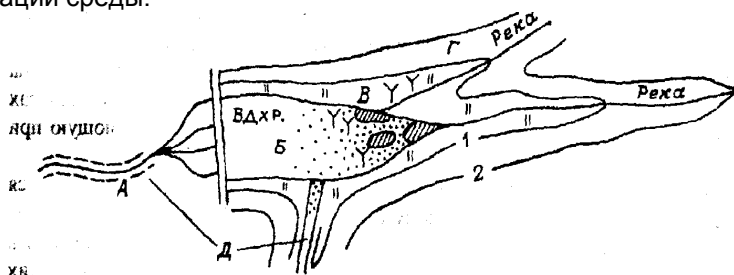


Рис. 7.3. Различные типы воздействий на природную систему в результате сооружения гидроузла, 1 — цветение воды; 2 — повышение уровня грунтовых вод (глубина, м); 3 — заболачивание; 4 — зарастание; 1 — ускоренная эрозия в русле реки; 6 — заиливание водоема. Изменения; А, Г — режима стока, нарушение миграции рыб; Б — микроклимата; В — почвенно-растительных ассоциаций; Д — микрорельефа.

- непреднамеренные косвенные воздействия. Возникают в связи с нарушением природных равновесий в процессе любых других воздействий. Общеизвестный пример — влияние запыленности атмосферы (аэрозолей) на количественный и качественный состав солнечной радиации.

Необходимо отметить, что описанные воздействия не встречаются «в чистом виде»: одно сопровождается другим. Но понимание их различий необходимо. В частности, в процессе прогнозирования эти воздействия учитываются по-разному. Воздействия человека на природу (как прямые, так и косвенные) во многих случаях приводят к значительной перестройке природных процессов, ухудшению экологических условий, снижению качества природных ресурсов. В связи с этим важно иметь четкое представление о пространственно-временных масштабах распространения разных типов воздействий. Преднамеренные воздействия охватывают самые различные пространства — от точки (заводская труба, выброс сточных вод)

до больших площадей (распашка полей, орошение, осушение и т. п.). По временному масштабу можно говорить о воздействиях однократных (разовых), периодических, постоянных динамических (ежегодная распашка), постоянных стационарных (город).

Охватывая вполне определенные территории, воздействия вызывают систему цепных реакций, вереницу последствий, разворачивающихся со временем на значительно больших территориях по сравнению с площадью первоначального воздействия. Некоторые цепные процессы усиливаются до внушительных размеров. Так, мексиканский ученый Х. Виво-Эското описывает несколько ситуаций, возникших в 70-е годы вследствие воздействия в США на метеорологические процессы. В одной из них ураган «Камилла» в результате внесения йодистого серебра усилился и повернул на сушу (в штаты Миссисипи и Луизиана), где причинил значительный материальный ущерб и вызвал гибель 234 человек.

Ученые России, США, Германии на основе теоретических расчетов, изучив механизмы саморегулирования в пределах земной поверхности, установили следующую систему связей, возникающую при ядерном конфликте. Ядерные взрывы вызывают большие пожары. Над пожарищем создается мощный вихрь, подобный тропическому циклону, который, во-первых, способствует самоусилению пожара, во-вторых, забрасывает часть продуктов сгорания в атмосферу. Возникает система положительных обратных связей, усиливающих процесс горения, вертикальной циркуляции воздуха и обуславливающих горизонтальный вихревой подток воздуха ураганной силы к пожарищу. Эффект лавинообразного усиления процесса приводит к возгоранию малогорючих веществ. Подсчеты показывают, что в результате в атмосфере образуется слой сажи, практически непроницаемый для солнечных лучей. Если вихрь окажется мощным, то часть сажи поступит в стратосферу, где будет находиться продолжительное время. Примерно через месяц атмосферный аэрозоль распространится над целым континентом, через 3-6 месяцев — над всем земным шаром. Это уменьшит поступление солнечной радиации в 100 раз, что приведет к быстрому понижению температуры на суше на несколько десятков градусов (с большими территориальными различиями), которое сохранится в течение нескольких месяцев.

Распространение первоначально ограниченного по площади техногенного воздействия на большие территории характерно и

во многих других случаях. В частности, мелиоративные воздействия на природную среду преобразуют и функционально сопряженные с объектом мелиорации геосистемы.

Антропогенные воздействия распространяются в пространстве в двух основных формах — диффузии (когда происходит резкое уменьшение концентрации воздействия на единицу площади) и концентрации последствий воздействий. Вторая форма наблюдается, например, при внесении удобрений на поля и использовании пестицидов, гербицидов, которые при смыве с полей концентрируются в русловой сети, а затем в замыкающих элементах каскадных водных систем — озерах, болотах. Выпадение из потока и концентрация химических элементов, взвешенных частиц, аэрозолей и т. д. наблюдаются также на барьерах: механических (орографических поднятиях, лесных полосах, руслах рек, тектонических разломах), геохимических (кислородных, восстановительных, сероводородных, щелочных, кислых, испарительных и др.), биологических (корневых системах растений, листовых поверхностях растительного покрова и др.).

Изменение реакции среды на воздействие во времени также имеет несколько типов. Реакция природной среды на воздействие обычно запаздывает, ибо ее системы обладают свойством инерционности. При разовом воздействии на систему (вырубка леса, выброс загрязняющего вещества в водоем, лесной пожар, наводнение и т. п.) изменение геосистемы происходит по типу одной из кривых, изображенных на рис. 7.4. Характерно, что в этом случае система возвращается в первоначальное состояние через определенное время. Правда, если воздействие было слишком сильным и превысило буферные возможности геосистемы, то возвращения геосистемы к прежнему состоянию не произойдет. Например, через несколько десятилетий после извержения вулкана на участке, покрытом вулканическим материалом (лавой), в условиях влажного тропического климата снова сформируется тропический лес, но он не будет точной копией предыдущего. В менее благоприятных по водно-тепловому режиму условиях (тайга, тундра и т. д.) восстановление ландшафта потребует многие сотни и даже тысячи лет. Если воздействие на природу носит постоянный характер, например плотина на реке, то система через определенное время переходит в новое состояние динамического равновесия.

Глобальные изменения на Земле

Науки о Земле выявили грандиозную картину функционирования ее географической оболочки на протяжении нескольких миллиардов лет. В течение геологической истории нашей планеты имели место, с одной стороны, периодические колебания ее природного состояния, а с другой — направленные изменения. Периодические колебания нашли выражение, например, в чередовании активных горообразовательных эпох и эпох относительного тектонического покоя, планетарных трансгрессий и регрессий Мирового океана, ледниковых и межледниковых эпох и т. д. Направленные изменения привели к повышению мощности осадочной оболочки и контрастности планетарного рельефа, увеличению средней высоты материков и средней глубины океана, возрастанию видового разнообразия органического мира, усложнению ландшафтной структуры и др.

Появление человека и его превращение в «геологическую силу» нарушив сложившиеся в природе равновесия. Как известно, в настоящее время численность населения Земли превысила 6 млрд., а воздействие человека на природу достигло планетарных масштабов. Главными формами воздействия являются выбросы в воздух, воду, почву разнообразных веществ (побочных продуктов технологической деятельности), вырубка лесов, распашка земель, вовлечение в технологические процессы больших масс пресной воды, орошение земель. Воздействия такого рода, часто осуществляемые на локальных территориях, вызывают цепные реакции, захватывающие огромные пространства на всей поверхности Земли.

В этих условиях прогноз развития географической оболочки не может опираться только на экстраполяцию природных изменений и принцип актуализма, поскольку в прошлом человечество в таком качестве не выступало. В частности, вмешательство человека во многих случаях приводит в движение неравновесные процессы, которые самопроизвольно усиливают начальный импульс (например, эффект потепления), — этому в прошлом нет

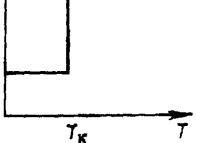
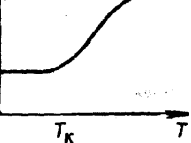
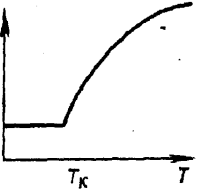
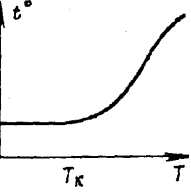
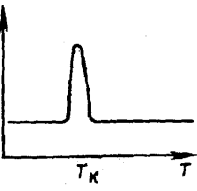
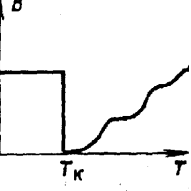
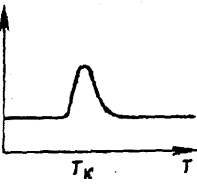
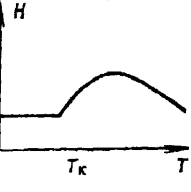
Воздействие	Реакция геосистемы	Процесс
		а – аperiodический релаксационный процесс второго порядка
		б - аperiodический релаксационный процесс второго порядка
		в – гармонический колебательно-возрастающий процесс
		г – аperiodический затухающий релаксационный процесс

Рис. 7.4. Реакция геосистем на различные внешние воздействия. Тип воздействия: 1 — создание водохранилища; 2 - строительство города; 3 — лесной пожар; 4 — паводок. Обозначения: J — воздействие; T — время; H -уровень; V — биомасса; w — влажность почвы; T_o — температура воздуха; T_k — критическая точка воздействия.

полных аналогов. Человек явился причиной изоляции океана от атмосферы нефтяной пленкой, загрязнения живых организмов пестицидами, имеющими мутагенное действие, и других процессов, влияние которых почти не выяснено и не может быть корректно оценено. Изучение их и прогноз глобальных изменений в этом случае возможны лишь на основе имитационного математического моделирования и анализа тех последствий, которые обнаружили себя за последние десятилетия — с тех пор, как существуют систематические инструментальные наблюдения за природными процессами.

В то же время, нарушение баланса диоксида углерода и связанные с ним изменения парникового эффекта, сведение лесов, опустынивание имели место и в прошлом, хотя и вызывались другими причинами. Эта группа возможных изменений может изучаться, таким образом, не только с помощью математического моделирования, но и на основе аналогов прошлой истории Земли (т. е. палеогеографическими, палеоклиматическими методами). Метод аналогов дает возможность проверки математических моделей, что повышает их достоверность.

Происходящие изменения, определяемые естественными (внутренними и внешними) и искусственными (или антропогенными) факторами, не сразу становятся заметными в географической оболочке в целом, но они отражаются в ее составляющих или отдельных частях. Наиболее чутко и относительно быстро реагирует на изменения воздушная среда, медленнее — водная, а наиболее инертна каменная оболочка. Однако все среды хотя и в разной степени, но постоянно изменяются. В атмосфере (которая является своеобразным экраном, предохраняющим планету от космических воздействий и сохраняющим в приземном пространстве энергию внутренних сил развития географической оболочки) благодаря значительной подвижности воздушных масс, частные изменения довольно быстро становятся общим достоянием, в результате чего атмосфера меняет свои параметры. Именно такие процессы лежат в основе практически всех глобальных изменений окружающей среды, поскольку состоянием атмосферы определяется в общем функционирование гидросферы и литосферы.

Глобальные изменения географической оболочки, т. е. такие, которые существенно трансформируют ее параметры и функциональные свойства, вызывая кардинальную перестройку

структуры и смену тенденций развития, довольно хорошо известны из ее эволюции. Они практически всегда определялись изменением поступающей к земной поверхности энергии Солнца и Космоса, величина которой зависит от вариаций «пропускной» и «задерживающей» способности воздушного окружения планеты. Установлено, например, что происходившие в последний миллион лет геологической истории неоднократные смены похолоданий и потеплений, выразившиеся в высоких и умеренных широтах чередованием оледенений и межледниковий, были обусловлены изменением состояния атмосферы. Температурный режим приземных слоев географической оболочки регулировался газовым составом атмосферы, наличием аэрозолей и разных примесей. Так, данные обработки керна гренландских и антарктических ледников показывают, что в последнее межледниковье (110-140 тыс. лет назад) содержание диоксида углерода и метана было на современном уровне (или даже больше), тогда как в оледенения оно сокращалось почти вдвое (180-190 против 354 ppmv CO₂ и 0,35 против 0,7 ppmv CH₄). Одновременно в оледенения резко уменьшалось содержание тяжелого изотопа водорода — дейтерия (почти на 1/4) и тяжелого изотопа кислорода (почти вдвое). Интересны наблюдения за концентрациями аэрозолей — они оказались в ледниковья в несколько раз больше современных (до 30 раз на станции Восток, до 27 раз на станции Купол-С, в 8 раз на станции Бэрд), что свидетельствует о значительной запыленности атмосферы в эпохи оледенений, а состав аэрозольного материала позволяет говорить об усилении атмосферной циркуляции. Эти и другие изменения состава атмосферы вызвали колебания приземной температуры примерно на 8-10° С, причем почти половина температурных изменений была обусловлена колебаниями концентраций парниковых газов.

Изменения, установленные по исследованиям кернов ледников, были подтверждены изучением донных колонок океанического бурения, что позволяет считать отмеченные зависимости характерными для географической оболочки в целом и учитывать их при анализе современных изменений. При этом заметим, что настоящее (голоценовое) время является поздне-последледниковьем: природа развивается в сторону межледниковья, что предполагает естественное постепенное возрастание приземных температур воздуха и вод, носящее направленный, но ритмично-колебательный характер. Последнее имеет весьма существенное значение при выяснении причинно-следственных

связей в изменениях географической оболочки, установлении тенденций развития и прогнозировании возможных трансформаций окружающей человека *среды* в ближайшем и отдаленном будущем.

Определяя современные тенденции и причины того или иного направления развития географической оболочки и ее отдельных компонентов, необходимо не только аргументирование констатировать новые параметры окружающей среды и их конкретное отражение в ландшафтных системах, но и правильно оценивать роль естественных и антропогенных составляющих, а также корректно прогнозировать возможные трансформации нашей планеты. Многообразный спектр прогнозов о будущем Земли связан как раз с различиям в оценках естественных и антропогенных факторов и их временной роли. Отсюда и широкий диапазон представлений о современном состоянии географической оболочки и ее будущем — от неперменного сохранения природы в ее нынешнем состоянии до ее кардинальных изменений, а также о существовании экологического кризиса и даже глобальной катастрофы.

Условно точки зрения на глобальные изменения географической оболочки и их последствия можно объединить в четыре группы, причем важно иметь в виду авторство взглядов, принадлежность их носителей к тем или иным слоям общества. Ясно, например, что наиболее плохими последствия изменений считают представители научной администрации, чаще всего лоббирующие определенные отрасли экономики, и разнообразные «зеленые». Можно говорить о существовании традиционных и новых взглядов, основанных на переосмыслении прежних данных с учетом новейших научных достижений.

