

Министерство образования Российской Федерации
Владимирский государственный университет

Т.А. ТРИФОНОВА
Е.П. ГРИШИНА
Н.В. СЕЛИВАНОВА

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Учебное пособие

Владимир 2002

УДК 574(076.5)
О74

Рецензенты:
Член корреспондент АН РАН
С.А. Шоба

Кандидат биологических наук, доцент, зав. кафедрой ботаники
Владимирского государственного педагогического университета
П.А. Серегин

Доктор биологических наук, профессор, директор Владимирского
научно-исследовательского института сельского хозяйства
М.А. Мазиров

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Владимирского государственного университета

Трифорова Т.А., Гришина Е.П., Селиванова Н.В.
О74 Основы экологии и охраны окружающей среды: Учеб. пособие / Вла-
дим. гос. ун-т. Владимир, 2002. 92 с.
ISBN 5-89368-325-0

Содержит основные вопросы общей экологии, рассмотрены проблемы, связанные с антропогенным воздействием на окружающую среду, влиянием техногенеза на объекты окружающей среды, а также основные направления защиты окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

Предназначено, в первую очередь, для студентов технических специальностей всех форм обучения, а также может быть полезно широкому кругу читателей, интересующихся вопросами экологии и охраны окружающей среды.

Ил. 11. Табл. 2. Библиогр.: 18 назв.

УДК 574(076.5)

ISBN 5-89368-325-0

© Владимирский государственный
университет, 2002

Предисловие

Для большинства людей понятие экологии ассоциируется с многочисленными экологическими проблемами современного мира, связанными с заметным воздействием человека на природу и обратным влиянием измененной окружающей среды на человека и общество. Рост населения, развитие промышленности, транспорта, сельского хозяйства приводит к переэксплуатации природных ресурсов, существенному загрязнению воды и воздуха, что, несомненно, отрицательно влияет на условия жизни человека и на его здоровье. Задача ликвидации вредных для человека последствий неправильного ведения хозяйства справедливо считается одной из важнейших задач современного общества. Такой подход к экологии как области знаний, при котором экологические проблемы рассматриваются с точки зрения интересов человека, определяется как *антропоцентрический* подход. В рамках данного подхода развиваются отрасли современной экологии, имеющие ярко выраженную практическую направленность, такие как прикладная экология, промышленная экология, инженерная экология.

Прикладная экология изучает механизмы воздействия человека на биосферу и способы предотвращения ее разрушения, а также разрабатывает принципы рационального использования природных ресурсов, не приводящего к деградации среды жизни.

Промышленная экология изучает воздействие всего хозяйства (промышленности, транспорта, сельскохозяйственного производства) на природу и, наоборот, влияние природной среды на функционирование предприятий и их комплексов.

Объектом исследований *инженерной экологии* являются системы, образовавшиеся и длительное время функционирующие в результате взаимодействия конкретного вида общественного производства с окружающей его природной средой. Инженерная экология базируется на полном и глубоком знании технологии производства.

Для решения насущных экологических задач, несомненно, важна разработка прикладных аспектов экологии и, прежде всего, мероприятий по оздоровлению среды, которые сводятся в конечном счете к определенной системе технологических требований, запретов и санкций. Решение этих задач составляет предмет охраны окружающей среды.

Охрана окружающей среды – это система мер, направленная на поддержание рационального взаимодействия между деятельностью человека и

окружающей природной средой, обеспечивающая сохранение и восстановление природных богатств, рациональное использование природных ресурсов, предупреждающая прямое и косвенное вредное влияние результатов деятельности общества на природу и здоровье человека.

При всей важности отмеченных прикладных аспектов экологии в рамках антропоцентрического подхода в принципе решить задачу сохранения природной среды невозможно, поскольку человек и общество составляют всего лишь часть сложной многофункциональной системы – биосферы. Негативные эффекты различных форм деятельности человека имеют более широкие последствия, так как ведут к нарушению функционирования природных сообществ живых организмов, совокупная деятельность которых обеспечивает саму возможность существования жизни на земле.

Для научно-обоснованного решения конкретных вопросов прикладной экологии и других разделов экологии, ориентированных на человека, необходимо представлять принципы функционирования природных экосистем и биосферы в целом, роль живых организмов в создании, сохранении и стабилизации природной среды, механизмы, обуславливающие устойчивость природных систем различного ранга.

Влияние человечества на всю взаимосвязанную совокупность живых организмов рассматривается в рамках *биоцентрического подхода* в экологии, который основан на изучении законов формирования и устойчивого функционирования биологических систем. Биоцентрический подход отражает наиболее фундаментальные проблемы экологии как науки. В рамках этого подхода экология выступает, прежде всего, как наука биологическая.

Начало развития экологии как биологической науки связано с именем немецкого зоолога-эволюциониста Эрнста Геккеля, который и ввел термин «экология» в научную литературу в 1866 г. (*oikos* – дом, *logos* – изучение, греч.)

Согласно определению Э. Геккеля, *экология – общая наука об отношениях организмов с окружающей средой*.

В процессе своего развития экология сосредоточивала в себе все новые методы и объекты исследований и в настоящее время представляет собой многогранную междисциплинарную отрасль знания, включающую ряд научных областей и дисциплин, подчас далеких от первоначального понимания экологии как биологической науки об отношениях живых организмов с окружающей их средой.

Наряду с биологическими и прикладными аспектами в экологической науке важное место занимают проблемы *социальной экологии*, изучающей взаимоотношения как элементарных социальных групп общества, так и человечества в целом со средой жизни.

1. ОСНОВЫ ОБЩЕЙ ЭКОЛОГИИ

При всей разносторонности отраслей экологии в основе всех современных направлений этой многогранной науки лежат фундаментальные идеи общей биологической экологии.

Экология включает в себя изучение биологических систем на трех уровнях организации живой материи: организменном, популяционном и экосистемном.

Живой организм (особь) является конкретной единицей обмена веществ с окружающей средой.

Совокупность особей, обладающих наследственным сходством морфологических, физиологических и биохимических особенностей, свободно скрещивающихся и дающих плодовитое потомство, обладающих определенным типом взаимоотношений с окружающей средой и занимающих в природе определенную область (ареал), называется *видом*.

Популяция представляет собой совокупность организмов одного вида, заселяющих общие места обитания и связанных общностью генофонда. Основная функция популяции – устойчивое поддержание вида в экологической системе.

Под *экологической системой (экосистемой)* понимается любое сообщество живых организмов и среды их обитания, объединенных в единое функциональное целое.

Сообщество, или *биоценоз*, – совокупность разных видов микроорганизмов, растений и животных, заселяющих определенную территорию и устойчиво поддерживающих биогенный круговорот веществ. Основная функция сообщества – поддержание круговорота в конкретных географических условиях – основана на пищевых взаимоотношениях видов.

Понятие экосистемы впервые было введено в обиход в 1935 г. английским ботаником Тэнсли и означало совокупность живых организмов с их

местообитанием. При этом могут выделяться экосистемы различных рангов от микроэкосистем (капля природной воды) до биосферы как глобальной экосистемы. Более крупные экосистемы включают в себя экосистемы меньшего ранга.

Общая экология состоит из следующих основных разделов:

- учение о факторах среды и закономерностях их действия на живые организмы;
- экология организмов, или *аутэкология*, – наука о взаимодействиях между отдельными организмами и факторами среды или средами жизни;
- популяционная экология, или *демэкология*, – наука о взаимоотношениях между организмами одного вида (в пределах популяций) и средой обитания;
- учение об экосистемах (биогеоценозах), или *синэкология*, – наука о взаимоотношениях организмов разных видов в составе многовидовых сообществ – биоценозов со средой обитания как единого целого;
- учение о биосфере как глобальной экосистеме, рассматривающее роль живых организмов (живого вещества) и продуктов их жизнедеятельности в создании земных оболочек (атмосферы, гидросферы, литосферы) и в их функционировании.

1.1. Факторы среды и закономерности их действия на живые организмы

Под *средой обитания* понимаются природные тела и явления, с которыми организмы находятся в прямых или косвенных взаимоотношениях.

Отдельные элементы, или условия среды, на которые организмы реагируют приспособительными реакциями, называются *экологическими факторами*. Экологические факторы обычно подразделяют на две группы: *абиотические* – факторы неживой природы и *биотические* – факторы живой природы.

Факторы человеческой деятельности, или *антропогенные факторы*, существенно отличающиеся по характеру своего воздействия на живые организмы от абиотических и биотических факторов, обычно рассматриваются отдельно.

К абиотическим относятся факторы климатические (свет, температура, влажность, атмосферное давление, движение воздуха), эдафические, или почвенные, факторы (механический состав почвы, влагоемкость, воздухопроницаемость, плотность почвы), орографические факторы (рельеф, высота над уровнем моря, экспозиция склона), химические факторы (газовый состав воздуха, солевой состав и кислотность воды и почвенных растворов). Абиотические факторы воздействуют на живые организмы (прямо или косвенно) через те или иные стороны обмена веществ. Их особенностью является односторонность воздействия: организм может к ним приспособиться, но не оказывает на них существенного влияния. Существует два типа приспособления к внешним факторам. Первый заключается в возникновении определенной степени устойчивости к данному фактору, способности сохранять функции при изменении силы его воздействия. Это *пассивный* тип адаптации. Второй тип приспособления – *активный*. В этом случае организм компенсирует изменения, вызываемые воздействующим фактором, таким образом, что его внутренняя среда остается относительно постоянной. Например, одни организмы (холоднокровные) отличаются неустойчивостью температуры тела, меняющейся в широких пределах в зависимости от температуры окружающей среды (пассивный тип адаптации), другие (теплокровные) приспособляются к меняющимся условиям среды путем поддержания постоянной температуры внутренней среды организма.

Биотическими факторами среды называют совокупность влияний, оказываемых на организмы жизнедеятельностью других организмов. Эти влияния носят самый разнообразный характер. Действие биотических факторов может быть как непосредственным, так и косвенным, выражаясь в изменении условий окружающей неживой природы (например изменение состава почвы бактериями).