Среди представителей традиционных взглядов четко выделяются малочисленные оптимисты, считающие, что природные силы достаточно велики, поэтому естественные тенденции развития превышают антропогенные и природа имеет возможность восстановить разрушенное человеком, особенно после прекращения или изменения воздействий (так называемые «геисты» и «изобилисты»), и пессимисты двух разновидностей. Одни утверждают, что любые антропогенные влияния плохи для природы и в настоящее время фактически необратимы, так как стали превышать природную составляющую функционирования географической оболочки. Другие усиливают пессимизм, говоря о неизбежности экологической катастрофы, и призывают либо

противодействовать любым антропогенным преобразованиям (большая часть так называемых зеленых и экологистов), либо существенно уменьшить разрушающее окружающую среду влияние антропогенной деятельности, всячески преувеличивающее ее роль в фактически наступившем экологическом апокалипсисе планеты (так называемые алармисты, «армагедонисты», экологические мазохисты).

Представители новых оптимистических взглядов на основе переоценки общепринятой роли каждого фактора в глобальных изменениях окружающей среды делают вывод о том, что в настоящее время естественные силы развития явно превосходят антропогенные, значение которых существенно, но не катастрофично для географической оболочки. Последняя в прошлом неоднократно переживала состояния, близкие к современным, всегда сохраняя свое изменчивое разнообразие и жизнестойкость. Сторонники новых идей, число которых растет, доказывают отсутствие глобального экологического кризиса и несостоятельность рассуждений об антропогенных воздействиях как причине этого кризиса.

Таким образом, глобальные изменения в географической оболочке в настоящее время рассматриваются с точки зрения совместного влияния естественных тенденций эволюции планеты и антропогенных воздействий. Как уже отмечалось, все компоненты (или частные сферы) географической оболочки постоянно изменяются, практически всегда находясь в неустойчивом равновесии. В этих изменениях можно выделить два основных типа: первый — под воздействием внутренних преобразований, обычно в пределах частной сферы и в существующих в ней условиях, без принципиальной перестройки реальной системы; второй — под воздействием внутренних и, главное, внешних факторов, когда трансформируются особенности функционирования отдельных сфер и их взаимоотношений в пределах географической оболочки, которая в течение определенного времени довольно существенно изменяется, что приводит к перестройке системы и появлению новых качеств. Первые изменения обычны для естественно развивающихся систем, вторые свойственны эволюционирующей глобальной системе, в которой в последние столетия стали возникать антропогенные новообразования.

Тревожные антропогенные изменения природной среды

Человек как биосоциальный феномен имеет богатую историю отношений с окружающей природной средой. Человечество пережило эпоху четвертичных оледенений, изменения уровня океана от -100 до +50 м, экстремальные колебания сезонных температур от -80° до +45° С. В начале голоцена (8 тыс. лет назад) человек пережил парниковый эффект, когда концентрация CO₂ в атмосфере, судя по анализам пузырьков воздуха в кернах антарктического льда, поднялась до 500 частей на миллион частей воздуха, т. е. в 1,5 раза против современного значения (354 ppmv), что произошло вследствие вулканической активности (и, возможно, лесных пожаров).

Первоначально человек выступал составной частью биоценоза и по взаимоотношениям с природой не отличался от животных. С переходом от присваивающего типа хозяйства (собирачество, охота, рыболовство) к производящему (земледелие, разведение скота) воздействие человека на природу стало сказываться сначала на локальных территориях, а затем и в целых регионах. К настоящему времени произошли большие изменения в масштабах освоения и способах использования территории Земли (табл. 7.1).

Из табл.7.1 следует, что полярные и высокогорные территории, аридные пустыни, тундра и переувлажненные леса пока еще слабо заселены, но на остальной территории 40-50% заняты землями промышленного и городского назначения, дорогами, сельскохозяйственными полями, пастбищами, лугами. Увеличиваются масштабы опустынивания. Пустыни и опустыненные пространства захватывают площади, ранее занятые степями и саваннами, а последние наступают на леса.

Особенно ярко этот процесс выражен в северной части Африки, в зоне Сахеля, где средняя скорость перемещения пустынь к югу составляет несколько десятков километров в год. Быстрыми темпами вырубаются экваториальные леса в Южной Америке, Африке, Азии. Леса Амазонии, называемые «легкими» Земли, интенсивно сводятся в связи с прокладкой трансокеанической автомагистрали и формированием сопутствующих инфраструктур.

Таблица 7.1

Использование территории Земли по географическим поясам

Пояса	Земли промышленного и городского назначения, дороги, %	Земледельческая площадь, включая села и фермы, %	Травянисто-кустарниковые пастбища и луга, %	Леса, включая насажденные, %	Слабоиспользуемые и непригодные земли, %
Экваториальный	1	8	12	54	25
Субэкваториальный	3	18	25	28	26
Тропические	2	9	31	12	46
Субтропические	3	17	27	14	39
Умеренные	6	26	13	38	17
Субарктика, Арктика и Антарктида	0	0	2	0	98

К середине нашего века — времени наступления научно-технической революции — воздействие человека на природную среду достигло планетарных масштабов. В результате на планете сложилась тревожная обстановка, связанная с состоянием природной среды. Наибольшую опасность представляют загрязнение геосфер, разрушение озонового слоя, истощение природных ресурсов, истощение почвенного плодородия.

Большое место в антропогенном изменении географической оболочки занимает нефтяное загрязнение океана. Известно, что примерно половина всей нефти, добываемой в мире, перевозится морскими судами, причем, в конце 80-х годов каждый 50-й рейс танкеров оказывался аварийным. Нефть попадает в воду также при сбросах с судов, при загрузке нефти и топлива. В сумме это дает 42% загрязнений, или 1,5 млн т в год. Много нефтяных продуктов поступает с суши (сток рек) — около 40%, или 1,4 млн т.

Попавшая на поверхность воды нефть через несколько часов образует пленку толщиной в тысячные доли миллиметра. Легкие фракции испаряются, но затем возвращаются в океан с дождевыми каплями. Наибольшее нефтяное загрязнение Мирового океана характерно для танкерных путей, связывающих Ближний Восток с Европой, Америкой и Японией. Значительное загрязнение наблюдается также в прибрежных зонах океанов. В целом на поверхности океана в разных формах (от тончайшей пленки до небольших комочков) находится 15-20 тыс. т нефти, а при концентрации нефти выше 10 мг/л погибают многие морские рыбы, взрослые моллюски и ракообразные. Икра рыб и личинки ракообразных и моллюсков гибнут при значениях 0,01-0,1 мг/л. В кризисных же зонах концентрация нефтяных агрегатов составляет 50-300 мг/л, в критических — 0,09-0,2 мг/л.

Однако нефтяные продукты влияют не только на живые организмы, но и на климат, изменяя тепло- и влагообмен между океаном и атмосферой. Нефтяная пленка уменьшает поглощение тепла слоем воды, следствием чего является более быстрое и значительное прогревание атмосферы со всеми его последствиями.

Особую тревогу вызывает исчерпание многих видов минерального сырья, чистой пресной воды. Доступное ископаемое сырье, видимо, будет использовано к 2100-му году, а органическое топливо — еще раньше. Отсюда возникают проблемы обеспечения минеральными и энергетическими ресурсами. Однако сооружение мощных ГЭС приводит к изъятию слишком больших площадей земель, а строительство новых атомных электростанций вызывает возражения общественности в связи с возможными катастрофическими последствиями. Хотя дело не только в этом. Создание новых источников энергии (например, на термоядерном топливе) спасет человечество от энергетического голода, но оно же способно привести к перегреву атмосферы и изменению общей структуры теплового режима и влагооборота.

Расчеты, в том числе моделирование на ЭВМ с учетом комплекса экологических, экономических, социальных проблем, показывают, что обеспечение экологического равновесия возможно лишь на пути перевода производства на малоотходную технологию при стабилизации численности населения и осуществлении режима экономии в потреблении ресурсов. Многие убедительные примеры, приводимые разными исследователями, позволили сделать заключение о том, что если современные тенденции

природопользования и воздействия производства на среду сохраняются, то человечество довольно скоро (через 150-200 лет) может ожидать коллапс.

В последние годы появилось множество разных прогнозов будущего развития географической оболочки и человечества, которые чаще всего носят пессимистический характер.

В этих прогнозах нередко присутствует своеобразный «экологический мазохизм» — самобичевание за обильные негативные воздействия на природу, принятие на себя всех отрицательных влияний на окружающую среду. Однако нам более реальным кажется взгляд на современное состояние географической оболочки как достаточно устойчивое: она способна сопротивляться и ассимилировать большую часть антропогенных воздействий, которые по масштабу пока еще меньше природных катаклизмов, являющихся непререкаемыми спутниками естественного хода геологической истории. Так, анализы количеств антропогенных внедрений, времени их существования, взаимодействия с природными компонентами свидетельствуют об отсутствии глобального экологического кризиса, хотя риск его проявления в ряде мест очевиден. Об этом же говорят результаты многочисленных исследований по международным программам (геосферно-биосферная, глобальные изменения и повестка дня на XXI в. и др.), посвященным проблемам разработки концепции устойчивого развития.

Итак, устойчивость планетной системы не настолько нарушена антропогенными вмешательствами, чтобы говорить о всеобщем кризисе или вселенской катастрофе. К настоящему моменту географическая оболочка продолжает жить по естественным законам развития, лишь частично, хотя подчас и серьезно, нарушаемым человеком. Но состояние географической оболочки вызывает опасения и тревогу за возможные ущербы и уроны. Это требует внимательно изучать изменяющиеся условия ее функционирования, ее реакции на антропогенные воздействия и их последствия.

Несмотря на то, что 70% населения мира и производственных мощностей сосредоточены на 12% площади Земли, занимающей 63% площади суши, производственные выбросы распространяются по всему земному шару. Общеизвестно также, что в печени пингинов, никогда не покидающих Антарктиду, обнаружены пестициды.

Очень беспокоит то обстоятельство, что в настоящее время отсутствуют научно обоснованные оценки так называемых предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ. Особенно неясным является совокупное действие токсикантов. Некоторые данные свидетельствуют о том, что даже небольшие дозы загрязняющих веществ в «ансамбле» вызывают патологию организмов а счет кооперативного действия. Но известны примеры и взаимного ослабления нейтрализации негативных последствий:

При рассмотрении проблем географической оболочки необходимо учитывать, то глобальные изменения зачастую вызываются слабыми по вещественно-энергетическим характеристикам воздействиями. Так, в последние десятилетия широкую известность приобрела проблема озона. Содержание этого газа в атмосфере стала уменьшаться, причем над некоторыми районами образовались «озоновые дыры». В этих «дыра» содержание озона достигло минимальных концентраций. Исчезновение озона, препятствующего проникновению жесткого ультрафиолетового излучения Солнца, угрожает гибелью всего живого на Земле.

Однозначного объяснения процесса уменьшения содержания озона в земной атмосфере пока нет. Ряд ученых полагает, что это лишь одна из стадий естественных природных колебаний. Но весьма правдоподобно и предположение о техногенном происхождении «озоновых дыр». Установлено, в частности, что озон разрушается фреонами, поэтому на международном уровне принято решение об ограничении их использования.

В ряде районов земного шара антропогенные воздействия привели к кризисным и даже катастрофическим состояниям природной среды. Особенно наглядно это проявляется в Чернобыльской зоне и в Приаралье.

Чернобыльская авария, происшедшая в 1986 г., считается крупнейшей экологической катастрофой за историческое время: выброс радиоактивных изотопов (цезия, стронция и др.) из разрушенного четвертого блока атомной станции в 600 раз превысил их количество при бомбардировке Хиросимы в 1945 г. Радионуклиды распространились от зоны аварии воздушными массами, поверхностным и грунтовым стоком, захватив значительные площади. Воды Днепра перенесли их в Черное море и даже в Крым по Северо-Крымскому каналу. В непосредственной близости от атомной станции уже произошли заметные изменения в растительном покрове и животном мире. Сильно пострадали

хвойные леса: к концу 1989 г. площадь погибших сосновых лесов составила 600 га, а на площади около 15 тыс. га наблюдаются те или иные виды поражения хвои, молодых побегов, угнетение роста и т. д. Но особенно тревожит перспектива заболеваний людей, причем всплеск заболеваний ожидается во втором и третьем поколениях.

Кризис в Приаралье имеет другую природу. Он активизирован антропогенными воздействиями не в самом регионе, а в бассейнах Амударьи и Сырдарьи. Резкое увеличение забора воды из этих рек для орошения привело к уменьшению расхода рек в устьевых их частях. Потребность же в больших объемах воды для орошения была обусловлена долговременной социально-экономической политикой в регионе, нацеленной в основном на производство хлопчатника и риса.

К настоящему времени Аральское море обмелело более чем на 13 м (при средней глубине 20 м), его площадь сократилась на одну треть. Нарушение тепло-влагообмена и солевого баланса в море привело к гибели большинства организмов. На осушенной площади возникла солончаковая пустыня. Разрушение солевой корки сопровождается переносом солей на сотни километров. Вода ушла от портов на десятки километров. Рыбоперерабатывающие заводы, построенные в период, когда Арал был одним из самых продуктивных водоемов мира, получают сейчас рыбу с Атлантики. Резко ухудшилось качество питьевой воды (в стоке рек высокое содержание пестицидов, нитратов и других видов загрязнений) и состояние здоровья людей. Усилилась миграция населения из региона.

Однако первопричиной аральской беды являются природные ритмические изменения: вслед за повышением уровня Аральского моря в середине 50-х годов XX в. произошло его естественное понижение в 80-90-х годах. На этот природный феномен наложилось однонаправленное явление снижения уровня из-за недобора морем вод, используемых для нужд населения. Ранее аналогичная обстановка наблюдалась на Каспии, но с 1977 г. его уровень вновь стал повышаться без какого-либо изменения хозяйственной деятельности в его бассейне. Подобные факты свидетельствуют о сложности причинно-следственных связей в природных явлениях, затронутых антропогенизацией, что требует осторожности в их оценках и прогнозах возможных изменений.

В качестве одного из направлений деятельности по предотвращению нежелательных последствий антропогенизации природы считается необходимым развитие геоэкологии — комплексных научно-практических исследований, в процессе которых специалисты разного профиля, объединяясь вместе, смогут наиболее полно раскрыть связи и отношения между природой, производством и благополучием людей, а также регулировать экологические процессы и контролировать экологическую обстановку. Необходимо, чтобы глобальный и региональный (национальный) комплексный мониторинг, расчет и анализ предшествовали каждому новому шагу в техническом росте. Согласно данным Европейской экономической комиссии ООН, на сохранение приемлемой для человека и биоты природной среды и ее улучшение, на внедрение в производство малоотходной технологии следует ежегодно расходовать не 2-3% валового национального продукта, как это было в конце 80-х годов, а 6-8%.

В проблеме глобальных изменений ключевую роль играет изменение климата, которое в свою очередь зависит от нескольких факторов общегеографического масштаба. Основными из них являются:

- изменение парникового эффекта за счет нарушения баланса так называемых «парниковых газов» и увеличения аэрозольного загрязнения, которые уменьшают прозрачность атмосферы по отношению к тепловому излучению от земной поверхности, что приводит к ее нагреву, а это вызывает каскад неблагоприятных изменений в географической оболочке как целостной системе;

- уменьшение содержания озона в стратосфере из-за «выжигания» его при стратосферных полетах самолетов и ракет, а также вследствие химического взаимодействия с фреонами, диоксидом азота и в различных более сложных фотохимических реакциях;

- изоляция океанических вод (из-за их загрязнения нефтепродуктами и другими веществами) от атмосферы, нарушающая взаимную связь океана и атмосферы, массообмен (прежде всего влагооборот) и энергообмен, а также биологические циклы в океане;

- направленное изменение (ухудшение) состояния земной поверхности:

опустынивание, сведение лесов, распахиwanie земель, возрастание эрозии с созданием бедлендов и пустошей, увеличение запыленности атмосферы и снижение ее прозрачности;

— увеличение влажности и температуры атмосферного воздуха из-за роста облачности, с одновременным снижением величины активной солнечной радиации, что, видимо, будет носить положительный характер в одних областях и отрицательный в других.

Как уже отмечалось, общей тенденцией современной эволюции поверхности Земли является направление от ледниковья к межледниковью, что обуславливает постепенное, но неравномерное повышение среднеземных температур, количественное уменьшение ледников, увеличение площадей океана за счет затопляемого континентального шельфа. В связи с этим наблюдается снижение общеземного альбедо и количества поглощаемой планетой солнечной энергии, что в определенной степени нивелирует и ослабляет возможный эффект потепления климата. Роль последнего для географической оболочки в целом и отдельных ее частей неравнозначна: прогнозируются различные варианты отражения на земной поверхности потепления климата, что в известной мере видно из табл. 7.2.

Таблица 7.2

Возможные изменения окружающей среды
при потеплении климата

Основной эффект	Возможное следствие	Результат
Таяние ледников и увеличение поверхностного стока	Повышение уровней водоемов, морей и океана	Затопление побережий
Таяние вечной мерзлоты	Заболачивание земной поверхности, изменение состава атмосферы	Вывод земель из хозяйственного освоения
Повышение приземной температуры и удлинение теплого периода	Иссушение поверхности и развитие процессов дефляции	Опустынивание, гибель земель, пылевое загрязнение среды
Удлинение сезона положительных температур	Возрастание продуктивности растений	Облагораживание пастбищ посевов, лесов
Увеличение испарения	Рост облачности и количества атмосферных осадков	Остепнение аридных территорий

	ков Улучшение социально-экологических условий	
Уменьшение продолжительности зимнего периода и массы снега	Улучшение социально-экологических условий	Рост благосостояния людей
Увеличение лесного пояса за счет изменения его верхней и нижней границ, а также северного распространения зоны тайги	Рост зеленой массы, воспроизводства кислорода и поглощения диоксида углерода	Облагораживание природной среды и сред обитания живых организмов
Сокращение горных ледников	Уменьшение обводненности, иссушение пастбищ и освоения земель, сокращение источников водоснабжения	Увеличение бросовых земель, ухудшение социально-экологических условий
Разрастание пустынных территорий	Уменьшение биоразнообразия и биопродуктивности	Ухудшение социально-экологических условий, миграция населения

Наряду с потеплением климата, существенные изменения в географической оболочке могут определяться другими причинами, при этом нужно учитывать их совместные проявления в разных сочетаниях и последствиях. Среди них важны причины, обусловленные:

- колебаниями внутренней активности планеты (вулканические, сейсмические, тепловые и другие эффекты);
 - ростом народонаселения;
 - перераспределением водного баланса и сокращением запасов пресной воды;
 - трансформацией земной поверхности в результате сведения лесов, уничтожения почв, «оголения» горных пород и т. п.;
 - радиоактивным и иным энергетическим загрязнением окружающей среды;
- прямым воздействием из Космоса.

Рассмотрим отдельные факторы изменений состояния географической оболочки и их влияние на окружающую среду при том или ином варианте ее функционирования и развития.

Современная экология интенсивно изучает проблемы взаимодействия человека и окружающей среды. Экологи, рассматривая биосферу Земли как экологическую нишу человечества, связывают окружающую среду и деятельность человека в единую систему «природа – общество» и основную задачу видят в управлении и рациональных взаимоотношениях человека и природы. Научно-техническая революция не только обостряет противоречия между обществом и природой, но и создает большие возможности для разрешения этих противоречий путем ликвидации отрицательных последствий деятельности человека.

В нашей стране проводится работа по охране природы и рациональному использованию природных ресурсов. Важную роль в этой работе призвано сыграть экологическое образование и воспитание всех слоев населения, так как решить задачу охраны окружающей среды только силами специалистов по экологии невозможно. За время существования человечества в биосферу поступило порядка 3 млн химических соединений, никогда ранее не встречавшихся в природе, и каждый год к этому перечню прибавляется около 1 тыс. новых.

Экологические задачи должны решаться на каждом этапе промышленного производства в комплексе с другими задачами, а это возможно лишь при условии, что экологические знания станут составной частью мировоззрения инженеров, технологов и других специалистов.

Если учесть, что загрязнение химическими веществами является одним из составных компонентов воздействия промышленности на окружающую среду, то изучение химии окружающей среды можно рассматривать как первую ступень непрерывного процесса природоохранительного и экологического образования.

Источники загрязнения окружающей среды

Загрязнение окружающей среды может происходить как естественным, так и искусственным путем. Естественные источники загрязнения – извержение вулканов, землетрясения, смерчи, ураганы и т.д. Искусственные источники загрязнения связаны с жизнью и деятельностью человека. При этом следует иметь в виду, что в результате деятельности человека нарушается, как правило, равновесие в естественных природных циклах.

К искусственным источникам загрязнения окружающей среды следует отнести промышленное и сельскохозяйственное производство, транспорт, отопление и другое, в результате действия которых меняются состав и свойства воздушной атмосферы, гидросферы, загрязняются поверхностные участки суши. Изменения в экологической ситуации связаны с увеличением объема отходов, сбрасываемых и выпускаемых в воду и воздух, захороненных в земле, причем большая часть веществ, поступающих в окружающую среду, является различного рода химическими соединениями как неорганического, так и органического происхождения.

В последнее десятилетие изменились и темпы использования природных ресурсов. К середине XX в. в США из 17 млн га леса осталось около 8 млн га. Добыча полезных ископаемых в мире удваивается каждые 15 лет, в нашей стране – каждые 10 лет. В результате извержения вулканов ежегодно в атмосферу выбрасывается примерно $80 \cdot 10^{12}$ г взвешенных частиц, при сжигании ископаемого топлива – $30 \cdot 10^{12}$ г, промышленные предприятия дают $15 \cdot 10^{12}$ г. В.И. Вернадский писал: «Лик планеты – биосфера – химически резко меняется человеком сознательно и главным образом бессознательно. Меняется человеком физически и химически воздушная оболочка суши, все ее природные воды».

В настоящее время масштабы антропогенной деятельности приблизились к масштабам природных ресурсов. На рисунке 7.3 представлены мировые запасы ряда металлов по данным американского геохимика Х. Брауна.

Примерные оценки сделаны с учетом возрастания потребления металлов по мере роста населения Земли и увеличения потребности в металлах на душу населения. К настоящему времени во всем мире выплавлено около 24 млрд т железа, из них железо в существующих машинах, деталях составляет примерно 9 млрд т; остальные 15 млрд т уничтожены коррозией, рассеяны в биосфере. В нашей стране прямые потери от коррозии ежегодно составляют около 15 млн т. Сейчас в мире выплавляется в среднем 0,7 млрд т стали в год, а уничтожается в результате коррозии более 10% от этого количества. Средняя продолжительность жизни стальных изделий, как и изделий из цветных и черных металлов, составляет примерно 15 лет.

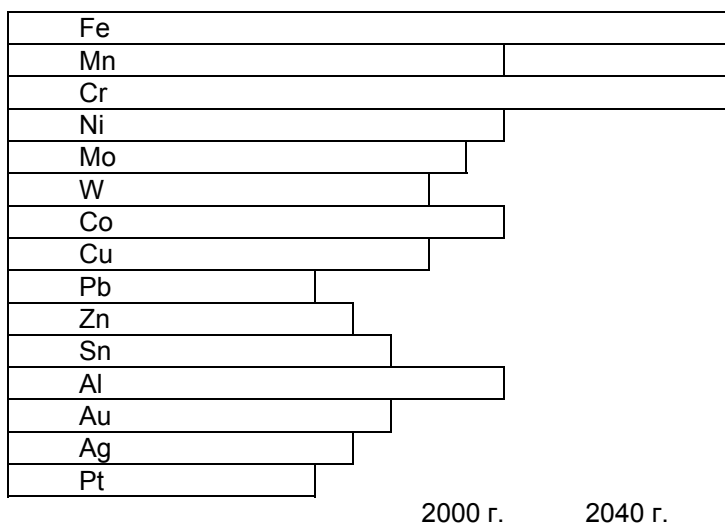


Рис.7.3. Мировые запасы некоторых металлов

Загрязнение воздушного бассейна

Основные загрязняющие вещества

Человек загрязняет атмосферу уже тысячелетиями, однако последствия употребления огня, которым он пользовался весь этот период, были незначительны. Приходилось мириться с тем, что дым мешал дыханию и что сажа ложилась черным покровом на потолке и стенах жилища. Получаемое тепло было для человека важнее, чем чистый воздух и незакопченные стены пещеры. Это начальное загрязнение воздуха не представляло проблемы, ибо люди обитали тогда небольшими группами, занимая неизменно обширную нетронутую природную среду. И даже значительное сосредоточение людей на сравнительно небольшой территории, как это было в классической древности, не сопровождалось еще серьезными последствиями.

Так было вплоть до начала девятнадцатого века. Лишь за последние сто лет развитие промышленности "одарило" нас такими производственными процессами, последствия которых вначале человек еще не мог себе представить. Возникли города-миллионеры, рост которых остановить нельзя. Все это результат великих изобретений и завоеваний человека.

Существуют три основных источника загрязнения атмосферы: промышленность, бытовые котельные, транспорт. Доля каждого из этих источников в общем загрязнении воздуха сильно различается в зависимости от места. Сейчас общепризнано, что наиболее сильно загрязняет воздух промышленное производство.

Источники загрязнений - теплоэлектростанции, которые вместе с дымом выбрасывают в воздух сернистый и углекислый газ; металлургические предприятия, особенно цветной металлургии, которые выбрасывают в воздух оксиды азота, сероводород, хлор, фтор, аммиак, соединения фосфора, частицы и соединения ртути и мышьяка; химические и цементные заводы. Вредные газы попадают в воздух в результате сжигания топлива для нужд промышленности, отопления жилищ, работы транспорта, сжигания и переработки бытовых и промышленных отходов. Атмосферные загрязнители разделяют на первичные, поступающие непосредственно в атмосферу, и вторичные, являющиеся результатом превращения последних. Так, поступающий в атмосферу сернистый газ окисляется до серного ангидрида, который взаимодействует с парами воды и образует капельки серной кислоты. При взаимодействии серного ангидрида с аммиаком образуются кристаллы сульфата аммония. Подобным образом, в результате химических, фотохимических, физико-химических реакций между загрязняющими веществами и компонентами атмосферы, образуются другие вторичные признаки. Основным источником пирогенного загрязнения на планете являются тепловые электростанции, металлургические и химические предприятия, котельные установки, потребляющие более 70% ежегодно добываемого твердого и жидкого топлива. Основными вредными примесями пирогенного происхождения являются следующие:

- оксиды углерода CO и CO_2 . CO получается при неполном сгорании углеродистых веществ. В воздух он попадает в результате сжигания твердых отходов, с выхлопными газами и выбросами промышленных предприятий. Ежегодно этого газа посту-

пает в атмосферу не менее 1250 млн.т. Диоксид углерода является соединением, активно реагирующим с составными частями атмосферы и способствует повышению температуры на планете, и созданию парникового эффекта (парниковый эффект и его воздействие будет рассмотрен ниже). Оксидов углерода больше всего дает черная и цветная металлургия, угольная промышленность;

- сернистый ангидрид SO_2 . Выделяется в процессе сгорания серусодержащего топлива или переработки сернистых руд (до 170 млн.т. в год). Часть соединений серы выделяется при горении органических остатков в горнорудных отвалах. Только в США общее количество выброшенного в атмосферу сернистого ангидрида составило 65 процентов от общемирового выброса. Наибольшее количество SO_2 поступает в окружающую среду от работы энергетических установок (50%), предприятий черной и цветной металлургии;

- серный ангидрид SO_3 . Образуется при окислении сернистого ангидрида. Конечным продуктом реакции является аэрозоль или раствор серной кислоты в дождевой воде, который подкисляет почву, обостряет заболевания дыхательных путей человека. Выпадение аэрозоля серной кислоты из дымовых факелов химических предприятий отмечается при низкой облачности и высокой влажности воздуха. Листовые пластинки растений, произрастающих на расстоянии менее 11 км. от таких предприятий, обычно бывают густо усеяны мелкими некротическими пятнами, образовавшихся в местах оседания капель серной кислоты. Пирометаллургические предприятия цветной и черной металлургии, а также ТЭС ежегодно выбрасывают в атмосферу десятки миллионов тонн серного ангидрида;

- сероводород H_2S и сероуглерод CS_2 . Поступают в атмосферу раздельно или вместе в другими соединениями серы. Основными источниками выброса являются предприятия по изготовлению искусственного волокна, сахара, коксохимические, нефтеперерабатывающие, а также нефтепромыслы. В атмосфере при взаимодействии с другими загрязнителями подвергаются медленному окислению до серного ангидрида;

- оксиды азота. Основными источниками выброса являются предприятия, производящие азотные удобрения, азотную кислоту и нитраты, анилиновые красители, нитросоединения, вязкозный шелк, целлулоид. Количество оксидов азота,

поступающих в атмосферу, составляет 20 млн.т. в год. Больше всего оксидов азота поступает в атмосферу от теплостанций (ТЭС), предприятий черной металлургии;

- соединения фтора. Источниками загрязнения являются предприятия по производству алюминия, эмалей, стекла, керамики, стали, фосфорных удобрений. Фторосодержащие вещества поступают в атмосферу в виде газообразных соединений - фтороводорода или пыли фторида натрия и кальция. Соединения характеризуются токсическим эффектом. Производные фтора являются сильными инсектицидами;
- соединения хлора. Поступают в атмосферу от химических предприятий, производящих соляную кислоту, хлоросодержащие пестициды, органические красители, гидролизный спирт, хлорную известь, соду. В атмосфере встречаются как примесь молекулы хлора и паров соляной кислоты. Токсичность хлора определяется видом соединений и их концентрацией. В металлургической промышленности при выплавке чугуна и при переработке его на сталь происходит выброс в атмосферу различных тяжелых металлов и ядовитых газов. Так, в расчете на 11 т передельного чугуна выделяется кроме 12,7 кг сернистого газа и 14,5 кг пылевых частиц, определяющих количество соединений мышьяка, фосфора, сурьмы, свинца, паров ртути и редких металлов, смолистых веществ и цианистого водорода.