При классификации взаимоотношений организмов выделяют взаимоотношения, выгодные обоим партнерам (*симбиоз*, или *мутуализм*); взаимоотношения, положительные для одного вида и отрицательные для другого (*хищничество* и *паразитизм*); взаимоотношения, не выгодные обоим партнерам (*конкуренция*). Крайне выраженные конкурентные отношения, при которых один вид полностью препятствует поселению других видов в пределах своей зоны влияния, носят название *антибиоза*.

Менее распространенным типом взаимоотношений является *комменсализм*, отношения, положительные для одного партнера и безразличные

для другого. Достаточно редко встречаются отношения, отрицательные для одного партнера и безразличные для другого (*амменсализм*). Отношения, при которых организмы, занимая сходные места обитания, практически не оказывают влияния друг на друга, встречаются так же достаточно редко и носят название *нейтрализма*.

Действуя на организмы одних видов, биотические факторы, как правило, являются объектом воздействия с их стороны. Так, хищник и паразит обычно вырабатывают адаптации к использованию своих жертв и хозяев, а последние – приспособления, которые обеспечивали бы их выживание.

Воздействие человека на окружающую среду в конечном итоге проявляется в изменении режима множества биотических и абиотических факторов. В числе антропогенных факторов различают факторы, оказывающие прямое влияние на организмы (например промысел) и факторы, косвенно влияющие на организмы через влияние на местообитание (например загрязнение среды, уничтожение растительного покрова, строительство плотин). Специфика антропогенных факторов состоит в трудности адаптации к ним живых организмов, которые часто не имеют приспособительных реакций к действию антропогенных факторов в связи с тем, что последние не действовали на протяжении эволюционного развития вида, либо из-за того, что действие данных факторов превосходит приспособительные возможности организма.

В действии факторов среды на живые организмы имеются определенные общие закономерности.

Для каждого организма или определенной стадии его развития имеется диапазон наиболее благоприятных значений каждого фактора, который называется *зоной оптимума*. За пределами этой зоны лежат зоны угнетения, переходящие в критические точки (*пределы выносливости*), ограничивающие *диапазон устойчивости* (рис. 1). Зоны оптимума для различных организмов неодинаковы. Организмы, имеющие значительный диапазон зоны оптимума в отношении всего комплекса факторов, относятся к группе *эврибионтов*, а организмы с узким диапазоном адаптаций – к группе *стенобионтов*. Диапазон значений фактора между критическими точками называется *экологической валентностью*, или *толерантностью*. В среде, где амплитуды колебаний отдельных факторов малы, например в водной среде, преобладают организмы-стенобионты, в динамичной среде, например наземно-воздушной, преобладают организмы-эврибионты, имеющие широкую экологическую валентность.

Сила действия отдельных факторов может возрастать или убывать в результате действия других факторов. Например, избыток тепла может в какой-то мере компенсироваться в своем действии пониженной влажностью воздуха и т.п. Однако при этом экологические факторы не являются взаимозаменяемыми.

Организм полностью проявляет свои потенциальные возможности в том случае, если существует в условиях, когда все факторы отвечают соответствующим зонам оптимума.

Фактор, находящийся в избытке или недостатке, отрицательно влияет на организм и ограничивает возможность проявления силы взаимодействия других факторов. Если значение хотя бы одного фактора находится вблизи критической точки, организм испытывает стресс и в пределе погибает. Такие факторы называются *лимитирующими*, а данная закономерность носит название *закона лимитирующих факторов*.

Лимитирующие факторы обычно обуславливают границы распространения видов: плотность популяции (количество особей на единицу площади) максимальна там, где параметры среды оптимальны, и снижается там, где значения одного или нескольких факторов оказываются стрессовыми для данного вида. Там, где величина хотя бы одного фактора выходит за пределы выносливости, вид полностью отсутствует. Таким образом, своеобразие абиотических условий каждого региона является причиной формирования в различных регионах неодинаковых экосистем.

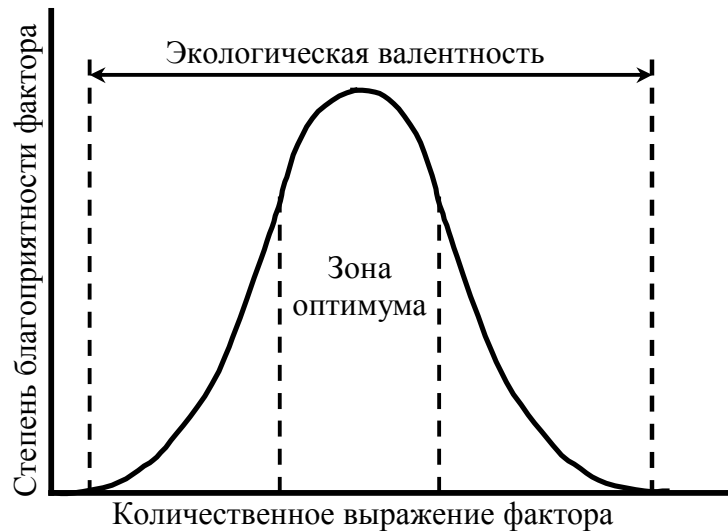


Рис. 1. Графическая иллюстрация правила оптимума

1.2. Популяции: динамика численности

Популяции в природе не существуют изолированно. Популяции разных видов, входящие в состав сообществ, взаимосвязаны между собой и находятся в тесном единстве с окружающей средой.

К числу важнейших свойств популяций относится динамика численности особей и механизмы ее регулирования.

В каждой экосистеме существует сумма внешних и внутренних факторов, под влиянием которых численность каждого вида устанавливается на каком-то среднем уровне, соответствующем пригодности и возможностям среды. Всякое отклонение численности популяции от оптимальной связано с отрицательными последствиями для ее существования. В связи с этим популяции обычно имеют адаптационные механизмы, способствующие снижению численности, если она значительно превышает оптимальную, и ее восстановлению, если она уменьшается ниже оптимальных значений.

Каждой популяции свойственен так называемый *биотический потенциал*, под которым понимается теоретически возможное потомство от одной пары особей при отсутствии факторов, ограничивающих рост численности. Биотический потенциал обычно тем выше, чем ниже уровень организации живых существ.

К факторам, определяющим рост популяции, относятся рождаемость, способность к расселению и захвату новых мест обитания, защитные механизмы, способность выдерживать неблагоприятные условия среды.

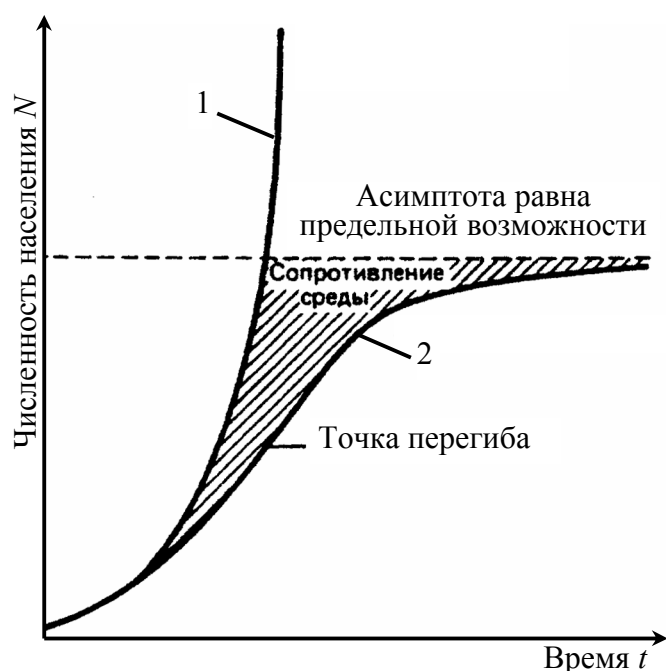


Рис. 2. Кривые роста численности популяции

ножающимися организмами богатой питательными веществами среды, в которой отсутствует конкуренция).

Для большинства популяций и видов выживаемость характеризуется кривой 2 другого типа (S-образной, или *логистической*), которая отражает высокую смертность молодых особей или зачатков (см. рис. 2). Численность популяции в этом случае асимптотически стремится к пределу, представляющему максимальную численность популяции, которую может поддерживать окружающая среда.

Важнейшими факторами, ограничивающими рост численности, являются недостаток питания, воды, света, подходящих местообитаний, неблагоприятные погодные условия, хищничество, паразитизм, конкуренция.

Сопротивление среды росту популяции увеличивается при возрастании численности и для каждой популяции характеризуется площадью между кривыми 1 и 2 на графике (см. рис. 2).

Для популяции человека в настоящее время характерен тип роста численности, близкий к экспоненциальному, что обусловлено преодолением действия многих факторов сопротивления среды, прежде всего недостатком пищи, болезнями и резким снижением смертности в детском возрасте.

Экспоненциальная кривая роста численности характеризует динамику популяции, не зависящую от плотности популяции. В этом случае изменение численности обусловлено в основном абиотическими факторами, которые могут обеспечить условия как для неограниченного роста (хотя и кратковременного), так и для снижения численности до нуля. Такие факторы носят название *модифицирующих*.

Зависимая от плотности динамика популяции обеспечивается биотическими факторами. Их называют *регулирующими*. Регулирующие факторы работают по принципу обратной отрицательной связи: чем значительнее численность, тем сильнее срабатывают механизмы, приводящие к ее снижению. Наоборот, при низкой численности сила этих механизмов ослабевает и создаются условия для более полной реализации биотического потенциала. Факторы такого типа лежат в основе реализации подвижно-стабильного равновесия популяций в сообществе (*популяционного гомеостаза*).