Аэрозольное загрязнение атмосферы

Аэрозоли - это твердые или жидкие частицы, находящиеся во взвешенном состоянии в воздухе. Твердые компоненты аэрозолей в ряде случаев особенно опасны для организмов, а у людей вызывают специфические заболевания. В атмосфере аэрозольные загрязнения воспринимаются в виде дыма, тумана, мглы или дымки. Значительная часть аэрозолей образуется в атмосфере при взаимодействии твердых и жидких частиц между собой или с водяным паром. Средний размер аэрозольных частиц составляет 11-51 мкм. В атмосферу Земли ежегодно поступает около 11 куб. км пылевидных частиц искусственного происхождения. Большое количество пылевых частиц образуется также в ходе производственной деятельности людей. Све-

дения о некоторых источниках техногенной пыли приведены ниже:

Выбросы пыли при производственных процессах,
млн.т/год

1. Сжигание каменного угля	93,60
2. Выплавка чугуна	20,21
3. Выплавка меди (без очистки)	6,23
4. Выплавка цинка	0,18
5. Выплавка олова (без очистки)	0,004
6. Выплавка свинца	0,13
7. Производство цемента	53,37

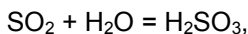
Основными источниками искусственных аэрозольных загрязнений воздуха являются ТЭС, которые потребляют уголь высокой зольности, обогатительные фабрики, металлургические, цементные, магнезитовые и сажевые заводы. Аэрозольные частицы от этих источников отличаются большим разнообразием химического состава. Чаще всего в их составе обнаруживаются соединения кремния, кальция и углерода, реже - оксиды металлов: железа, магния, марганца, цинка, меди, никеля, свинца, сурьмы, висмута, селена, мышьяка, бериллия, кадмия, хрома, кобальта, молибдена, а также асбест. Еще большее разнообразие свойственно органической пыли, включающей алифатические и ароматические углеводороды, соли кислот. Она образуется при сжигании остаточных нефтепродуктов, в процессе пиролиза на нефтеперерабатывающих, нефтехимических и других подобных предприятиях. Постоянными источниками аэрозольного загрязнения являются промышленные отвалы - искусственные насыпи из переотложенного материала, преимущественно вскрышных пород, образуемых при добыче полезных ископаемых или же из отходов предприятий перерабатывающей промышленности, ТЭС. Источником пыли и ядовитых газов служат массовые взрывные работы. Так, в результате одного среднего по массе взрыва (1250-300 тонн взрывчатых веществ) в атмосферу выбрасывается около 12 тыс. м³. условного оксида углерода и более 1150 т пыли. Производство цемента и других строительных материалов также является источником загрязнения атмосферы пылью. Основные технологические процессы этих производств - измельчение и химическая обработка шихт, полуфабрикатов и получаемых продуктов

в потоках горячих газов всегда сопровождается выбросами пыли и других вредных веществ в атмосферу. К атмосферным загрязнителям относятся углеводороды - насыщенные и ненасыщенные, включающие от 11 до 13 атомов углерода. Они подвергаются различным превращениям, окислению, полимеризации, взаимодействуя с другими атмосферными загрязнителями после возбуждения солнечной радиацией. В результате этих реакций образуются перекисные соединения, свободные радикалы, соединения углеводородов с оксидами азота и серы часто в виде аэрозольных частиц. При некоторых погодных условиях могут образовываться особо большие скопления вредных газообразных и аэрозольных примесей в приземном слое воздуха. Обычно это происходит в тех случаях, когда в слое воздуха непосредственно над источниками газопылевой эмиссии существует инверсия - расположения слоя более холодного воздуха под теплым, что препятствует воздушных масс и задерживает перенос примесей вверх. В результате вредные выбросы сосредоточиваются под слоем инверсии, содержание их у земли резко возрастает, что становится одной из причин образования ранее неизвестного в природе фотохимического тумана.

Фотохимический туман (смог)

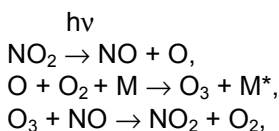
Фотохимический туман представляет собой многокомпонентную смесь газов и аэрозольных частиц первичного и вторичного происхождения. В состав основных компонентов смога входят озон, оксиды азота и серы, многочисленные органические соединения перекисной природы, называемые в совокупности фотооксидантами.

Так, попадающий в воздух SO_2 , взаимодействуя с водой по реакции:



образует мельчайшие капли H_2SO_3 , которые вместе с пылью создают в воздухе дисперсную систему, называемую часто лондонским смогом (еще недавно это был бич крупнейших промышленных городов). В последнее время основной угрозой для горожан становится так называемый фотохимический смог.

Фотохимический смог возникает в результате фотохимических реакций при определенных условиях: наличии в атмосфере высокой концентрации оксидов азота, углеводородов и других загрязнителей, интенсивной солнечной радиации и безветрия или очень слабого обмена воздуха в приземном слое при мощной и в течение не менее суток повышенной инверсии. Он образуется согласно схеме



(M* – газообразная молекула в возбужденном состоянии). Устойчивая безветренная погода, обычно сопровождающаяся инверсиями, необходима для создания высокой концентрации реагирующих веществ. Такие условия создаются чаще в июне-сентябре и реже зимой. При продолжительной ясной погоде солнечная радиация вызывает расщепление молекул диоксида азота с образованием оксида азота и атомарного кислорода. Атомарный кислород с молекулярным кислородом дают озон. Казалось бы, последний, окисляя оксид азота, должен снова превращаться в молекулярный кислород, а оксид азота - в диоксид. Но этого не происходит. Оксид азота вступает в реакции с олефинами выхлопных газов, которые при этом расщепляются по двойной связи и образуют осколки молекул и избыток озона. В результате продолжающейся диссоциации новые массы диоксида азота расщепляются и дают дополнительные количества озона. Возникает циклическая реакция, в итоге которой в атмосфере постепенно накапливается озон. Этот процесс в ночное время прекращается. В свою очередь озон вступает в реакцию с олефинами. В атмосфере концентрируются различные пероксиды, которые в сумме и образуют характерные для фотохимического тумана оксиданты. Последние являются источником так называемых свободных радикалов, отличающихся особой реакционной способностью. Такие смоги - нередкое явление над Лондоном, Парижем, Лос-Анджелесом, Нью-Йорком и другими городами Европы и Америки. По своему физиологическому воздействию на организм человека они крайне опасны для дыхательной и кровеносной системы и часто бывают причиной преждевременной смерти городских жителей с ослабленным здоровьем.

Загрязнение атмосферы подвижными источниками выбросов

В последние десятилетия в связи с быстрым развитием автотранспорта и авиации существенно увеличилась доля выбросов, поступающих в атмосферу от подвижных источников: грузовых и легковых автомобилей, тракторов, тепловозов и самолетов. Согласно оценкам, в городах на долю автотранспорта приходится (в зависимости от развития в данном городе промышленности и числа автомобилей) от 30 до 70 % общей массы выбросов. В США в целом по стране по крайней мере 40 % общей массы пяти основных загрязняющих веществ составляют выбросы подвижных источников.

Автотранспорт

Основной вклад в загрязнение атмосферы вносят автомобили, работающие на бензине (в США на их долю приходится около 75%), затем самолеты (примерно 5%), автомобили с дизельными двигателями (около 4%), тракторы и другие сельскохозяйственные машины (около 4%), железнодорожный и водный транспорт (примерно 2%). К основным загрязняющим атмосферу веществам, которые выбрасывают подвижные источники (общее число таких веществ превышает 40), относятся оксид углерода (в США его доля в общей массе составляет около 70%), углеводороды (примерно 19%) и оксиды азота (около 9%). Оксид углерода (CO) и оксиды азота (NO_x) поступают в атмосферу только с выхлопными газами, тогда как не полностью сгоревшие углеводороды (H_nC_m) поступают как вместе с выхлопными газами (что составляет примерно 60 % от общей массы выбрасываемых углеводородов), так и из картера (около 20 %), топливного бака (около 10 %) и карбюратора (примерно 10 %); твердые примеси поступают в основном с выхлопными газами (90 %) и из картера (10 %).

Наибольшее количество загрязняющих веществ выбрасывается при разгоне автомобиля, особенно при быстром, а также при движении с малой скоростью (из диапазона наиболее экономичных). Относительная доля (от общей массы выбросов) угле-

водородов и оксида углерода наиболее высока при торможении и на холостом ходу, доля оксидов азота - при разгоне. Из этих данных следует, что автомобили особенно сильно загрязняют воздушную среду при частых остановках и при движении с малой скоростью.

Создаваемые в городах системы движения в режиме "зеленой волны", существенно сокращающие число остановок транспорта на перекрестках, призваны сократить загрязнение атмосферного воздуха в городах. Большое влияние на качество и количество выбросов примесей оказывает режим работы двигателя, в частности соотношение между массами топлива и воздуха, момент зажигания, качество топлива, отношение поверхности камеры сгорания к ее объему и др. При увеличении отношения массы воздуха и топлива, поступающих в камеру сгорания, сокращаются выбросы оксида углерода и углеводородов, но возрастает выброс оксидов азота.

Несмотря на то, что дизельные двигатели более экономичны, таких веществ, как CO , H_nC_m , NO_x , выбрасывают не более, чем бензиновые, они существенно больше выбрасывают дыма (преимущественно несгоревшего углерода), который к тому же обладает неприятным запахом, создаваемым некоторыми несгоревшими углеводородами). В сочетании же с создаваемым шумом, дизельные двигатели не только сильнее загрязняют среду, но и воздействуют на здоровье человека гораздо в большей степени, чем бензиновые.

Самолеты

Хотя суммарный выброс загрязняющих веществ двигателями самолетов сравнительно невелик (для города, страны), в районе аэропорта эти выбросы вносят определяющий вклад в загрязнение среды. К тому же турбореактивные двигатели (так же как дизельные) при посадке и взлете выбрасывают хорошо заметный на глаз шлейф дыма. Значительное количество примесей в аэропорту выбрасывают и наземные передвижные средства, подъезжающие и отъезжающие автомобили.

В аэропорту Лос-Анджелеса в 1970 г эмиссия от самолетов и наземных средств составила (табл. 7.3):

Таблица 7.3

Эмиссия загрязняющих веществ
в аэропорту г. Лос-Анжелес

Транспорт	Вещество, т			
	СО	H _n C _m	NO _x	Аэрозоль
Самолеты	10250	18000	2500	3820
Наземные сред-ства	8980	1235	750	80

Согласно полученным оценкам, в среднем около 42 % общего расхода топлива тратится на выруливание самолета к взлетно-посадочной полосе перед взлетом и на заруливание с ВПП после посадки (по времени в среднем около 22 мин). При этом доля несгоревшего и выброшенного в атмосферу топлива при рулении намного больше, чем в полете. Помимо улучшения работы двигателей (распыление топлива, обогащение смеси в зоне горения, использование присадок к топливу, впрыск воды и др.), существенного уменьшения выбросов можно добиться путем сокращения времени работы двигателей на земле и числа работающих двигателей при рулении (только за счет последнего достигается снижение выбросов в 3 - 8 раз).

В последние 10 - 15 лет большое внимание уделяется исследованию тех эффектов, которые могут возникнуть в связи с полетами сверхзвуковых самолетов и космических кораблей. Эти полеты сопровождаются загрязнением стратосферы оксидами азота и серной кислотой (сверхзвуковые самолеты), а также частицами оксида алюминия (транспортные космические корабли). Поскольку эти загрязняющие вещества разрушают озон, то первоначально создалось мнение (подкрепленное соответствующими модельными расчетами), что планируемый рост числа полетов сверхзвуковых самолетов и транспортных космических кораблей приведет к существенному уменьшению содержания озона со всеми последующими губительными воздействиями ультрафиолетовой радиации на биосферу Земли. Однако более глубокий подход к этой проблеме позволил сделать заключение о слабом влиянии выбросов сверхзвуковых самолетов на состояние стратосферы. Так, при современном числе сверхзвуковых самолетов и выбросе загрязняющих веществ на высоте около 16 км относительное уменьшение содержания O₃ может составить примерно 0.60%; если их число возрастет до 200 и

высота полета будет близка к 20 км, то относительное уменьшение содержания O_3 может подняться до 17%. Глобальная приземная температура воздуха за счет парникового эффекта, создаваемого выбросами сверхзвуковых самолетов может повысится не более чем на $0,1^\circ C$.

Более сильное воздействие на озоновый слой и глобальную температуру воздуха могут оказать хлорфторметаны фреон-11 и фреон-12 – газы, образующиеся в частности, при испарении аэрозольных препаратов, которые используются в качестве компонентов для дезодорантов. Поскольку ХФМ достаточно инертны, то они распространяются и долго живут не только в тропосфере, но и в стратосфере. Обладая довольно сильными полосами поглощения в окне прозрачности атмосферы (8-12 мкм), фреоны усиливают парниковый эффект. Наметившееся в последние десятилетия темпы роста производства фреонов могут привести к увеличению содержания фреона-11 и фреона-12 в 2030 г. до 0,8 и 2,3 млрд. т (при современных значениях 0,1 и 0,2 млрд. т). Под влиянием такого количества фреонов общее содержание озона в атмосфере уменьшится на 18%, а в нижней стратосфере даже на 40%; глобальная приземная температура возрастет на $0,12-0,21^\circ C$.

В заключение можно отметить, что все эти антропогенные эффекты пока еще перекрываются в глобальном масштабе естественными факторами, например, загрязнением атмосферы вулканическими извержениями.

Контроль выброса в атмосферу загрязняющих веществ (ПДК)

Приоритет в области разработки предельно допустимых концентраций в воздухе принадлежит СССР. Предельно допустимые концентрации (ПДК) – такие концентрации, которые не оказывают на человека и его потомство прямого или косвенного воздействия, не ухудшают их работоспособности, самочувствия, а также санитарно-бытовых условий жизни людей.

Обобщение всей информации по ПДК, получаемой всеми ведомствами, осуществляется в Главной Геофизической Обсерватории. Чтобы по результатам наблюдений определить значения воздуха, измеренные значения концентраций сравнивают с максимальной разовой предельно допустимой концен-

трацией и определяют число случаев, когда были превышены ПДК, а также во сколько раз наибольшее значение было выше ПДК. Среднее значение концентрации за месяц или за год сравнивается с ПДК длительного действия - среднеустойчивой ПДК. Состояние загрязнения воздуха несколькими веществами, наблюдаемые в атмосфере города, оценивается с помощью комплексного показателя - индекса загрязнения атмосферы (ИЗА). Для этого нормированные на соответствующее значения ПДК и средние концентрации различных веществ с помощью несложных расчетов приводят к величине концентраций сернистого ангидрида, а затем суммируют. Максимальные разовые концентрации основных загрязняющих веществ были наибольшими в Норильске (оксиды азота и серы), Фрунзе (пыль), Омске (угарный газ). Степень загрязнения воздуха основными загрязняющими веществами находится в прямой зависимости от промышленного развития города. Наибольшие максимальные концентрации характерны для городов с численностью населения более 500 тыс. жителей. Загрязнение воздуха специфическими веществами зависит от вида промышленности, развитой в городе. Если в крупном городе размещены предприятия нескольких отраслей промышленности, то создается очень высокий уровень загрязнения воздуха, однако проблема снижения выбросов многих специфических веществ до сих пор остается нерешенной.

Многие вещества, такие как SO_2 , оксиды азота и другие, обычно присутствуют в атмосфере в низких (фоновых) концентрациях, не представляющих опасности для человека. Они образуются в результате природных процессов и из антропогенных источников. К загрязнителям воздуха следует отнести вещества в высоких, по сравнению с фоновыми, концентрациях, которые возникают в результате химических или биологических процессов и которые могут оказывать неблагоприятное воздействие на человека и окружающую среду. Приведем обобщенные данные по выбросу некоторых веществ в атмосферу от антропогенных источников (млн т/год): CO – 280...310; оксиды серы (в пересчете на серу) – 60...100; NO_x – 40...50; углеводороды (C_nH_m) – 80...90; взвешенные твердые частицы – 70...80.

Дымовые газы ТЭС загрязняют атмосферу и другими вредными веществами. Так, ТЭС мощностью 1 млн кВт, потребляя за сутки около 1000 т угля, выбрасывает в окружающую среду до 1 кг ртути. На 1 т черновой меди, получаемой в медеплавильной

промышленности, приходится около 2 т пыли, в которой содержится до 15% меди, до 60% оксида железа и примерно до 4% мышьяка, ртути, цинка, свинца.

Рассеивание некоторых элементов в атмосфере наносит вред и другим производствам. В Англии, например, была забракована целая партия готовых полупроводниковых приборов из-за попадания в них кадмия из загрязненного воздуха, источником которого служила котельная соседнего завода. В точнейших приборах, выпускаемых американской промышленностью (лазеры, магнитные системы, интегральные схемы), от 50 до 70% неполадок происходит из-за различных видов загрязнителей, в том числе микроэлементов, попадающих в изделия при их изготовлении.

Жители крупных городов уже столкнулись с проблемой загрязнения воздуха. Зарегистрировано много случаев, когда, попадая в районы с интенсивным автомобильным движением, они теряли сознание в результате отравления СО. Из-за сильного загрязнения воздуха центральные районы некоторых крупнейших городов мира стали малопригодными для проживания. Многие индустриальные районы окружены техногенной атмосферой. В промышленный район Рура попадает около 50% всей пыли, поступающей в воздух в ФРГ. Типичные загрязнители больших городов на Западе следующие (в % по отношению к примесям): СО – 48,5; NO_x – 15,0; углеводороды (C_nH_m) – 8,0; SO₂ – 14,9; твердые частицы – 13,7, причем основными источниками этих загрязнений, по данным Национального управления США, являются транспорт (44%), отопление (20%), промышленность (14%), сжигание мусора (5%). Как видно, значительную долю загрязнений в городах дает транспорт. Приведем для сравнения следующие цифры: при сжигании 1 т кустарника в атмосферу попадает около 2 кг углеводородов общей формулы C_nH_{4m}, тогда как при сгорании 1 т автомобильного топлива – около 60 кг.

В связи с ростом населения и объема производства, развитием энергетики увеличиваются тепловые выбросы в атмосферу. В особенности они ощутимы в крупных городах и промышленных центрах (тепловые шапки над городом, более высокие температуры в центральных районах города). Повышенные загрязнения воздушного бассейна над крупными городами вызывают даже увеличение среднего количества осадков, особенно в середине недели, когда загрязнений больше.

Часть озона и кислорода реагирует с углеводородами, содержащимися в воздухе, по свободнорадикальному механизму, образуя различные органические соединения, такие как кетоны, альдегиды, пероксиды. Эти вещества оказывают раздражающее действие на человеческий организм.

Проблема чистого воздуха – наиболее важная задача настоящего времени, так как загрязнение атмосферы трудно локализовать, поскольку перемещение воздушных масс не подвластно человеку. Уже сейчас ряду стран, таким как США, Япония, ФРГ, не хватает «собственного» кислорода, и его недостаток компенсируется за счет кислорода соседних стран.

Хотя в США насчитывается лишь 4% жителей планеты, на их долю приходится 25% выбросов углекислого газа, а потребление энергии на душу населения уже много лет неизмеримо выше, чем в развивающихся странах. Также использует чужие возможности для своих газовых отходов Германия. Имея лишь 0,3% лесов Земли и 1% мирового населения, Германия выделяет в атмосферу 4% окиси углерода промышленностью. По мнению стран Юга, именно те, кто больше других повинен в неблагоприятных изменениях мирового климата (то есть в загрязнении воздуха и "парниковом эффекте"), должны жестче ограничить себя.

Однако в самом мощном государстве Севера (США) отвергают подобную логику. Его Конгресс единогласно выступил против подписания любого соглашения, которое сковало бы развитие американской энергетики, давая поблажки развивающимся странам в области ограничения выбросов углекислоты в атмосферу. "В США хотят во что бы то ни стало сохранить свое экономическое превосходство и свой образ жизни – даже за счет интересов мирового сообщества", - говорит Тони Джунипер, руководитель международного природозащитного движения "Друзья Земли".

Различный подход к экологическим проблемам, и особенно связанным с ним обязательствам, выявился на встрече "большой восьмерки" в Денвере и на последовавшей за ней специальной сессии Генеральной Ассамблеи ООН в Нью-Йорке. В результате ожесточенных споров, из-за которых специальная сессия закрылась на целые сутки позже намеченного срока, была принята расплывчатая резолюция, ратующая за "значительное" сокращение выбросов углекислоты. А вот упоминание о 2010 г. исчезло вовсе. Резолюция сената США, приуроченная к

боннской встрече, показала, что Вашингтон не только не намерен идти дальше договоренностей в Рио-де-Жанейро, но по существу отказывается от них.

Продажа квот на выбросы парниковых газов. У России появилась уникальная возможность продавать воздух. Японское правительство всерьез рассматривает возможность выкупа у России неиспользованной части квоты на выбросы в атмосферу "парниковых газов", установленной конференцией ООН по проблемам глобального потепления. На прошедшей в конце 1997 года в Японии международной конференции ООН по глобальному потеплению впервые были четко определены обязательства государства по сокращению выбросов в атмосферу так называемых парниковых газов. В соответствии с протоколом, конференции Япония должна сократить эти выбросы на 6% по сравнению с уровнем 1990 года. Каждый процент снижения выбросов - это огромные затраты для государства, связанные с сокращением промышленного производства и переходом к более совершенным технологиям. Единственный выход правительство Японии видит теперь в приобретении квот, недоиспользованных другими странами. Например, у России, которая в результате спада промышленного производства оказалась в более выгодном положении и даже располагает некоторым резервом на право загрязнять планету. Для России эта сделка стала бы очень выгодной: во-первых, японцы подскажут, как усовершенствовать российские технологии и снизить выброс газов, а во-вторых, еще и заплатят нам за излишек квоты. Но можно быть уверенным, что в сложившейся экономической ситуации финансовые поступления по этим каналам вряд ли пойдут на природоохранные нужды.

Кроме химических загрязнений большое влияние на самочувствие человека оказывает специфический вид загрязнения атмосферы – шумы.

Шумы

Шумы относятся к числу вредных для человека загрязнений атмосферы. Раздражающее воздействие звука (шума) на человека зависит от его интенсивности, спектрального состава и продолжительности воздействия. Шумы со сплошными спектрами менее раздражительны, чем шумы узкого интервала частот.

Наибольшее раздражение вызывает шум в диапазоне частот 3000-5000 Гц.

Работа в условиях повышенного шума на первых порах вызывает быструю утомляемость, обостряет слух на высоких частотах. Затем человек как бы привыкает к шуму, чувствительность к высоким частотам резко падает, начинается ухудшение слуха, которое постепенно развивается в тугоухость и глухоту. При интенсивности шума 145-140 дБ возникают вибрации в мягких тканях носа и горла, а также в костях черепа и зубах; если интенсивность превышает 140 дБ, то начинает вибрировать грудная клетка, мышцы рук и ног, появляются боль в ушах и голове, крайняя усталость и раздражительность; при уровне шума свыше 160 дБ может произойти разрыв барабанных перепонки.

Однако шум губительно действует не только на слуховой аппарат, но и на центральную нервную систему человека, работу сердца, служит причиной многих других заболеваний. Одним из наиболее мощных источников шума являются вертолеты и самолеты, особенно сверхзвуковые.

При тех высоких требованиях к точности и надежности управления современным самолетом, которые предъявляются к экипажу летательного аппарата, повышенные уровни шумов оказывают отрицательное воздействие на работоспособность и быстроту принятия информации экипажем. Шумы, создаваемые самолетами, вызывают ухудшение слуха и другие болезненные явления у работников наземных служб аэропортов, а также у жителей населенных пунктов, над которыми пролетают самолеты. Отрицательное воздействие на людей зависит не только от уровня максимального шума, создаваемого самолетом при полете, но и от продолжительности действия, общего числа пролетов за сутки и фонового уровня шумов. На интенсивность шума и площадь распространения существенное влияние оказывают метеорологические условия: скорость ветра, распределение температуры воздуха по высоте, облака и осадки.

Особенно острый характер проблема шума приобрела в связи с эксплуатацией сверхзвуковых самолетов. С ними связаны шумы, звуковой удар и вибрация жилищ вблизи аэропортов. Современные сверхзвуковые самолеты порождают шумы, интенсивность которых значительно превышает предельно допустимые нормы.

Парниковый эффект

Парниковый эффект обусловлен различной прозрачностью атмосферы в разных диапазонах излучения: большей — в коротковолновом, меньшей — в длинноволновом (инфракрасном). Уменьшение прозрачности в инфракрасном диапазоне обусловлено наличием в атмосфере «парниковых газов», т. е. компонентов и примесей. Парниковыми компонентами и примесями являются водяной пар, диоксид углерода, метан, диоксид азота, хлорфторуглеводороды (фреоны), различные аэрозоли. Эффект, вызванный совокупным действием парниковых газов, значителен: при отсутствии парникового эффекта средняя температура Земли оказалась бы на 33° ниже, чем сейчас, т. е. составляла бы около -18°C .

В процессе эволюции Земли ее климат, ландшафт, а в дальнейшем хозяйственная деятельность и привычки человека приспособились к такому термодинамическому состоянию, которое отвечает многолетнему (вековому) значению парникового эффекта. Однако в настоящее время происходят процессы, дестабилизирующие энергетический баланс Земли за счет нарушения парникового эффекта, который имеет общую тенденцию возрастания. Основным фактором таких изменений в «климатической машине» Земли является увеличение концентрации CO_2 в атмосфере. Степень поглощения теплоты углекислым газом известна уже около 100 лет, начиная с классической работы С. А. Аррениуса. Точные измерения содержания CO_2 в атмосфере Земли проводятся с 1958 г. За 40-летний период концентрация CO_2 в атмосфере возросла с $315 \cdot 10^{-6}$ до $354 \cdot 10^{-6}$ долей массы. Такое увеличение составляет половину вклада, который обусловлен сжиганием органического топлива. Вторая половина этого вклада изъята из атмосферы различными процессами, что подтверждает реальность механизма саморегулирования содержания CO_2 карбонатной системы «атмосфера - океан - донные осадки». Кроме того, содержание других парниковых газов возросло таким образом, что их совокупное влияние приравнивается к повышению концентрации CO_2 еще на 50-100%.

Суммарное потепление вследствие увеличения содержания этих газов составляет $0,04^\circ\text{C}$ за каждые 10 лет или $0,2^\circ\text{C}$ за период измерений. Такое потепление не соответствует по ве-

личине парниковому эффекту из-за термической инерции океана.

Прямые свидетельства, указывающие на связь во время оледенений между содержанием в атмосфере парниковых газов и климатом, можно «извлечь» из пузырьков воздуха, включенных в антарктический лед, который образовался в древние эпохи в результате спрессовывания падающего снега. В пространствах между снежными кристалликами консервировалась воздушная среда того времени. Такие образования были исследованы на станциях Восток, Бэрд и др. по ледниковому керну скважин на глубину почти 3 км учеными разных стран. Верхние 2 км сформировались в течение последнего ледникового и предшествующего межледниковья, последние 350–370 м льда — в голоцене, за 10 тыс. лет. Лабораторный анализ газов, имеющих возраст до 160 тыс. лет, показал, что в древней атмосфере концентрации диоксида углерода и метана менялись согласованно и «в такт» с изменениями средней локальной температуры, которая характеризуется соотношением изотопов водорода в молекулах воды. На этом основании, в частности, установлено, что во время после последнего ледникового периода, продолжающегося уже 10 тыс. лет, и в предшествующую последнему оледенению эпоху межледниковья (т. е. 130 тыс. лет назад) средняя температура в рассматриваемой части Антарктиды была на 10° С выше, чем в ледниковую эпоху, а на Земле в целом указанные контрастные климатические периоды различались по температуре на 5° С. Обратите внимание, как мало в общем надо, чтобы межледниковье сменилось оледенением. В эти же периоды межледниковий содержание в атмосфере CO₂ было на 25% больше, а метана — на 100% больше, чем в ледниковую эпоху. Причем неясно, что было причиной, а что следствием. Ведь уменьшение оледенения влияет, например, на биогеохимические циклы, так как увеличивается масса живых организмов и ускоряется разложение органического вещества; в то же время эти процессы, воздействуя на газовый состав воздуха и, следовательно, на парниковый эффект, способны через него влиять на глобальный климат и оледенение. Добавим и еще два обстоятельства: зависимость между оледенением и тектонической деятельностью из-за перераспределения масс вещества земной коры (гляциоизостазия); изменение площади океанов и (вследствие температурных различий) биологической активности организмов Мирового океана.

Еще более подробные сведения о содержании парниковых газов и изменениях климата имеются для последних 100 лет, в течение которых (это установлено точно) концентрация CO_2 в атмосфере повысилась на 25%, а метана — на 100%.

Какой же характер может принять изменение температуры в ближайшем будущем? Чтобы дать такой прогноз, необходимо ответить, как минимум, на три вопроса:

1. Какое количество CO_2 и других парниковых газов будет выброшено в атмосферу?

2. Насколько при этом возрастут их концентрации в атмосфере (учитывая, что они зависят и от прихода, и от расхода)?

3. Какой климатический эффект это изменение вызовет, какие другие механизмы саморегуляции включатся в дело?

Существует несколько вариантов ответов, но ни один не подтвержден экспериментально.

Основным источником поступления CO_2 в географическую оболочку является вулканизм: из недр в течение года в нее поступает 1 млрд. т CO_2 . Эволюционно (в масштабе всей истории Земли) этот источник CO_2 является единственным, так как во всех других случаях имеет место обращение (круговорот) CO_2 .

В ходе планетарного развития содержание CO_2 уменьшалось. Например, на протяжении фанерозоя его количество в атмосфере снизилось в 10 раз. Однако на протяжении последних десятилетий происходит обратный процесс: наблюдается заметное (на 3-4 млрд. т в год) увеличение прихода CO_2 по сравнению с расходом.

Таблица 7.4
Баланс CO_2 в географической оболочке

Оборот CO_2	Приход (+), расход (-), млрд т
Фотосинтез на суше	-110
Дыхание организмов суши	+45
Разложение органического вещества	+54 -+55
Сжигание остатков (сведение лесов)	+1-2
Сжигание топлива	+5
Поглощение океаном	-93
Выделение океаном	+90

Из табл. 7.4 видно, что положительное сальдо баланса равно почти половине количества CO_2 , выделяемого в результате сжигания топлива и различного рода остатков (на лесосеках, в подсеčno-огневом земледелии в слаборазвитых странах мира, для уничтожения пожнивных остатков и мусора).