Действие механизмов обратной отрицательной связи, регулирующих численность популяций, наглядно демонстрируют взаимодействия в системе хищник – жертва. При низкой численности популяции жертвы уровень сопротивления среды для нее относительно низок, поскольку достаточно пищи и укрытий, и численность популяции растет. С ростом популяции жертвы уменьшается количество доступного корма и убежищ, в то

же время высокая плотность популяции жертвы облегчает охоту хищнику и вскармливанию им потомства – начинает расти численность популяции хищника. Вскоре популяция жертвы начинает испытывать усиливающееся сопротивление среды в виде нехватки корма, убежищ и усиления хищничества. Ее численность начинает снижаться, в результате чего уменьшится и сопротивление среды для этой популяции. В то же время осложняются условия охоты для хищника, нехватка пищи (увеличение сопротивления среды) ведет к снижению его численности. Плотности популяций хищника и жертвы таким образом колеблются около некоторых средних значений. В системе единственный хищник – единственная жертва эти колебания значительны, в случае же если взаимодействующих видов хищников и жертв несколько, что характерно для природных экосистем, эти колебания сглаживаются, так как хищники сокращают численность каждого вида жертвы при разной плотности популяций.

1.3. Структура и энергетика экологических систем

Для того чтобы экосистема существовала неограниченно долго, она должна обладать свойствами связывания и высвобождения энергии и в ней должен осуществляться круговорот веществ. Свойства экосистем и механизмы, обеспечивающие устойчивое существование, определяются их структурной организацией.

Под *структурой экосистемы* понимаются ее составные части и пути их взаимодействия, обеспечивающие сохранение экосистемы как единого целого.

В каждой экосистеме выделяются два компонента – совокупность живых организмов (биотический компонент) и окружающая среда (абиотический компонент). Биотический компонент экосистемы представлен живыми организмами, которые по способу получения необходимой им энергии подразделяются на организмы автотрофные и гетеротрофные.

Автотрофные организмы (автотрофы), используя внешнюю энергию, сами синтезируют необходимые им органические вещества из неорганических. *Фотоавтотрофы* (зеленые растения водоросли и некоторые виды бактерий) используют солнечную энергию для получения органических веществ из воды и углекислого газа в процессе фотосинтеза. *Хемоав-*

хемосинтезирующие бактерии) используют химическую энергию неорганических веществ, образуя органические вещества в процессах хемосинтеза.

Гетеротрофные организмы используют для построения своих тел и в качестве источника энергии готовое органическое вещество, созданное автотрофами. Гетеротрофы в основном представлены животными, которые получают органическое вещество с пищей, а также с бактериями и грибами, получающими энергию путем усвоения веществ в процессе разложения мертвого органического вещества. Образующиеся в процессе жизнедеятельности гетеротрофов неорганические соединения усваиваются автотрофами.

Согласно роли организмов в переносе энергии через экосистему и в круговороте веществ их подразделяют на три эколого-функциональные группы.

Продуценты – это автотрофные организмы, синтезирующие органическое вещество из неорганических составляющих с использованием внешних источников энергии. Таким образом, продуценты являются производителями органического вещества в природных сообществах, при этом они превращают энергию солнечного излучения в «запасенную» энергию химических связей органических веществ и вовлекают в круговорот элементы неживой природы, включая их в состав тканей организмов.

Консументы – гетеротрофные организмы, использующие органическое вещество, синтезированное продуцентами, для построения своих тел и в качестве источника энергии. В этой группе выделяют несколько порядков консументов. Животных, питающихся непосредственно продуцентами, относят к консументам первого порядка, обычно это растительноядные животные, или *фитофаги*. Консументы второго порядка – плотоядные животные (*зоофаги*). Это в основном хищники, питающиеся растительноядными животными. К консументам третьего порядка относят животных, которые питаются консументами второго порядка. В эту группу входят хищники, питающиеся плотоядными животными, а также животные, ведущие паразитический образ жизни.

Редуценты – гетеротрофные организмы, которые используют в качестве пищи мертвое органическое вещество и в процессе метаболизма (совокупности биохимических реакций, обеспечивающих жизнедеятельность организма) разлагают его до неорганических составляющих. Редуцентами в экосистемах являются грибы и бактерии.

Процесс разложения мертвого органического вещества начинается с разрушения его особой группой консументов – *сапрофагами*. Крупные сапрофаги (например членистоногие) механически разрушают мертвые ткани, подготавливая вещество к воздействию редуцентов – бактерий и грибов, осуществляющих процесс минерализации.

В результате взаимодействия продуцентов, консументов и редуцентов в экосистеме осуществляется перенос энергии и круговорот вещества.

Органические вещества, синтезированные автотрофными организмами, претерпевают многочисленные химические превращения и в конечном итоге возвращаются в среду в виде неорганических продуктов жизнедеятельности, вновь вовлекаемых в круговорот.

Функционально все виды, составляющие экосистему, распределяются на несколько групп в зависимости от их места в общей системе круговорота веществ и потока энергии. Равнозначные в этом смысле виды образуют отдельные *трофические (пищевые) уровни*, связанные системой *пищевых (трофических) цепей* по принципу пища – потребитель.

Трофические цепи, представленные продуцентами и консументами, определяют как *пастбищные пищевые цепи (цепи выедания)*. Пищевые цепи, в которых осуществляются процессы деструкции и минерализации органических веществ, определяются как *детритные пищевые цепи*.

Поток органического вещества в экосистеме на уровне консументов разделяется: живое вещество следует по цепям выедания, мертвое – по цепям разложения.

Первоисточником энергии для экосистем является Солнце. Земля получает примерно $1,05 \cdot 10^5$ КДж / ($\text{м}^2 \cdot \text{год}$) солнечной энергии. Около 40 % ее отражается от облаков, атмосферной пыли и от поверхности Земли, приблизительно 15 % поглощается атмосферой (в частности, озоновым слоем) и превращается в тепло либо расходуется на испарение воды. Остальная энергия поглощается земной поверхностью и растениями, при этом большая часть поглощенной энергии повторно излучается земной поверхностью и нагревает атмосферу, и лишь небольшая часть (примерно $1 \cdot 10^4$ КДж / $\text{м}^2 \cdot \text{год}$) поступает в биотический компонент экосистем через продуцентов. Биомасса органического вещества, синтезированного в экосистеме продуцентами-автотрофами, определяется как *первичная продукция*. Общая сумма биомассы рассматривается как *валовая первичная продукция* (ВПП). Значительная часть энергии, аккумулированной в виде валовой первичной продукции экосистемы, расходуется на дыхание и фото-

дыхание растений. Та часть биомассы, которая определяет прирост в экосистеме, рассматривается как *чистая первичная продукция* (ЧПП). Разница между валовой и чистой первичной продукцией определяется затратами энергии на жизнедеятельность организмов. Накопленная в виде биомассы организмов-автотрофов чистая первичная продукция служит источником питания (вещества и энергии) для следующих трофических уровней. Обычно чистая первичная продукция составляет не более 20 % валовой первичной продукции. Вещество и энергия, содержащиеся в пище, при поедании одних организмов другими переходят с одного трофического уровня на следующий. Непереваренная часть пищи, содержащая некоторое количество энергии, выделяется с экскрементами. Некоторое количество энергии содержат также органические отходы метаболизма (эксекреты). Наконец, часть энергии теряется животными на дыхание. Энергия, оставшаяся после указанных потерь, идет на рост, поддержание жизнедеятельности и размножение организмов. Количество энергии, накопленное организмами-гетеротрофами на каждом трофическом уровне, составляет *вторичную продукцию* (ВП) данного уровня. Схема потока энергии через пастбищную пищевую цепь и круговорота веществ представлена на рис. 3.

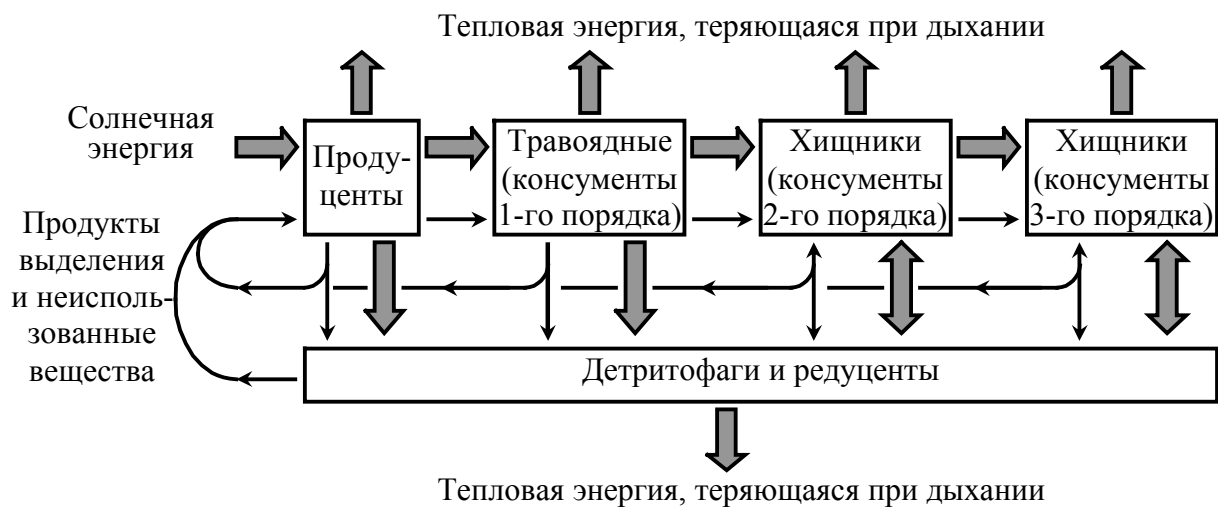


Рис. 3. Схема потока энергии и круговорота вещества в пастбищной пищевой цепи:
 → – круговорот веществ; ➡ – поток энергии

Средняя эффективность переноса энергии к продуцентам составляет около 1 %; переноса энергии от растений к фитофагам – примерно 10 %, а переноса энергии от животного к животному – 10 – 20 %. Энергия, теряющаяся при дыхании, не передается другим организмам. Энергия, заклю-

ченная в экскрементах и экскретах, наоборот, не теряется для экосистем, так как передается *детритофагам* (организмам, питающимся детритом) и редуцентам. Если экосистема стабильна, в ней не происходит увеличение биомассы (*продуктивность* – скорость накопления биомассы – равна нулю).