В заключение следует заметить, что выводы, сделанные в 1995 г. межправительственной группой экспертов по проблеме климата, *не подтверждают прямой связи между увеличением содержания парниковых газов и «глобальным потеплением»*. Потепление наблюдается не везде. «Отсутствие анализа социально-экономических корней тех изменений окружающей среды и биосферы, которые породили рост концентрации парниковых газов в атмосфере и интенсификацию парникового эффекта», а также «рассмотрение проблем изменения климата в отрыве от глобальных изменений природной среды в целом и игнорирование социально-экономических факторов» привели к гипертрофированному преувеличению роли концентрации парниковых газов, считает известный специалист по проблеме окружающей среды К. Я. Кондратьев.

Такие выводы свидетельствуют о том, что при рассмотрении проблемы возрастания содержания парниковых газов и их возможной роли в окружающем мире возможны нестандартные решения в определении причин и следствий.

Примером подобных решений могут служить результаты исследований парникового эффекта группой под руководством А. Л. Яшина. Их заключение сводится к тому, что данные по приземной температуре воздуха свидетельствуют о дискретном потеплении климата (в общем это противоречит сложившимся представлениям о зависимости потепления от непрерывно возрастающей концентрации диоксида углерода и других парниковых газов). Более того, в разных географических зонах эффект потепления выражен неодинаково, причем в экваториальной зоне он практически отсутствует. Рассматривая возможные последствия потепления климата, в том числе очевидную неизбежность повышения уровня Мирового океана, исследователи утверждают, что отрицательные последствия парникового эффекта сильно преувеличены, а некоторые положительные не раскрыты. Так, оценивая влияние повышенных концентраций диоксида углерода на фотосинтез и продуктивность различных культурных растений, они отмечают, что возрастание концентрации CO_2 в атмосфере, увеличение влажности и температуры в

целом благоприятно скажутся на фотосинтезе и биопродуктивности, в то же время снижение солнечной радиации вследствие увеличения облачности может отрицательно повлиять на них. Большое значение имеет указание о том, что скорость адаптивных реакций растительного покрова Земли должна ограничить скорость антропогенных воздействий на климат. В этой связи, подчеркивают исследователи, «для хозяйственной деятельности в России очень важно получить более точные представления о всех изменениях физико-географических параметров, которые произойдут на ее территории при разных величинах потепления». В частности, они предлагают проанализировать время голоценового климатического оптимума (5-8 тыс. лет назад), когда температура была на 1-2 °С выше современной, и последнего (микулинского) межледникового, когда температура была на 2-3 °С выше настоящей. Первая интересна как наиболее близкая нам по времени, а вторая — как весьма продолжительная в период более сильного потепления, с более резкими изменениями всей природной среды Земли.

Загрязнение гидросферы

В последние годы существенно обострились проблемы, связанные с загрязнением воды. Чистая вода становится поистине дефицитнейшим веществом. Внимание всех стран мира к вопросам охраны гидросферы подтверждается и тем фактом, что по инициативе ООН десятилетие 1981–1990 г. было объявлено десятилетием питьевой воды. Ученые считают, что к 2000 г. потребление пресной воды на Земле увеличится в пять раз. К этому следует добавить, что для обеспечения нормального существования, человек должен вводить воды в организм примерно в 2 раза больше по массе, чем питательных веществ.

На поверхности суши ежегодно выпадает примерно 120000 км³ пресной воды в виде дождя, снега, града. Из этого количества 32000 км³ воды попадает в ручьи, реки, моря и океаны, а большая часть оставшейся воды частично испаряется, часть ее остается в растительном и животном мире, другая часть пополняет подземные запасы вод. По расчетам специалистов, в составе мантии Земли воды содержится в 10–12 раз больше, чем в Мировом океане.

В атмосфере находится примерно 0,0005% общего запаса свободной воды, причем 86% ее поступает за счет испарений с поверхности океанов и морей, 14% – с поверхности суши. Казалось бы, воды на Земле достаточно, однако запасы пресной воды распределены на ней далеко не равномерно, причем многие резервуары ее уже сейчас сильно загрязнены. Ряд стран в настоящее время подходит к исчерпанию своих водных запасов.

Главной причиной истощения водных ресурсов является сброс неочищенных промышленных и сельскохозяйственных стоков в общие источники и резервуары с чистой водой. По расчетам в 2000 г. потребление воды в мире на промышленные и бытовые нужды составило 23400 км³/год, что привело к такому же увеличению объема поступающих в океан загрязненных вод.

Загрязнение воды представляет собой целый комплекс проблем. Одна из них – загрязнение даже очень малыми количествами токсичных веществ. Особую опасность в этом плане представляют соединения свинца, используемые, в частности, как присадки к бензину, соединения ртути, оказывающие чрезвычайно сильное разрушительное действие на живые организмы. Для разложения некоторых веществ, попавших в воду, требуется кислород, что приводит к уменьшению его содержания в воде. Например, для полного окисления 1 г углерода необходимо 2,67 г кислорода, т.е. весь кислород, содержащийся в 300 л воды при 20 °С. На полное окисление 1 л нефти требуется столько кислорода, сколько его содержится в 400000 л воды. Чтобы полностью обезвредить все нефтяные загрязнения, попадающие за год в океан, потребуется примерно $7 \cdot 10^9$ м³ чистой морской воды.

Совершенно ясно, что сброс неочищенных или плохо очищенных сточных вод в различные водоемы только из-за нехватки кислорода может привести к исчезновению всякой жизни в воде. Некоторые районы Рейна стали мертвыми, т.е. загрязнены настолько, что в них отсутствует необходимое количество кислорода для размножения и развития бактерий, участвующих в разложении различного рода загрязнителей. Воды этой реки ежегодно несут в море более 24 млн т вредных отходов промышленных предприятий, минеральных солей, нефтяных продуктов, так как до впадения в Северное море воды реки используются примерно 30 раз. Ежегодно с промышленными стоками в Рейн попадает 3150 т хрома, 1520 т меди, 12300 т цинка, 70 т ртути, 350 т мышьяка. Каждый час в реки поступает 1250 т хлоридов (что эквивалентно 62 вагонам с солью). Загрязнению подверга-

ются не только реки, но и озера, моря и океаны. В США 20 млн т отходов, содержащих различные химические вещества, ежегодно сбрасываются в озеро Верхнее, озеро Эри превратилось в отстойник сточных вод. По ориентировочным данным, в настоящее время масштабы нефтяных загрязнений океана составляют 10–25% его площади (следует иметь в виду, что 1 т нефти загрязняет 6 км² площади моря).

По источникам загрязнения сточные воды можно разделить на промышленные и бытовые. Количество бытовых вод составляет примерно 200 л/сут на человека. Они почти полностью разрушаются биологически, так как все примеси, содержащиеся в воде, имеют органическую природу.

Но не все промышленные сточные воды разрушаются биологическим путем. Большинство из этих отходов являются ядами для микроорганизмов, разлагающих непромышленные отходы, поэтому обработку промышленных и бытовых стоков целесообразно проводить раздельно. Количество кислорода (в млн⁻¹⁰), необходимое для окисления содержащихся в воде биологически разлагающихся веществ, называется биохимической потребностью в кислороде (БПК). Чем меньше БПК, тем более чистой является вода. Так, для воды горных ручьев БПК < 1 млн⁻¹⁰, БПК питьевой воды меньше 5 млн⁻¹⁰, канализационной – 100–500 млн⁻¹⁰. Для оценки качества воды используется еще одна характеристика – химическая потребность в кислороде (ХПК). Это то количество кислорода, которое необходимо для разложения всех веществ органического происхождения, содержащихся в воде.

Состав сточных вод разнообразен. Основные компоненты непромышленных сточных вод следующие (в млн⁻¹⁰): жиры – 140; белки – 42; углеводы – 34; детергенты (синтетические моющие средства) – 5,6; аминокислоты – 1,7; амиды – 2,7; растворимые кислоты – 12,6.

Если количество сточных вод и содержание в них примесей невелико, то для их очистки достаточно естественных процессов седиментации и бактериального окисления. Важной проблемой является удаление из сточных вод основной массы азотных и фосфорных удобрений, которые, попадая с водой в водоемы, вызывают рост водорослей. Кроме того, нитраты отличаются высокой токсичностью.

Аммиак из сточных вод удаляется аэрацией – пропусканием воздуха через воду в специальных башнях, при этом удаётся из-

влечь до 92% аммиака. Для очистки от нитратов применяют коагуляцию соединениями железа и известью с последующей фильтрацией выделяющихся осадков либо адсорбцию ионообменными смолами.

Сильно загрязняются водоемы излишним употреблением удобрений в сельском хозяйстве. Количество удобрений, вносимых в почву, непрерывно растет, в то время как эффективность их действия уменьшается. Значительная часть удобрений не усваивается растениями, смывается дождями, талыми водами, сбегает в реки, водохранилища. В последних на обильном питании бурно развиваются водоросли, особенно сине-зеленые. При их разложении выделяется большое количество сероводорода, отравляющего водоемы. Большую тревогу вызывает загрязнение водоемов пестицидами – химическими веществами, используемыми для борьбы с вредителями сельского хозяйства.

Нельзя не отметить также, что в последние годы существенно понизился pH осадков во всем мире. Так, pH дождей в районе Больших Озер (США) изменился от 5,6 в 1955 г. до 4,6 в 1979 г. Повышенная кислотность водоемов отрицательно влияет на их растительность и животный мир, при pH 3,0...3,5 водная среда становится губельной для всех рыб и почти для всех растений.

Большое значение для человечества имеет потепление климата, которое наблюдается сегодня.

Реакция Мирового океана на потепление

В функционирующей системе «океан — атмосфера» изменение одной составляющей требует адекватной реакции другой. К настоящему времени опубликован целый ряд вариантов изменения уровня Мирового океана и связанных с этим явлений из-за глобального потепления. Варианты изменений называются сценариями. Согласно наиболее осторожным из них, уровень моря к 2100-му году поднимется на 56,3 см. По максимальному сценарию эта величина составит 345 см. Скорее всего, подъема уровня Мирового океана в таких пределах не будет.

Из теоретической схемы, объясняющей взаимодействие факторов, которые определяют подъем уровня океана, следует, что первотолчком процесса является повышение температуры земной поверхности вследствие парникового эффекта. Это потепление, если оно охватит воды Мирового океана, приведет к

расширению воды и повышению ее уровня на 25 см на каждый градус потепления воды. Вторым эффектом является увеличение испарения воды, вследствие чего при незначительном понижении температуры деятельной поверхности произойдет усиление парникового эффекта. Подъем глобальной температуры практически сразу отразится на температуре деятельного слоя океана, получающего энергию непосредственно от Солнца, но окажется незаметным для более глубоких слоев. Считается, что с потеплением произойдет ослабление океанической циркуляции (которая, как мы уже отмечали, зависит от разности температур «нагревателя» и «холодильника» системы), а в связи с этим — перестройка поверхностной и глубинной циркуляции вод.

Влияние снежного и ледового покрова на уровень океана

Количество воды, содержащейся в виде снега и льда на суше, изменится при повышении глобальных температур. Наибольшие массы снега и льда, как известно, сосредоточены в Антарктиде и Гренландии. Из-за того, что повышение температуры приполярных районов, судя по существующим моделям климата, будет большим, чем среднепланетарное, прямое влияние потепления на усиление таяния и испарения будет значительным. Косвенно потепление скажется в разрушении материкового и морского оледенения. Однако общее влияние этих процессов на оледенение Земли может сгладиться из-за возрастания количества осадков в виде снега в полярных районах за счет общего увлажнения климата.

Предварительные результаты экспериментов с использованием модели циркуляции атмосферы показали, что при удвоении содержания CO_2 в атмосфере величина таяния может составить от 10,5 до 16,5 мм слоя воды в год при условии установления термического равновесия. Распад материковых льдов Антарктиды довольно-таки вероятен по той причине, что их подошва в западных и восточных районах находится ниже уровня океана, т. е. в неустойчивом состоянии.

Имеются свидетельства того, что оледенение западной Антарктиды полностью исчезало в периоды глобальных потеплений недавнего геологического прошлого. Например, 120 тыс. лет назад уровень моря был на 5-6 м выше современного. К со-

жалению, скорость дегляциации изучена недостаточно для того, чтобы количественно оценить возможные эффекты. По некоторым данным, полный распад ледника западной Антарктиды может произойти за 200-500 лет, однако режим этого процесса не установлен.

Величина подъема уровня океана за столетие считается равной 10-15 см, причем 5 см составляет эффект от термического расширения воды вследствие повышения температуры.

В табл. 7.5 приведены расчетные величины возможного подъема уровня моря в будущем через 25-летние промежутки в соответствии с различными сценариями этого процесса. Для сравнения в таблицу включены данные, основанные на экстраполяции в будущее тех изменений положения уровня океана, которые установлены по наблюдениям в прошлом.

Таблица 7.5

Оценка подъема уровня моря (см) в 2000-2100 гг.
по разным сценариям

Год	Базовый сценарий	Средний сценарий		Максимальный	Историческая
		умеренный	умеренно-сильный		
2000	4,8	8,8	13,2	17,1	2-3
2025	13,0	26,1	39,3	54,9	4,5-8,25
2050	23,0	52,3	78,6	116,7	7-12
2075	38,0	91,2	136,8	212,7	9,5-15,5
2100	56,2	144,4	216,6	345,0	12-18

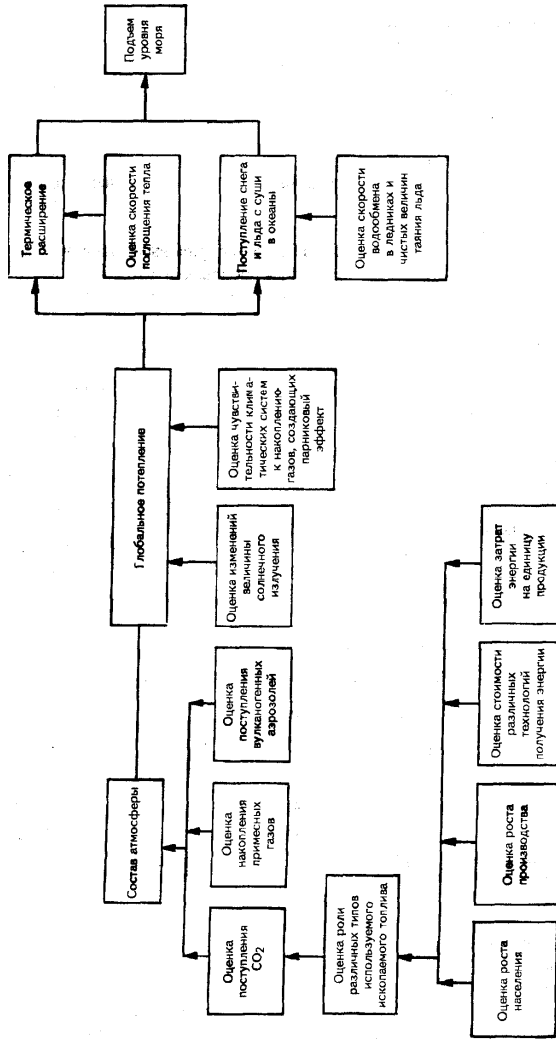


Рис.7.4. Соотношение факторов, влияющих на уровень моря

Возможные последствия повышения уровня моря

Исследования, проведенные Национальной академией наук США, показывают, что последствия от поднятия уровня моря даже по наиболее скромным сценариям могут быть очень существенными. По утверждению экспертов, наибольшие последствия ожидаются не ранее 2025 г., но низко расположенные участки территории испытают их раньше. Прежде всего это касается разрушения сооружений, находящихся в береговой зоне моря на низменных побережьях (например, только в штате Луизиана повышение уровня моря со скоростью 1 м за 100 лет приведет к ежегодному размыву 100 км намывных низин (т. е. 10 000 км² за 100 лет). Произойдут неблагоприятные изменения на дренированных низменных землях из-за подпора дренажных вод и последующего засоления.