1.4. Экологическое равновесие

Естественные экологические системы (биогеоценозы) существуют в течение длительного времени – десятков и сотен лет, сохраняя свою структуру и функциональные свойства, т.е. обладают определенной *стабильностью*. Для ее поддержания необходима сбалансированность потоков вещества и энергии, процессов обмена веществ между организмами и окружающей средой.

Стабильность экосистемы в течение длительного времени предполагает относительную неизменность популяций входящих в нее видов. Равновесное состояние популяции определяется соотношением факторов, увеличивающих или снижающих численность популяции. Изменение этого соотношения ведет к изменению численности популяции вида. Поскольку факторы сопротивления среды редко остаются постоянными, равновесие непрерывно регулируется, т.е. является динамическим. Зависимость факторов сопротивления среды от плотности популяции обуславливает поддержание равновесия в пределах некоторого диапазона отклонений от него.

Положение популяции вида в экосистеме определяется, с одной стороны, набором требований к абиотическим условиям, а с другой – комплексом связей с популяциями других видов и формой участия в общих функциях биоценоза. Место организма в природе и весь образ его жизнедеятельности (так называемый жизненный статус), включающий отношение к факторам среды, видам пищи, времени и способам питания, местам размножения и укрытий и тому подобному, определяется как *экологическая ниша*. Длительное сосуществование в составе единого многовидового сообщества привело к эволюционному становлению такой системы взаимоотношений в экосистемах, при которой каждый вид пространственно и функционально занимает определенное положение в составе биоценоза,

т.е. свою экологическую нишу. Если два вида со сходными требованиями к среде вступают в конкурентные отношения, то один из них должен занять новую экологическую нишу или погибнуть (правило конкурентного исключения).

Таким образом, несмотря на очевидное столкновение интересов и конкуренцию многих видов, слагающих экосистему, последняя способна сохранять свой состав.

Набор видов, состав и сложность трофических сетей, наиболее устойчивые формы взаимодействия популяций в экосистеме отражают приспособленность к особенностям среды и направлены на поддержание круговорота в этих условиях.

Состояние экосистемы, при котором состав и продуктивность биотического компонента в каждый конкретный момент времени соответствуют абиотическим условиям, характеризуется как *экологическое равновесие*.

Сбалансированность экологических систем обеспечивается механизмами обратной связи. Помехи в каналах обратной связи (например инфекционные болезни жертвы в системе хищник – жертва или неблагоприятные погодные условия) могут приводить к нарушению сбалансированности экосистемы. Для простых экосистем характерны довольно резкие колебания численности популяций, которые связаны с тем, что в маловидовых экосистемах слабо проявляются силы, уравнивающие численность различных видов (конкуренция, хищничество, паразитизм), в то время как видовое разнообразие обеспечивает большую стабильность экосистем.

Важной характеристикой экосистем является их *устойчивость*, под которой понимается способность экосистемы возвращаться в исходное (или близкое к нему) состояние после воздействия факторов, выводящих ее из равновесия. Наибольшей устойчивостью отличаются экологические системы со многими относительно малочисленными видами.

1.5. Динамика экосистем

Главной особенностью экологического равновесия экосистемы является его подвижность. Любая экосистема, приспосабливаясь к изменениям внешней среды, находится в состоянии динамики. Различают динамику циклическую и направленную. Примерами циклической динамики являются

ся сезонное изменение активности жизнедеятельности организмов или периодическое изменение численности отдельных видов в многолетнем ряду. Направленная динамика представляет собой поступательное развитие экосистем. Для такого вида динамики характерны либо внедрение в экосистемы новых видов, либо смена одних видов другими, что в конечном итоге приводит к смене биоценозов и экосистем в целом. Изменение видовой структуры и биоценологических процессов в экосистеме называют *сукцессией* экосистемы. Таким образом, сукцессия представляет собой протекающий во времени процесс последовательной смены экосистем при постепенном направленном изменении условий среды.

Сукцессии, обусловленные действием внешних факторов, называют *экзогенетическими*. Они могут быть вызваны, например, изменением климата в одном направлении (похолодание или потепление) и другими изменениями абиотических условий. Такие смены могут происходить в течение столетий и тысячелетий и их называют *вековыми сукцессиями*. Если в результате изменения условий среды одни виды вымирают, а другие изменяются под действием естественного отбора, данный процесс рассматривается как *эволюционная сукцессия*.

Если сукцессия происходит вследствие внутренних взаимодействий, она называется *эндогенетической*. Такие сукцессии наблюдаются в природе, когда в процессе своего развития сообщество изменяет среду так, что она становится более благоприятной для другого сообщества. Формирующееся новое сообщество, в свою очередь, делает среду еще более неблагоприятной для прежнего сообщества. Происходит процесс смены экосистем, проходящий несколько стадий, до тех пор, пока не будет достигнуто окончательное популяционное равновесие. Сукцессия заканчивается формированием сообщества, адаптированного к климатическим условиям, способного поддерживать себя неограниченно долго, внутренние компоненты которого уравновешены друг с другом и с окружающей средой. Завершающее сукцессию сообщество – устойчивое, самовозобновляющееся и находящееся в равновесии со средой – называется *климаксным сообществом*.

Процесс развития и смены экосистем, который начинается на новом, не заселенном ранее участке, определяется как *первичная сукцессия*.

Типичным примером является заселение обнажений горных пород. Вначале на скалах появляются лишайники и водоросли, формируется комплекс видов микроскопических водорослей, простейших, нематод, некото-

рых насекомых и клещей, который способствует образованию первичной почвы. Позже возникают другие формы лишайников, специализированные виды мхов, затем поселяются сосудистые растения и обогащается фауна.

На рис. 4 приведена схема развития типичной наземной первичной сукцессии.

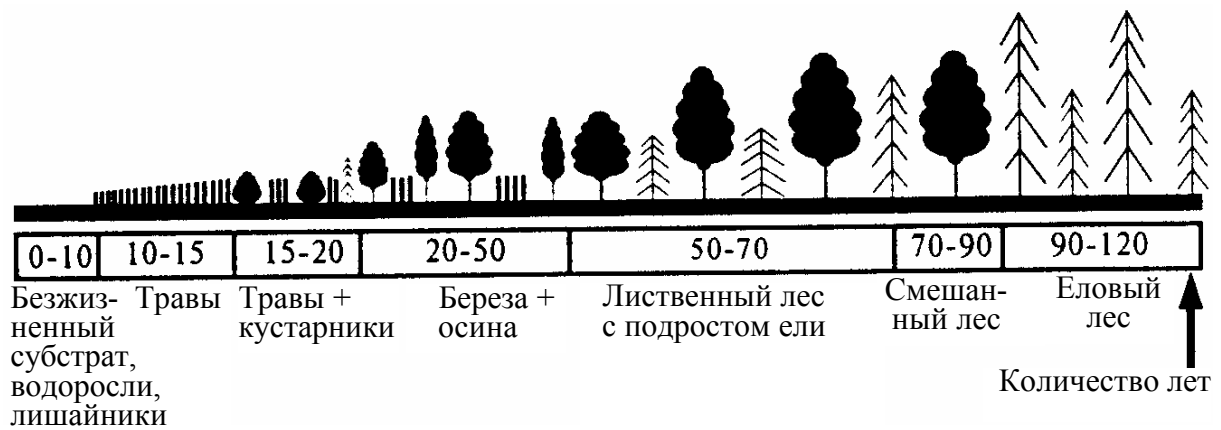


Рис. 4. Схема развития типичной наземной первичной сукцессии

Восстановление нарушенной экосистемы, ранее существовавшей на данной территории, называется *вторичной сукцессией*. Такие сукцессии возникают, например, после вырубок леса или лесных пожаров, при зарастании площадей, находившихся ранее под сельскохозяйственными угодьями. Вторичные сукцессии развиваются на субстрате, уже обогащенном органическим веществом, они начинаются с промежуточных стадий и происходят значительно быстрее, чем первичные сукцессии.

Общими закономерностями эндогенетических сукцессий являются увеличение видового разнообразия, усиление связей между популяциями различных видов организмов, уменьшение числа свободных экологических ниш, повышение продуктивности экосистем и в конечном итоге формирование климаксного биоценоза. При этом каждой сукцессии и на каждой стадии присущ набор видов, которые характерны для данного региона и наиболее приспособлены к той или иной ее стадии.

Насколько быстро меняются экосистемы, зависит от степени сдвига их равновесия. Сукцессии представляют собой естественный процесс развития экосистемы. При сукцессиях изменения происходят медленно и постепенно. На всех стадиях процесса замещения одних видов другими система является достаточно сбалансированной. В процессе сукцессии происходит формирование все более сложных биоценозов и экосистем, повышение их продуктивности.

В случае внезапных резких изменений, вызывающих «популяционный взрыв» некоторых видов за счет гибели большинства других видов, говорят об *экологическом нарушении*.

Нарушения могут возникать при вторжении интродуцированных видов или при необдуманном воздействии человека на природу. В современных условиях постоянный рост антропогенной нагрузки на природные экосистемы (осушение болот, чрезмерные нагрузки на леса, например, в результате отдыха населения, пожары, усиленный выпас скота, химическое загрязнение среды) часто приводит к относительно быстрому изменению их структуры. Антропогенные воздействия часто ведут к упрощению экосистем. Такие явления обычно называют дигрессиями (например пастбищные, рекреационные и другие). Когда нарушения столь велики, что не сохраняется практически ни один компонент экосистемы, говорят о ее *гибели*. После гибели экосистемы на освободившемся участке может начаться новая сукцессия.