Вторжение соленых вод приведет к неблагоприятным процессам в эстуариях (как это имеет место в Азовском море вследствие уменьшения притока пресных вод и их замещения солеными черноморскими). Обитающие в эстуариях солоноватоводные биоценозы могут погибнуть, если не успеют переместиться выше по течению рек.

В ряде случаев следует учитывать необходимость защиты морской среды от загрязнений, содержащихся на участках захоронения токсичных отходов, а также в прибрежных осушках, выполняющих функцию естественного очистного сооружения. Только в Соединенных Штатах Америки в зоне штормовых нагонов, которая будет мигрировать в глубь страны, находится, по данным соответствующих служб, более 1000 используемых в настоящее время приемников опасных отходов и, вероятно, не меньшее количество уже заброшенных.

Аналогичные исследования, выполненные для территории России, Украины, Евразии прогнозируют повсеместные размывы и отступление береговых зон, а также затопление низменных побережий.

Справедливости ради отметим, что наблюдения, проведенные в 90-х годах XX в. на многих побережьях Мирового океана (перуанском Тихого океана, индоостанском Индийского океана, западноафриканском Атлантического океана, финско-российском Балтийского моря, голландском Северного моря, российском Белого моря, аджарском Черного моря), свидетельствуют о

их стабильности, а местами даже об отступании береговой линии в сторону моря. Реальное возрастание содержания диоксида углерода и некоторых парниковых газов усиливает оранжерейный эффект планеты в небольшой мере, но все же это может способствовать потеплению климата и таянию льдов с увеличением объема морских вод, а как следствие — океанической трансгрессии, если полагать неизменными объемы нашей планеты. В настоящее время глобального наступления вод на сушу нет. Вполне возможно, что эффект от возрастания содержания парниковых газов гасится или нейтрализуется какими-то иными процессами.

Исследования природного и антропогенного поступления различных газов в атмосферу убеждают в подчиненности последнего фактора. Глобальные естественные изменения до сих пор преобладают в географической оболочке, и именно они играют главную роль в функционировании и изменении окружающей среды. В связи с этим уместно вновь напомнить о ритмичности природных процессов и явлений, различные сочетания которых изучены еще недостаточно. Существенно также заметить, что природные загрязнители типа пылегазовых вулканических выделений в горячем активном состоянии проникают не только в нижние, но и в верхние слои атмосферы (стратосферу), тогда как менее активные и в целом более слабые по масштабам проявления промышленные выбросы концентрируются лишь в низах атмосферы. Решение проблемы глобального антропогенного загрязнения до сих пор базируется на довольно хорошо выясненных закономерностях распределения выбросов локальных источников, в то время как особенности регионального загрязнения больше известны из модельных построений, а не из реальных данных.

Загрязнение поверхности Земли

Из недр Земли ежегодно для различных нужд и дальнейшей переработки извлекается на поверхность 350 млн т железа, 7,4 млн т фосфора, 5,7 млн т меди, 2,8 млн т свинца, 2,5 млн т бария, 1,5 млн т хрома, 79 тыс. т ртути и много других элементов. По предварительным оценкам, из каждой тонны сырья в среднем получается 90% отходов (в расчете на одного жителя количество только бытовых отходов составляло в 1980 г. в Австрии – 270 кг,

в СССР – 240 кг, в ФРГ – 234 кг, причем эти количества растут с каждым годом).

Современная добыча руды открытым способом связана с использованием значительных площадей. Например, открытые разработки медной руды в штате Юта (США) занимают площадь 7 км² при глубине 1 км, из котлована ежедневно извлекается 180 тыс. т пустой породы и 90 тыс. т руды. В Криворожском железорудном бассейне под отвалы и так называемые хвостохранилища ушло более 10 тыс. га черноземов.

В последние годы значительно возросли масштабы переработки минеральных ресурсов, что привело к миграции и рассеиванию различных элементов, в том числе тяжелых металлов. Из 77 металлов периодической таблицы 52 вовлечены в сферу человеческой деятельности, причем не менее 20 из них токсичны и таят серьезную опасность для живых организмов. Масштабы ежегодного загрязнения окружающей среды токсичными металлами (в тыс. т/год) видны из таблицы 7.6. Основным источником поступления многих металлов в окружающую среду – сжигание угля. Так, при ежегодном сжигании 2,4 млрд т каменного угля и 0,9 млрд т бурого вместе с золой в окружающую среду попадает 280 тыс. т мышьяка и много других металлов, в то время как мировое производство этого металла составляет 40 тыс. т в год.

Загрязнение окружающей среды возрастает за счет коррозии металлических изделий и сооружений и изнашивания различных конструкций, деталей и узлов. Изнашиваются даже изделия из благородных металлов.

Таблица 7.6
Количество токсичных металлов, выбрасываемых в атмосферу за год (тыс. т)

Источник загрязнения	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Цветная металлургия	5,31	21,1	9,6	77,3	116,2
Черная металлургия	0,07	5,9	1,2	50,3	35,0
Сжигание мусора и отходов	1,4	5,3	3,4	8,9	37,0
Всего от антропогенных источников	7,3	32,3	47,4	449,2	314,4

Чрезвычайно неприятны загрязнители синтетического производства. Большие надежды возлагаются на пластмассы как на заменители металлов, подвергающихся коррозии. Но как поступить с огромными массами пластмассы, когда она придет в негодность? На этот вопрос пока ответа нет.

Очевидно, что основные источники загрязнения различными элементами и соединениями, в том числе и токсичными, сосредоточены в густонаселенных районах. Только один металлургический завод на каждый миллион тонн стали выделяет в окружающую среду (в тыс. т): пыли – 100, CO₂ – 30, SO₂ – 8, NO_x – 3, H₂S – 1, HCN – 0,05, HCl – 0,04, шлаков – 800, шламов – 30.

В последние годы в биосферу ежегодно выбрасывается 20 млн т монооксида углерода, свыше 50 млн т оксидов азота, более 50 млн т различных углеводородов, более 250 млн т мелкодисперсных аэрозолей. Только за счет сжигания угля в различных энергетических установках в окружающую среду некоторые элементы поступают в количествах, превышающих их добычу из природных источников. Так, ртути поступает больше в 8700 раз, мышьяка – в 125, урана – в 60, бериллия – в 10 раз.

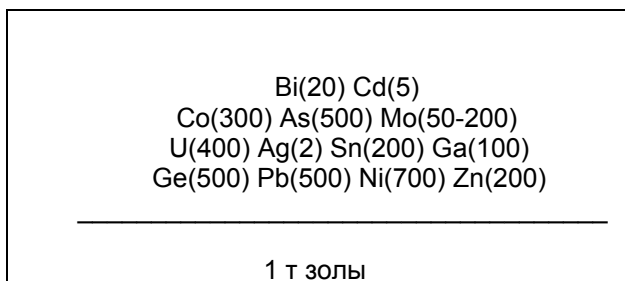


Рис. 7.5. Среднее содержание некоторых металлов в каменноугольной золе (г/т)

Несколько слов следует сказать и о контактах человека с загрязнителями окружающей среды. Существует много путей проникновения химических веществ в организм – стоматологиче-

ский, при вдыхании, через кожу, слизистую оболочку, вследствие инъекции или имплантации, не говоря уже о попадании их с продуктами питания. Биосфера не только принимает и пропускает через себя значительные количества различных металлов и других соединений, но и включает их в круговорот органических веществ, что может привести к неблагоприятным последствиям для человека. Вот один пример. Предельно допустимые концентрации монооксида углерода, обладающего токсическим действием, для рабочих с 8-часовым рабочим днем составляет 50 млн^{-10} . При концентрации его 1000 млн^{-10} через 4 часа – смерть. В организме CO реагирует с гемоглобином крови, образуя карбоксигемоглобин, препятствующий нормальному переносу кислорода.

Рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды

Кардинальное решение проблемы охраны окружающей среды состоит в разработке и внедрении экологически безопасных, безотходных технологических процессов и производств. Идеальными в том смысле являются многие природные экосистемы, в которых отходы одних организмов служат средой обитания для других.

Во многих странах сейчас ведутся работы по созданию и использованию экологически чистых источников энергии – солнца, ветра, приливов и отливов. В XXI в. на околоземной орбите планируется разместить солнечно-энергетические комплексы, которые будут преобразовывать солнечную энергию в электрическую. Это приведет к тому, что ископаемое топливо все больше будет применяться как ценное сырье для химической, нефтехимической и других отраслей промышленности, ибо, как сказал Д.И. Менделеев, использовать его для сжигания – все равно, что отапливаться ассигнациями.

В настоящее время очень важным является вопрос утилизации отходов, включение их в производство. Например, отходы горных предприятий могут использоваться для получения строительных материалов, в дорожном строительстве, при производстве минеральных удобрений. Многие вредные примеси можно не только удалять химическим путем, но и получить на их основе ценное сырье.

В развитых зарубежных странах каждый новый автомобиль примерно на 40% состоит из регенерированного металла, при изготовлении самолетов используется до 60% алюминия, бывшего в употреблении.

Рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды в настоящее время решаются в двух направлениях. Одно из них – разработка и внедрение малоотходных и безотходных технологий и процессов, другое – модернизация действующих предприятий; замена устаревших процессов новыми; повышение качества очистки газообразных выбросов, сточных вод; внедрение замкнутых производственных циклов («оборотная вода»); увеличение срока службы выпускаемых изделий за счет уменьшения их коррозии (например, лазерная обработка металлических деталей); уменьшение расхода металлов при их изготовлении по существующим технологиям, использование новых материалов и т.д.

На предприятиях химической промышленности отходящие газы более чем на 80% очищаются от оксидов азота путем превращения их в азот с помощью различных катализаторов. В производстве азотной кислоты отходящие газы после адсорбционных колонок содержат не более 0,05–0,2 об.% оксидов азота. После применения метода восстановления с помощью природного газа, водорода, аммиака или оксида углерода их содержание в очищенном газе снижается до 0,001–0,005 об.%, что соответствует их предельно допустимой концентрации (ПДК). Очистка отходящих газов от SO₂ осуществляется в промышленных условиях по следующей схеме (известняковый процесс):



Уменьшение выбросов вредных газов ТЭС возможно при замене одного топлива другим. Например, теплоэлектростанция мощностью 1 млн кВт при работе на каменном угле за год выбрасывает в окружающую среду 11 тыс. т SO₂, на природном газе – только 20 т.

Следует, однако, отметить, что очистка и утилизация отходящих газов пока еще не везде проводятся на должном уровне. Так, в отходящих газах предприятий черной металлургии и заводов по производству минеральных удобрений содержится практически одинаковое количество азота, однако первые обезвреживаются только на 0,4% NO_x, тогда как вторые – более 80%.

Так же обстоит дело с дымовыми газами ТЭС, очистка которых от SO_2 и NO_x практически не осуществляется, тогда как на предприятиях цветной металлургии утилизируется более 40% SO_2 .

Современный уровень технологии очистки сточных вод позволяет получить воду практически любой степени чистоты. Поэтому можно считать, что загрязнение водоемов происходит по причине не технического, а экономического характера. Чем меньше свежей воды использует предприятие на 1 т продукта, тем экологически совершеннее его система водоснабжения. При этом большое значение имеет кратность (повторность) использования воды в производстве. Кратность k использования воды можно рассчитать по формуле

$$k = V_i / V_o,$$

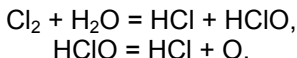
где V_i – общий объем воды; V_o – объем свежей воды. Для предприятий ряда отраслей промышленности в нашей стране k имеет следующие значения: нефтехимическая – 6,96; химическая – 4,77; черная металлургия – 4,66; пищевая – 3,07; теплоэнергетика – 2,24; легкая промышленность – 1,25. Из этих данных видно, что наименее рационально используется вода в теплоэнергетике и в легкой промышленности.

В настоящее время в СНГ в оборотных системах предприятий циркулирует примерно 215 км^3 воды, что составляет две трети всего объема воды, используемого промышленностью. На одну треть сократился сброс загрязнений в водоемы; количество вредных веществ, выбрасываемых стационарными источниками, уменьшилось на 13%. Расход чистой воды на 1 т стали снизился до $45,2 \text{ м}^3$ по сравнению с $47,5 \text{ м}^3$, а количество сточных вод уменьшилось с $39,6$ до $37,1 \text{ м}^3$.

Из сточных вод легче всего удаляются органические вещества, труднее всего – соли. На крупных очистных сооружениях, действующих в нашей стране, из сточных вод извлекается до 90% соединений органического происхождения, от 20% до 40% неорганических, однако содержание солей при этом в сточных водах не снижается. Для обессоливания используют дистилляцию, электродиализ, метод обратного осмоса и другие, но наилучшие результаты по очистке воды от солей достигаются при последовательном использовании нескольких методов. В последние годы для тонкой очистки воды применяют так называемые

мые ядерные фильтры, получаемые при прохождении ускоренных частиц через тонкие слои вещества. Полученная таким образом вода применяется в микроэлектронике при финишной обработке микросхем, для изготовления вакцин с повышенной иммунологической эффективностью, которая достигается благодаря высокой степени очистки воды от белковых примесей.

Инфекционные бактерии и вирусы, присутствующие в воде, уничтожаются при ее хлорировании:



Атомарный кислород – один из сильнейших окислителей, поэтому он разрушает большинство веществ органического происхождения.

Специфические проблемы перед экологией ставит производство синтетических материалов, поскольку синтетические полимеры невозможно уничтожить биологически. Сжигание их увеличивает загрязнение воздушного бассейна. Выход следует искать на пути комплексного использования сырья и утилизации отходов.

Д.И. Менделеев говорил, что в химии нет отходов, а есть неиспользованное сырье. Самый эффективный путь рационального использования природных ресурсов – это создание безотходных (или малоотходных) производств.

Примером принципиально новых технологических процессов в черной металлургии может служить бескоксый, бездоменный метод получения железа восстановлением его из руды водородом или конвертированным природным газом. В этом методе из технологической среды полностью устраняются стадии, наиболее загрязняющие окружающую среду: доменный передел, производство кокса и агломерата. По новому методу более чем в 3 раза, уменьшается потребность в воде, значительно сокращается количество сточных вод, практически полностью исключается загрязнение воздушной атмосферы.