2. БИОСФЕРА

Термин «биосфера» был впервые введен в литературу австрийским геологом Э. Зюссом для обозначения всего того пространства атмосферы, гидросферы и литосферы, в котором обитают живые организмы. Целостное учение о биосфере было создано академиком В.И. Вернадским (1863 – 1945 гг.), который определил биосферу как область существования и функционирования *живого вещества* – совокупности всех живых организмов на планете. В учении В.И. Вернадского впервые была раскрыта роль живых организмов в процессах планетарного масштаба, показано, что живые организмы и продукты их жизнедеятельности являются наиболее мощной геологической силой, играющей первостепенную роль в механизмах разрушения горных пород, круговорота веществ, изменении водной и воздушной оболочек планеты, эволюции верхних слоев литосферы.

Наряду с живым веществом В.И. Вернадский выделил еще несколько категорий вещества в биосфере. Живому веществу противопоставляется *косное вещество* – все геологические образования, не входящие в состав живых организмов и не созданные ими. Примеры косного вещества – гранит, кварц и т.п. Геологические породы, созданные в результате деятельности живого вещества, относятся к веществу *биогенному* (известняк, каменный уголь и пр.). В отдельную категорию выделяется *биокосное вещество*, представляющее собой комплекс взаимодействующих живого и косного вещества, примерами которого являются почвы, природные воды.

Живое вещество составляет примерно 0,01 % всей массы биосферы, но благодаря высокой химической и геологической активности именно оно является основой биосферы, состав которой определяется совокупной деятельностью живых организмов в настоящем и прошлом.

Современная биосфера охватывает пространство, в котором живые организмы обитают в настоящее время. В то же время безжизненные скоп-

ления органических веществ и других соединений, образовавшихся при участии живых организмов в прежние геологические эпохи (залежи каменного угля, нефти, горючих сланцев, рудные образования, известняки и т.д.), относят к так называемым былым биосферам.

Границы современной биосферы простираются в атмосфере до высоты озонового слоя (порядка 15 – 25 км), задерживающего губительное для живых организмов ультрафиолетовое излучение Солнца. В литосфере нижняя граница жизни располагается на глубинах около 3 – 4 км, что связано с повышением температуры в земных недрах (примерно до 100 °С на указанных глубинах). Наибольшую мощность биосфера имеет в мировом океане, где живые организмы обитают практически на всех глубинах (более 11 км).

Процессы, протекающие в биосфере и обеспечивающие ее функционирование как глобальной экосистемы, связаны с активным обменом веществом и энергией между ее компонентами. В этой связи важное значение имеют особенности физико-химической среды биосферы, такие как значительное содержание в ней жидкой воды, наличие многочисленных поверхностей раздела между твердыми, жидкими и газообразными фазами, и наконец, мощный поток солнечной энергии, проходящий через биосферу.

2.1. Свойства и функции живого вещества

Ключевую роль во всех биосферных процессах играют живые организмы, и сущность этих процессов раскрывается через функции живого вещества в биосфере, обусловленные его специфическими свойствами. К таким свойствам следует отнести способность быстро осваивать свободное пространство, способность к активному движению (против действующих сил), высокую приспособительную способность организмов к различным условиям, устойчивость при жизни и быстрое разложение после смерти, феноменально высокие скорости биохимических реакций в живых организмах и высокую скорость обновления живого вещества в биотическом круговороте. Все эти свойства живого вещества проистекают из концентрации в нем больших запасов энергии.

Современная классификация функций живого вещества (по А.В. Лапо) выделяет восемь основных:

Энергетическая функция связана с запасанием энергии в процессе фотосинтеза, передачей ее по цепям питания и рассеиванием.

Газовая функция проявляется в способности изменять и поддерживать определенный газовый состав среды обитания и атмосферы в целом.

Окислительно-восстановительная функция выражается в интенсификации под влиянием живого вещества процессов окисления и восстановления.

Концентрационная функция заключается в способности живых организмов концентрировать в своем теле рассеянные химические элементы, поглощаемые из среды. Противоположная по результатам *рассеивающая функция* проявляется через питательную и транспортную деятельность организмов.

Деструктивная функция состоит в разрушении организмами и продуктами их жизнедеятельности, в том числе после их смерти, как мертвого органического вещества, так и косных веществ.

Транспортная функция выражается в переносе вещества в результате активной формы движения.

Средообразующая функция является результатом совместного действия других функций и состоит в преобразовании физико-химических параметров среды в условия, благоприятные для существования живых организмов.

2.2. Круговорот веществ и химических элементов в биосфере

Важным свойством биосферы является наличие в ней механизмов, обеспечивающих круговорот веществ и связанную с ним неисчерпаемость отдельных химических элементов, а также непрерывность биосферных процессов.

Круговоротами называются повторяющиеся процессы превращения и перемещения веществ в природе, имеющие более или менее выраженный циклический характер.

Круговороты веществ и элементов отражают неразрывную связь геологических и биологических процессов в биосфере. Выделяют два основных круговорота: большой (геологический) и малый (биотический).

Большой круговорот происходит в течение сотен тысяч или миллионов лет. Горные породы подвергаются разрушению и выветриванию; про-

дукты выветривания, в том числе растворенные в воде минеральные питательные вещества, сносятся потоками воды в мировой океан. В океане эти вещества образуют морские напластовывания, а также частично возвращаются на сушу с атмосферными осадками и с живыми организмами. Крупные медленные геотектонические изменения, процессы опускания материков и поднятия морского дна приводят к возвращению морских отложений на сушу, после чего процесс проходит новый цикл.

Малый круговорот является частью большого круговорота и представляет собой процесс непрерывного создания и деструкции органического вещества в экосистемах в результате взаимосвязанного функционирования живых организмов.

Закономерный круговорот химических соединений отдельных элементов осуществляется в ходе совместной деятельности различных живых организмов. Он включает введение химических элементов в состав живых клеток, химические превращения веществ в процессах метаболизма, выведение в окружающую среду и деструкцию органических веществ с последующей их минерализацией. Высвобождающиеся минеральные вещества вновь включаются в биологические циклы. Процессы круговорота происходят в конкретных экосистемах, но в полном виде реализуются только на уровне биосферы в целом.

Обмен веществ между живыми и неживыми компонентами биосферы изучает биогеохимия. Круговороты химических элементов из неорганической среды через растительные и животные организмы обратно в неорганическую среду с использованием солнечной энергии называются *биогеохимическими циклами*.

В каждом круговороте выделяют две части: резервный фонд и подвижный (обменный) фонд. В резервный фонд входят медленно движущиеся вещества, в основном небиологический компонент. Для обменного фонда характерен быстрый обмен между организмами и окружающей средой. Сравнительные объемы подвижных и резервных фондов имеют значение с точки зрения оценки антропогенной нагрузки на биосферу, так как изменению более подвержены малообъемные фонды.

Биогеохимические циклы разделяют на круговороты газов с резервным фондом в атмосфере и гидросфере и осадочные круговороты с резервным фондом в земной коре.

Благодаря наличию крупных атмосферных и океанических фондов в круговоротах газообразных веществ – углерода, азота, кислорода – до-

вольно быстро компенсируются возможные нарушения. Эти круговороты «забуферены» и в этом отношении являются саморегулирующими системами. В осадочных циклах (фосфор, железо и др.) механизмы саморегуляции работают гораздо хуже и легко нарушаются, так как основная масса веществ в осадочных циклах находится в малоподвижном резервном фонде в земной коре.

В качестве примеров круговорота веществ в биосфере рассмотрим биогеохимические циклы важнейших биогенных элементов: углерода, азота, фосфора.

Круговорот углерода

В основе биогенного круговорота углерода лежит неорганическое вещество – диоксид углерода. В природе CO_2 входит в состав атмосферы, а также находится в растворенном виде в гидросфере.

Включение углерода в состав органического вещества происходит в процессе фотосинтеза, в результате которого на основе углекислого газа и воды образуются сахара. В дальнейшем другие процессы биосинтеза преобразуют их в более сложные органические вещества. Эти соединения формируют ткани фотосинтезирующих организмов и служат источником органических веществ для животных.

В процессе дыхания все организмы окисляют сложные органические вещества в конечном итоге до CO_2 , который выводится во внешнюю среду, где может вновь вовлекаться в процесс фотосинтеза. Углеродсодержащие органические соединения тканей живых организмов после их смерти подвергаются биологическому разрушению организмами-редуцентами, в результате чего углерод в виде H_2CO_3 вновь поступает в круговорот.

При определенных условиях разложение накапливаемых мертвых остатков в почве идет замедленным темпом через образование гумуса, минерализация которого под воздействием грибов и бактерий происходит с низкой скоростью. В некоторых случаях цепь разложения органического вещества бывает неполной. В частности, деятельность организмов-деструкторов может подавляться недостатком кислорода или повышенной кислотностью. В этом случае органические остатки накапливаются в виде торфа, углерод не высвобождается и круговорот приостанавливается. Аналогичным образом в прошлые геологические эпохи происходило образование каменного угля и нефти. Сжигание ископаемого топлива в настоящее время возвращает углерод, выключенный ранее из круговорота, в ат-

мосферу. В гидросфере приостановка круговорота углерода связана с включением CO_2 в состав CaCO_3 в виде известняков. В этом случае углерод выключается из круговорота на целые геологические эпохи до поднятия органогенных пород над уровнем моря. Тогда круговорот возобновляется через выщелачивание известняков атмосферными осадками, а также биогенным путем под воздействием лишайников, корней растений.

Схема круговорота углерода приведена на рис. 5.

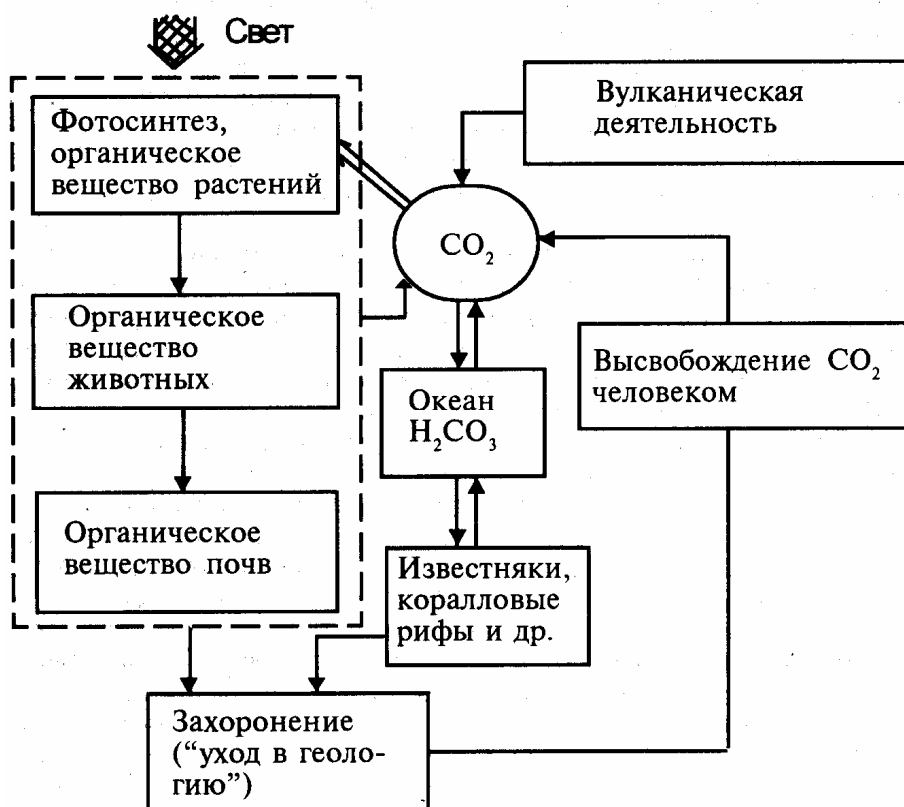


Рис. 5. Схема круговорота углерода

Круговорот азота

Главный источник азота органических соединений – газообразный азот N_2 в составе атмосферы. Молекулярный азот не усваивается живыми организмами. Переход его в доступные живым организмам соединения (фиксация) может осуществляться несколькими путями. Фиксация азота частично происходит в атмосфере, где при грозовых разрядах образуется оксид азота (II), который окисляется до оксида азота (IV), с последующим образованием азотной кислоты и нитратов, выпадающих на поверхность Земли с атмосферными осадками.

Наиболее важной формой фиксации азота является ферментативная фиксация в процессе жизнедеятельности сравнительно немногих видов организмов-азотфиксаторов. Отмирая, они обогащают среду органическим азотом, который быстро минерализуется. Наиболее эффективна фиксация азота, осуществляемая бактериями, формирующими симбиотические связи с бобовыми растениями. В результате их деятельности в наземных и подземных органах растений (например клевера или люцерны) за год накапливается азота до 150 – 400 кг на 1 га. Азот связывают также свободноживущие азотфиксирующие почвенные бактерии, а в водной среде – сине-зеленые водоросли (цианобактерии). Все азотфиксаторы включают азот в состав аммиака (NH_3), и он сразу же используется для образования органических веществ, в основном для синтеза белков. Минерализация азотсодержащих органических веществ редуцентами происходит в результате процессов *аммонификации* и *нитрификации*. Аммонифицирующие бактерии в процессе биохимического разложения мертвого органического вещества переводят азот органических соединений в аммиак, который в водном растворе образует ионы аммония (NH_4^+). В результате деятельности нитрифицирующих бактерий в аэробной среде аммиак окисляется в нитриты (NO_2^-), а затем в нитраты (NO_3^-).

Большинство растений получают азот из почвы в виде нитратов. Поступающие в растительную клетку нитраты восстанавливаются до нитритов, а затем до аммиака, после чего азот включается в состав аминокислот, составляющих белки. Часть азота растениями усваивается из почвенного раствора непосредственно в виде ионов аммония.

Животные получают азот по пищевым цепям прямо или опосредованно от растений. Экскреты и мертвые организмы, составляющие основу детритных пищевых цепей, разлагаются и минерализуются организмами-редуцентами, превращающими органический азот в неорганический.

Возвращение азота в атмосферу происходит в результате деятельности бактерий-денитрофикаторов, осуществляющих в анаэробной среде процесс, обратный нитрификации, восстанавливая нитраты до свободного азота.

Значительная часть азота, попадая в океан (в основном со стоком вод с континентов), используется водными фотосинтезирующими организмами, прежде всего фитопланктоном, а затем, попадая в цепи питания животных, частично возвращается на сушу с продуктами морского промысла или птицами. Небольшая часть азота попадает в морские осадки.

Схема круговорота азота приведена на рис. 6.

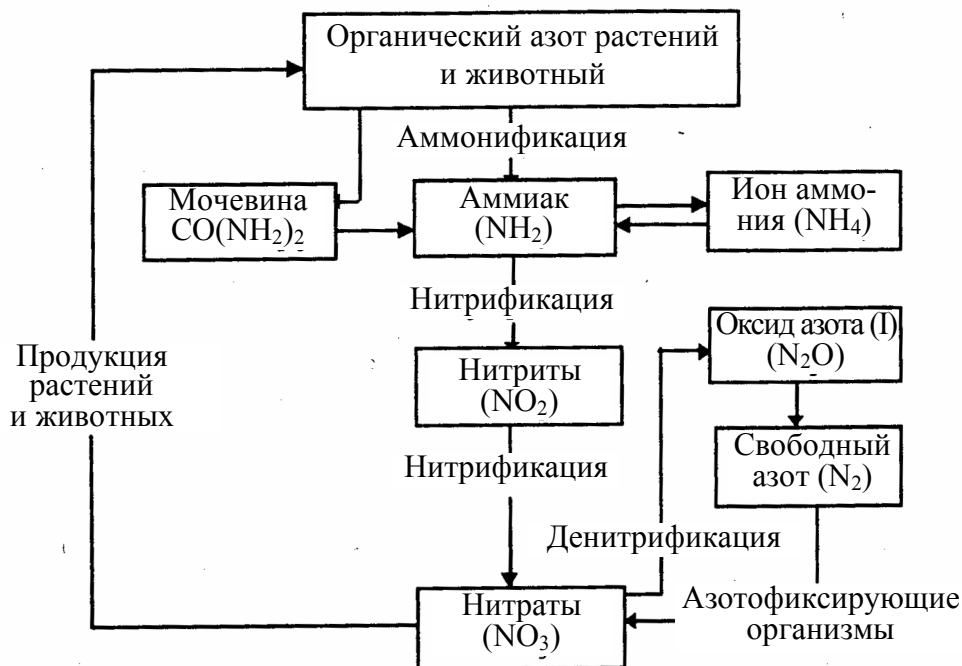


Рис. 6. Схема круговорота азота

Круговорот фосфора

В круговороте фосфора в отличие от круговоротов углерода и азота отсутствует газовая фаза. Фосфор в природе в больших количествах содержится в минералах горных пород и попадает в наземные экосистемы в процессе их разрушения. Выщелачивание фосфора осадками приводит к поступлению его в гидросферу и в водные экосистемы. Растения поглощают фосфор в виде растворимых фосфатов из водного или почвенного раствора и включают его в состав органических соединений – нуклеиновых кислот, систем переноса энергии (АДФ, АТФ), в состав клеточных мембран. Другие организмы получают фосфор по пищевым цепям. В организмах животных фосфор входит в состав костной ткани, дентина.

В процессе клеточного дыхания происходит окисление органических соединений, содержащих фосфор, при этом органические фосфаты поступают в окружающую среду в составе экскретов. Организмы-редуценты минерализуют органические вещества, содержащие фосфор, в неорганические фосфаты, которые вновь могут быть использованы растениями, и таким образом снова вовлекаются в круговорот.

Поскольку в круговороте фосфора отсутствует газовая фаза, фосфор, как и другие биогенные элементы почвы, циркулирует в экосистеме лишь

в том случае, если отходы жизнедеятельности откладываются в местах поглощения данного элемента. Нарушение круговорота фосфора может происходить, например, в агроэкосистемах, когда урожай вместе с извлеченными из почвы биогенами перевозится на значительные расстояния, и биогены не возвращаются в почву в местах потребления.

После неоднократного потребления фосфора организмами на суше и в водной среде в конечном итоге он выводится в донные осадки в виде нерастворимых фосфатов. После поднятия осадочных пород над уровнем моря в ходе большого круговорота вновь начинают действовать процессы выщелачивания и биогенного разрушения.

Внесение фосфорных удобрений, представляющих собой продукты переработки осадочных пород, позволяет восполнить потребленный фосфор в регионах с интенсивным сельскохозяйственным производством. Однако смыв удобрений с полей, а также поступление в водоемы фосфатов с продуктами жизнедеятельности животных и человека могут приводить к перенасыщению водных экосистем фосфатами и нарушению в них экологического равновесия.

Схема круговорота фосфора приведена на рис. 7.