Различные страны мира в неодинаковой мере загрязняют окружающую среду. Например, на долю США приходится 40% от мирового объема промышленных загрязнений. Доля стран СЭВ в загрязнении природной среды составляла в своё время 15% при объеме мировой промышленной продукции 33%.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Каковы различия естественных и искусственных источников загрязнения окружающей среды?
2. Назовите основные источники загрязнения атмосферы и гидросферы.
3. Что означают понятия «предельно допустимые концентрации», «биологическая потребность в кислороде», «химическая потребность в кислороде»?
4. Предложите наиболее эффективные способы очистки газовых выбросов, сточных вод.
5. Каковы виды воздействия на природную среду?
6. Что такое малоотходные и безотходные технологии? Приведите конкретные примеры.
7. Почему состав воздуха на всех высотах одинаков?
8. Каковы основные факторы антропогенного характера?
9. Какие основные химические соединения входят в состав выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания?
10. Какова классификация аэрозолей?
11. Какие факторы определяют образование смога?
12. Какие химические вещества атмосферы определяют выпадение кислотных дождей?
13. На какой высоте находится наибольшее количество озона?
14. В чём состоит защитная функция озона?
15. Какую роль играет азот и его соединения в образовании и разрушении озона?
16. Каково биологическое действие озона?
17. Какие виды человеческой деятельности наиболее опасны для озонового слоя?
18. Приведите основные источники выделения углекислого газа в атмосферу.
19. Приведите типичные загрязнители атмосферы.
20. Каково влияние повышенных шумов на человека?
21. Какие факторы определяют жёсткость природных вод?
22. Чем регулируется pH озёрных и речных вод?
23. Парниковый эффект, его действие на природу.
24. Каково влияние повышения температуры на уровень мирового океана?

25. Каковы последствия повышения температуры на Земле для природы и человека?

**ПРОГРАММА КУРСА
«КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»**

История естествознания

Естественно-научная и гуманитарная культуры, их отличие и взаимосвязь. Познание мира человеком. Предмет естествозна-

ния. Естествознание эмпирическое (наблюдение, эксперимент, опыт) и теоретическое. Неорганическое естествознание (неживая природа) и органическое естествознание (живая природа). История естествознания: непосредственное созерцание природы. Труды Пифагора, Геродота, Эратосфена, Птолемея, Аристотеля (естествознание древнего мира), аналитическое расчленение (XV–XVIII вв.), гелиоцентрическая система Коперника, открытия Галилея. Переход от абсолютизированного естествознания к синтетическому (XVIII–XIX вв.). Кризис естествознания в начале XX в., современное естествознание.

Структура естествознания

Структура естествознания, классификация наук, взаимосвязь и различие естественных наук. Связь естествознания и общественных наук. Тенденция развития наук как составной части естествознания. Технические науки. Математика – основа наук. Система, открытые и закрытые системы, системный подход. Взаимодействие естествознания и философии. Естествознание и сознание. Роль кибернетики в развитии естествознания. Специфика естествознания. Преимущества естествознания. Роль эксперимента в естествознании.

Естественно-научное описание природы

Структурные уровни организации материи: микро-, макро- и мегамиры. Вещество и поле.

Концепции описания природы – корпускулярная и континуальная. Взаимодействие микро-, макро- и мегамиров, дальное действие, близкое действие. Микросостояние, принципы суперпозиции, неопределенности, дополненности. Пространство и время. Соотношение пространства и времени, теория относительности Эйнштейна. Следствия из теории Эйнштейна. Необратимость времени. Математическое, физическое, химическое, биологическое пространство и время. Многомерное пространство.

Законы сохранения энергии в макроскопических системах. Космические циклы. Динамические и статистические закономерности в природе.

Понятие порядка и беспорядка в природе. Энергия. Виды взаимодействий, гравитационное, электромагнитное, слабое,

сильное взаимодействия. Теории Большого объединения и Суперобъединения Виды энергии. Взаимосвязь массы и энергии. Закон сохранения энергии. Энтропия как фактор возрастания беспорядка, принципы возрастания энтропии. Энтропия закрытых и открытых систем. Самоорганизация систем (синергетика) Энтропия в обществе. Энтропия и здоровье. Термодинамика и общественные отношения. Энтропия и информация.

Эволюция Вселенной

Понятие Вселенной. Галактика, Состав Галактик. Звезды. Теория Большого взрыва. Образование и эволюция звёзд. Источник энергии звезд. Образование и эволюция Солнечной системы. Состав Солнечной системы. Образование планет. Образование химических соединений в процессе развития Вселенной.

Географические системы

Земля. Строение Земли. Теории образования Земли и Луны. Строение Земли. Географическая оболочка земли. Атмосфера, гидросфера, литосфера.

Химические системы

Энергетика химических процессов, влияние энтропийного и энтальпийного факторов на протекание химических процессов. Возникновение химических элементов в природе, распространенность химических элементов в космосе и на Земле. Уровни химической организации материи. Зарождение жизни на Земле. Особая роль углерода в живой природе.

Биологические системы

Особенности биологического уровня организации материи. Отличие живой природы от неживой. Принципы эволюции, воспроизводства и развития живых систем. Теории происхождения жизни на Земле. Теории эволюции. Ламаркизм. Основы теории дарвинизма. Доказательства эволюции организмов. Неодарвинизм и неоламаркизм. Самоорганизация в живой и неживой при-

роде. Принципы универсального эволюционизма. Основные понятия генетики: ДНК, РНК, ген, код наследственности, мутации.

Многообразие живых организмов – основа организации и устойчивости биосферы. Наследственность, генетика, вмешательство человека в генетику, результаты нарушения кода наследственности, инженерная генетика. Искусственный биосинтез. Законы Менделя. Взаимосвязь математики, кибернетики, физики, химии в решении задач молекулярной биологии. Бионика.

Человек и среда его обитания

Человек – высшее творение природы. Теории происхождения человека. Отличие человека от животных. Основы физиологии человека, здоровье человека, его эмоции, творчество, работоспособность. Геологическая роль человека. Биозтика. Биосфера и ноосфера. Учение Вернадского о ноосфере.

Экологические проблемы естествознания

Взаимоотношение биологических объектов. Экология, экологические системы. Проблема охраны окружающей среды и взаимоотношения с ней как проблема выживания человека и человеческого сообщества. Экология как один из путей к созданию единой культуры. Загрязнение атмосферы. Источники загрязнения атмосферы. Основные загрязняющие компоненты воздушной среды. Парниковый эффект. Смог. Шумы. Загрязнение гидросферы, почв. Методы оценки качества природной среды. Понятие ПДК, ПДН. Рациональное использование природных ресурсов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Очерки истории естествознания и техники: Сб. трудов. Вып. 37. Киев: Наукова думка, 1984. 118 с.
2. Принципы истории естествознания и техники: Теория и история. М.: Наука, 1993. 362 с.
3. Развитие естествознания в России / Под ред. С.Р. Микульского. М.: Наука, 1977.
4. Готт В.С. Философские проблемы современного естествознания: Учебн. пос. М.: Высш. школа, 1974. 264 с.

5. Чешев В.В., Родос Б.Б. Особенности развития современного естествознания. Томск: Изд-во ТГУ, 1981. 133 с.
6. Баженов Л.Б. Строение и функции естественно-научной теории. М.: Наука, 1978. 264 с.
7. Солдатов А.В. Понятие пространства и времени. Л.: Изд-во ЛГУ, 1981. 71 с.
8. Буслова М.К., Городевич Т.А., Готт В.С. Современное естествознание в системе науки и техники. М.: Наука и техника, 1990. 216 с.
9. Бигон М., Харпер Дж., Таунсен К., Экология. Особи, популяции и сообщества. Т.1, 2. М.: Мир, 1989.
10. Богдановский В.Г. Химическая экология. М.: Изд-во МГУ, 1994. 256 с.
11. Кемп П., Армс К. Введение в биологию. М.: Мир, 1988. С. 11–152.
12. Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология. Т. 3. М.: Мир, 1990. С. 253–282.
13. Дикерсон Р., Грей Г., Хейт Дж. Основные законы химии. Т. 2. М.: Мир, 1982. С. 5–112, 263–349.
14. Кузнецов В.И., Идлис Г.М., Гутина В.Н. Естествознание. Гл. V—VIII. М.: 1996.
15. Полинг Л. Общая химия. М.: Мир, 1964. 845 с.
16. Кузнецов В.И. Общая химия. Тенденция развития. М.: Высш. школа, 1989.
17. Аппатьев А.М. Развитие, преобразование и охрана природной среды. Л.: Просвещение, 1983. 240 с.
18. Ягодин Г.А., Третьякова Л.Г. Химическая технология и охрана окружающей среды. М.: Высш. школа, 1984. 64 с.
19. Бондарев Л.Г. Микроэлементы – благо и зло. М.: Просвещение, 1984. 144 с.
20. Слейбо У., Персонс Т. Общая химия. М.: Мир, 1979. 550 с.
21. Богдановский Г.А. Химическая экология. М.: Изд-во МГУ, 1994. 237 с.
22. Фримантл М. Химия в действии. Ч. 1–2. М.: Мир, 1991. 528 с.
23. Ягодин Г.А., Раков Э.Г., Третьякова Л.Г. Химия и химическая технология в решении глобальных проблем. М.: Высш. школа, 1988. 174 с.
24. Андерсон Д.М. Экология и наука об окружающей среде. Л.: Химия, 1985. 164 с.
25. Дерпгольц В.Ф. Мир воды. Л.: Недра, 1979. 254 с.

26. Вороновская Г.Н. Проблемы мониторинга микроэлементов в окружающей природной среде // Сиб. эколог. журн. 1994. Т. 1. № 4. С. 383–385.
27. Гивишвили Г. Что происходит с кислородом атмосферы? // Зеленый мир. 1966. № 3. С. 7.
28. Данилов-Данильян Е.И. Экологизация народного хозяйства – основа устойчивого развития // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов: Обзорная информация. 1995. № 2. С. 1–8
9. Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. М.: Наука, 1988. 520 с.
30. Мартыничев И.В. Мироззрение естествоиспытателя. М.: Мысль, 221 с.
31. Гуляев С.А., Жуковский В.М., Комов С.В. Основы естествознания. Екатеринбург. Изд-во УралЭкоЦентр. 2000. 560 с.
32. Бабушкин А.Н. Современные концепции естествознания. СПб. Изд-во Лань. 2000. 208 с.
33. Югай Г.А. Общая теория жизни. М., Мысль. 1985.
34. Афанасьев В.Т. Мир живого: системность, эволюция и управление. М., 1986.
35. Афанасьев В.Т. Дарвинизм: история и современность. Л., 1988.
36. Дубинин Н.П. Очерки о генетике. М., 1985.
37. Захаров В. Б., Мамонтов С. Г., Сивоглазов В. И. Биология: общие закономерности. М., 1996.
38. Кивенко Н.В. Принципы познания живого. Киев, 1991.
39. Кузнецов В.И., Идлис Г.М., Гутина В.И. Естествознание. М., 1996.
40. Райт Р. Т. Биология сквозь призму веры. М., Мир. 1994.
41. Рьюз М. Философия биологии. М., Мир. 1997.
42. Тимофеев-Ресовский Н.В., Воронцов Н.Н., Яблоков А.В. Краткий очерк теории эволюции. М., 1969.
43. Философские проблемы естествознания. М., 1985.
44. Алексеев В.П. Становление человечества. М., 1984.
45. Анохин А.М. Философия и теоретические проблемы науки. М., 1990.
46. Комаров Ф.И., Петленко В.П., Шамоу И.А. Философия и нравственная культура врачевания. Киев, 1988.
47. Мещеряков Б., Мещерякова И. Введение в человековедение. М., 1994.

СОДЕРЖАНИЕ

Глава 1. Развитие естествознания.....	3
Как человек познавал мир.....	8
Современное естествознание.....	25
Специфика естествознания в системе наук.....	32
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	38
Глава 2. Пространство и время. Энергия.....	40
Структурность и системность материи.....	40
Вещество и поле.....	41
Переворот в представлениях о пространстве и времени.....	43
Два важных следствия.....	53
Биологическое пространство и время.....	64
Химическое пространство и время.....	66
Энергия и энтропия.....	67
Закон сохранения энергии.....	74
Открытые системы и новая термодинамика.....	78
Классификация видов энергии.....	83
Термодинамика и здоровье.....	86
Энтропия и болезни.....	89
Термодинамика в общественных отношениях.....	92
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	96
Глава 3. Эволюция Вселенной.....	98
Возникновение галактик и звёзд.....	116
Стандартная модель эволюции Вселенной.....	119

Мировоззренческие проблемы космологической эволюции.....	123
Источник энергии звезд.....	128
Распространенность элементов в космосе.....	133
Распространенность элементов в Солнечной системе.....	136
Происхождение планет.....	139
Теории образования планет.....	168
Строение Земли.....	174
Химический состав Земли.....	182
Физические поля Земли.....	189
Химическая эволюция.....	191
От неживого к живому.....	209
К живому через элементарные открытые каталитические системы	224
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	231
Глава 4. Эволюция история жизни.....	233
Номенклатура и классификация организмов.....	236
Молекулярно-генетический уровень...	240
Онтогенетический уровень живых систем.....	246
Уровни организации живых систем.....	249
Происхождение жизни.....	252
Теории возникновения жизни.....	264
Креационизм.....	265
Самопроизвольное зарождение.....	267
Теория стационарного состояния.....	269
Теория панспермии.....	270
Гипотеза случайного зарождения жизни.....	271
Биохимическая эволюция.....	272

Природа самых первых организмов.....	275
Теория катастроф Ж. Кювье.....	276
Теория эволюции.....	278
Теория эволюции Ламарка.....	278
Дарвин, Уоллес и происхождение видов.....	280
Доказательства естественного отбора.....	282
Антидарвинизм конца XIX – начала XX века.....	285
Современные представления об эволюции.....	288
Подтверждение теории эволюции.....	289
Основы генетики.....	294
Генетический код.....	301
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	306
Глава 5. Человек как предмет естествознания.....	308
Происхождение человека.....	308
Сущность человека.....	333
Телесность и здоровье человека.....	337
Человек, биосфера, космос.....	344
Контрольные вопросы и задания.....	351
Глава 6. Экологические проблемы человеческого общества.....	353
Характеристика и состав биосферы.....	355
В.И. Вернадский о биосфере и живом веществе.....	358
Биогенная миграция химических элементов и биохимические принципы.....	362
Биосфера и человек. Ноосфера.....	367
Роль человеческого фактора в развитии биосферы.....	375
Современная концепция экологии.....	385

Экологические системы и их структуры.....	386
Взаимодействие экосистемы и окружающей ее среды.....	389
Энергетическая характеристика экосистем.....	393
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	398
Глава 7. Загрязнение окружающей среды и пути его преодоления.....	400
Современное состояние географической оболочки.....	401
Основные типы воздействия на природную среду.....	406
Глобальные изменения на Земле.....	411
Тревожные антропогенные изменения природной среды.....	417
Источники загрязнения окружающей среды.....	426
Загрязнение воздушного бассейна.....	428
Аэрозольное загрязнение атмосферы.....	431
Фотохимический туман (смог).....	433
Загрязнение атмосферы подвижными источниками выбросов.....	435
Контроль выброса в атмосферу загрязняющих веществ.....	438
Шумы.....	443
Парниковый эффект.....	444
Загрязнение гидросферы.....	448
Реакция Мирового океана на потепление.....	451
Загрязнение поверхности Земли.....	456
Рациональное использование	

природных ресурсов и охрана окружающей среды.....	459
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	463
Программа курса «Концепции современного естествознания».....	465
Дополнительная литература.....	467
Содержание.....	470