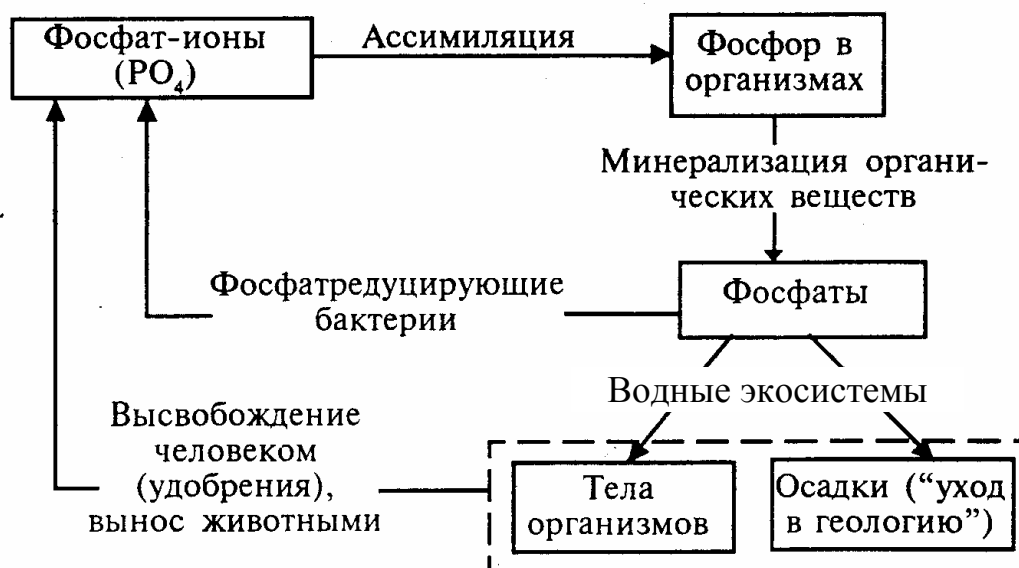


Рис. 7. Схема круговорота фосфора

3. АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА БИОСФЕРУ И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЯ

3.1. Место человека в биосфере

Характер и масштабы влияния человека на окружающую среду определяются его двойственным положением в биосфере. Человек является биологическим объектом, входящим в общую систему круговоротов, и связан со средой сложной системой взаимодействий, как и всякий другой биологический объект. В то же время человеческое общество как высоко-развитая социальная система предъявляет к среде широкий круг небиологических требований, вызванных техническими, бытовыми, культурными потребностями. Поэтому масштабы использования природных ресурсов человечеством существенно превышают биологические потребности. Неизбежно возникает ситуация *переексплуатации природных ресурсов*, прежде всего биологических. Поскольку социально-технические потребности человека связаны с отчуждением из окружающей среды веществ, которые не входят в биологический круговорот, не возвращаются в исходное состояние и не возобновляются, возникает *проблема невозобновимых ресурсов*. В свою очередь, многие продукты технологической переработки биогенных и абиогенных веществ так же не включаются в круговорот. Не имея специфических биологических деструкторов, они не разлагаются, а накапливаются как загрязнители биосферы. Возникает *проблема загрязнения биосферы* как прямое следствие современных форм хозяйствования. Токсичность многих продуктов, выводимых в окружающую среду, нарушает структуру и функции естественных экологических систем, т.е. в конечном счете нарушаются биологические условия жизни человека.

Таким образом, в результате развития человечества как социальной системы, которая функционирует намного шире, чем биологическая, на-

рушая сбалансированный в процессе эволюции биологический круговорот, создается кризисная ситуация, влекущая за собой ухудшение качества окружающей среды.

3.2. Загрязнение окружающей среды

Загрязнение окружающей среды можно определить как любое неблагоприятное изменение, являющееся полностью или в основном побочным результатом деятельности человека.

В настоящее время деятельность человека оказывает влияние на всю биосферу, затрагивая все основные геосферы: атмосферу, гидросферу и литосферу.

Воздействие человека на биосферу сводится к четырем главным формам, а именно происходят изменения:

- структуры земной поверхности (распашка степей, вырубка лесов, мелиорация, создание искусственных озер и морей и другие изменения режима поверхностных вод);

- состава биосферы, круговорота и баланса слагающих ее веществ (изъятие ископаемых, создание отвалов, выброс различных веществ в атмосферу и водные объекты, изменение влагооборота);

- энергетического, в частности теплового, баланса отдельных регионов земного шара и всей планеты;

- вносимые в биоту в результате истребления некоторых видов, создание новых пород животных и сортов растений, перемещение их на новые места обитания.

Загрязнением в узком смысле считается привнесение в среду новых, не характерных для нее физических, химических и биологических агентов или превышение среднегодовалого уровня этих агентов в среде. Механические, химические и биологические загрязнения относятся к материальным загрязнениям, физические загрязнения – это загрязнения энергетические (тепловое, вибрационное, шумовое, ультразвуковое, электромагнитные поля, ионизирующие излучения).

Различают загрязнители, разрушаемые биологическими процессами и неразрушаемые (стойкие). Первые входят в естественные круговороты веществ и поэтому быстро исчезают, подвергаясь разрушению биологиче-

скими агентами. Вторые не входят в естественные круговороты веществ, передаются по пищевым цепям и накапливаются.

Непосредственными объектами загрязнения являются основные компоненты экотопа: атмосфера, вода, почва, косвенными объектами загрязнения (жертвами загрязнения) – составляющие биоценоза: растения, животные, микроорганизмы. В конечном итоге объектом загрязнения служит элементарная структурная единица биосферы – биогеоценоз. Вносимые в результате загрязнения в среду изменения означают изменение режимов различных экологических факторов, отклонение их от требований того или иного организма (звена в пищевой цепи). При этом нарушаются процессы обмена веществ, снижается интенсивность ассимиляции и продуктивность биогеоценоза в целом.

Таким образом, с экологических позиций загрязнением окружающей среды следует называть любое внесение в ту или иную экосистему несвойственных ей живых или неживых компонентов или структурных изменений, прерывающих круговорот веществ, их ассимиляцию, поток энергии, вследствие чего данная экосистема разрушается или снижается ее продуктивность.

3.3. Проблемы загрязнения атмосферы

Значительное отрицательное воздействие на устойчивость биосферы оказывает загрязнение атмосферного воздуха. Это связано с тем, что атмосферные процессы занимают важное место в круговороте веществ. Воздух является средой обитания многих организмов, большинство организмов используют кислород воздуха для дыхания, а конденсируемая влага является источником питьевой воды. Таким образом, химический состав воздуха оказывает непосредственное влияние на живые организмы. Состояние атмосферы определяет тепловой режим поверхности Земли, влияет на количество солнечного излучения, достигающего поверхности Земли, которое используется автотрофными организмами для фотосинтеза. Озоновый слой, находящийся на высоте порядка 25 км, защищает планету от губительного для живых организмов ультрафиолетового излучения Солнца.

Загрязняющие вещества могут попадать в атмосферу из естественных источников: при извержении вулканов, пыльных бурях, лесных пожарах, в

результате капельного уноса влаги с поверхности океана и т.п. Естественные загрязнения биосферы способна удалять, ассимилировать и рециклизировать. Атмосферные загрязнения рассеиваются в атмосфере, выпадают с осадками на Землю, где в дальнейшем преобразуются, в частности, микроорганизмами в безвредные соединения. Поступление же в атмосферу огромных количеств загрязняющих веществ из антропогенных источников приводит к превышению возможностей биосферы по их рециклизации.

При изучении поведения загрязняющих веществ в атмосфере необходимо учитывать следующие ее особенности. Воздух представляет собой легко перемещающуюся среду. В состав воздуха входят окислители, а солнечное излучение способствует прохождению окислительных химических превращений. На круговорот веществ, растворимых в воде, в значительной мере влияет постоянная смена агрегатных состояний атмосферной влаги. Поэтому попадающие в атмосферу из наземных источников загрязнения частично выпадают на поверхность Земли вдали от места эмиссии, смешиваясь при этом с другими веществами. В результате химических превращений исходные загрязнители и выпадающие на Землю вещества могут отличаться по химическому составу, зачастую становясь более агрессивными. Эмиссия и выпадение веществ в осадок могут происходить в различных агрегатных состояниях вследствие образования твердых и жидких аэрозольных частиц и вымывания атмосферными осадками (рис. 8).

Загрязняющие вещества, выделяющиеся из источников, близких к поверхности Земли, распространяются в вертикальном и горизонтальном направлениях. В зависимости от структуры атмосферы и ее состояния в данный момент времени вертикальное перемешивание может достигать только определенной высоты, которая в первую очередь зависит от распределения температуры по вертикали.

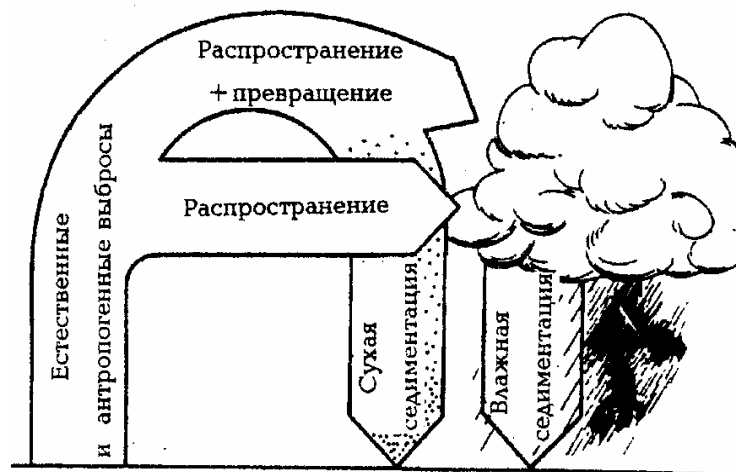


Рис. 8. Круговорот загрязняющих веществ в атмосфере

Начиная с поверхности Земли, температура снижается в вертикальном направлении на $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ на каждые 100 м. Основная причина заключается в

уменьшении концентрации водяного пара, поглощающего тепловое излучение земной поверхности. На высоте 8 – 18 км в атмосферном слое, называемом *тропопаузой*, это понижение прекращается. Тропопауза отделяет приземный слой атмосферы – *тропосферу* – от следующего слоя – *стратосферы*, в котором температура с высотой увеличивается вследствие протекающих там фотохимических реакций. Физическим условием движения потока воздуха вверх является снижение температуры в этом направлении. Поэтому перемешивание в тропопаузе замедляется и загрязняющие вещества, которые в тропосфере находятся недолго вследствие химических превращений и осаднения, не попадают в стратосферу. В то же время вещества, достаточно летучие и химически инертные, могут в конечном итоге попадать в атмосферу в результате диффузии.

Достаточно часто уже в нижних слоях тропосферы, вблизи поверхности Земли наблюдаются *температурные инверсии* – изменения температуры в противоположном направлении. Инверсии часто возникают в результате натекания теплого воздуха на нижележащие холодные слои, например при ясной погоде в безветренные ночи при сильном охлаждении поверхности

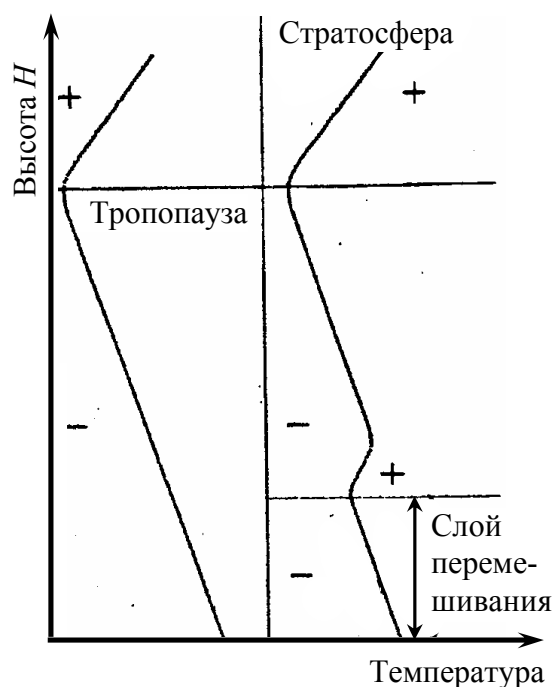


Рис. 9. Температурный профиль нижних слоев атмосферы

Земли и прилегающего слоя воздуха. При температурных инверсиях вертикальное перемешивание прекращается на малых высотах и загрязняющие вещества накапливаются у поверхности Земли (рис. 9).

По своим источникам вещества, загрязняющие атмосферу, представляют собой в основном:

- продукты сгорания топлива и сжигания отходов (взвеси, оксид углерода (II), оксид углерода (IV), органические соединения, оксид серы (IV), оксиды азота и т.д.);

- загрязнители, поступающие в атмосферу с выхлопными газами транспортных средств (оксиды азота,

углеводороды и продукты их неполного окисления, в том числе CO, тетраэтилсвинец и др.);

– загрязнители, поступающие в атмосферу с газовыми выбросами промышленных предприятий (оксиды серы и азота, соединения тяжелых металлов и др.).

Загрязняющие вещества, поступающие в атмосферу непосредственно из источников, называются *первичными загрязнителями*. Загрязнители, образующиеся из первичных в результате химических превращений в атмосфере, называются *вторичными*.

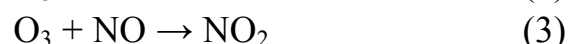
Одна из наиболее существенных проблем загрязнения атмосферного воздуха в крупных городах связана с вторичными загрязнителями – компонентами так называемого *фотохимического смога*.

Локальное загрязнение атмосферы. Смог

Явление образования смога относится к *локальным загрязнениям* атмосферы. Первоначально этот термин (*fog* – туман, *to smoke* – курить, англ.) применялся к явлению образования токсичной смеси дыма и тумана в результате загрязнения воздуха в условиях высокой влажности продуктами сгорания топлива (в основном каменного угля) – сажей и диоксидом серы, образующим в каплях воды серную кислоту. Это так называемый «лондонский смог». Фотохимический смог («смог Лос-Анджелеса») отличается от лондонского по своей химической природе и условиям образования.

Фотохимический смог образуется в результате химического взаимодействия оксидов азота и углеводородов, попадающих в воздух с выхлопными газами автотранспорта, под действием солнечного излучения. Продукты этих реакций называются фотохимическими окислителями. Это агрессивные химические соединения, токсичные для растений, животных и человека.

Присутствующие в атмосфере оксиды азота под действием солнечного излучения претерпевают химические превращения, приводящие к образованию и разрушению озона:



Озон – сильный окислитель, сам по себе является опасным загрязнителем в тропосфере вследствие токсического действия на живые организмы, однако накопления значительного количества озона за счет химических превращений оксидов азота не происходит вследствие протекания ре-

акции (3). Однако, если в воздухе наряду с оксидами азота присутствуют углеводороды, происходит серия реакций, в которых оксид азота NO и углеводороды C_xH_y образуют чрезвычайно токсичные соединения – пероксиацилнитраты (ПАН):



В результате расходования NO на реакцию (4) происходит накопления озона, образующегося по реакциям (1, 2).

Другими продуктами окисления углеводородов являются кислородсодержащие органические соединения – альдегиды и кетоны, которые также входят в состав фотохимического смога.

Образование фотохимического смога имеет место, как правило, в условиях температурных инверсий в безветренную ясную погоду в городах с большим скоплением автотранспорта. Фотохимический смог наблюдается в виде голубоватой дымки или беловатого тумана из-за образования аэрозольных частиц. Фотохимический смог вызывает головные боли, тошноту, раздражение слизистых оболочек глаз и дыхательных путей, ухудшает состояние при хронических респираторных заболеваниях.

Глобальные проблемы загрязнения атмосферы

Поскольку атмосфера является непрерывной и наиболее подвижной частью биосферы, воздействие на нее множества рассредоточенных по поверхности Земли источников загрязнения приобретает глобальный характер. Наиболее значимыми глобальными проблемами загрязнения атмосферы следует считать возникновение «парникового эффекта», разрушение озонового слоя планеты и образование кислотных осадков.

«Парниковый эффект»

Суть проблемы «парникового эффекта» в атмосфере заключается в нарушении теплового баланса атмосферы в результате увеличения содержания в воздухе так называемых парниковых газов – газов, молекулы которых интенсивно поглощают тепловое излучение, исходящее от поверхности Земли, нагреваемой солнечными лучами. Важнейшими парниковыми газами являются диоксид углерода, метан, хлорфторуглероды (фреоны), оксид азота (I). Вклад этих веществ в увеличение средней глобальной температуры атмосферы оценивается соответственно следующими цифрами: CO₂ – 49, CH₄ – 18, ХФУ – 14, N₂O – 6, другие газы – 13 %.

«Высокий вклад» углекислого газа в создание парникового эффекта в атмосфере связан со значительным увеличением содержания этого веществ-

ва в воздухе в результате сжигания в больших объемах ископаемого топлива. Если в начале XX века содержание CO_2 в воздухе составляло примерно 0,029 %, то в 90-е гг. XX века – уже приблизительно 0,035 %, т.е. относительный рост за это время составил около 20 %. Рост населения и возрастание потребления топлива увеличивают темпы поступления углекислого газа в атмосферу.

Накопление диоксида углерода в значительной степени обусловлено также массовым сведением лесов на планете (в основном тропических) и уменьшением продуктивности фитопланктона в океане (например, вследствие раскрытия «озоновых дыр»), что приводит к уменьшению связывания CO_2 в процессах фотосинтеза.

Другие парниковые газы поступают в атмосферу в меньших количествах, но влияют на температуру атмосферы ненамного меньше, так как поглощают инфракрасное излучение в 50 – 100 раз сильнее, чем CO_2 . Достаточно высокий «вклад» в парниковый эффект вносит метан. К его антропогенным источникам поступления относят рисовые поля – источники биологического поступления метана, а также достаточно высокие потери природного газа при добыче, транспортировке по трубопроводам, распределении в населенных пунктах, при использовании на станциях теплоснабжения и электростанциях.

Гипотеза увеличения глобальной температуры Земли в результате парникового эффекта, создаваемого преимущественно углекислым газом, была выдвинута в 1962 г. российским климатологом Н.И. Будыко, а к концу 60-х гг. были получены данные, подтверждающие эту гипотезу. Согласно расчетам, при сохранении современного темпа роста к середине XXI века глобальная температура приземного слоя может повыситься на 1,5 – 4,5 °С, при этом более значительное потепление ожидается в высоких широтах. Климатические последствия парникового эффекта могут быть весьма значительны. Таяние льдов и, как следствие, повышение уровня Мирового океана на величину до 20 см влечет за собой затопление части суши; таяние верхнего слоя вечной мерзлоты – нарушение устойчивости фундаментов и разрушение коммуникаций; перераспределение осадков вследствие неравномерного потепления – изменение режима речного стока, отрицательные последствия для сельского хозяйства, нарушение режима работы ГЭС и т.д. Таким образом, проблема парникового эффекта чревата серьезными климатическими последствиями, влияющими и на разрушение хозяйственной инфраструктуры. В 1992 г. государствами-членами ООН

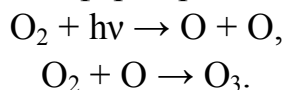
принята Конвенция ООН об изменении климата, конечная цель которой – добиться стабилизации содержания парниковых газов в атмосфере на уровне, не допускающем опасного воздействия на климатическую систему Земли.

Разрушение озонового слоя планеты

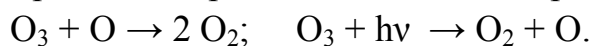
Другой не менее значимой глобальной проблемой загрязнения атмосферы является истощение озонового слоя в ней под действием озоноразрушающих веществ техногенного происхождения.

Озоновый слой в атмосфере Земли представляет собой скопление озона (O_3 – аллотропная модификация кислорода) в стратосфере на высотах от 15 до 50 км с максимальным его содержанием на высоте 20 – 25 км. Мощность озонового слоя – 3 млрд т озона. При нормальных условиях (давление 1 атм., температура 0 °С) озоновый слой имел бы толщину 2 – 4 мм.

Образование озона в стратосфере происходит по реакциям:



Одновременно происходит разложение озона по реакциям:



В результате этих реакций устанавливается стационарное состояние, и концентрация озона остается постоянной.

Озоновый слой в стратосфере выполняет важные экологические функции: поглощает до 99 % коротковолнового ультрафиолетового излучения, губительного для живых организмов, а также играет важную роль в поддержании теплового баланса планеты.

Процесс разложения озона катализируется атомами галогенов, оксидом азота (II) и некоторыми другими частицами:



Поступление в стратосферу озоноразрушающих веществ приводит к уменьшению стационарной концентрации озона, т.е. разрежению озонового слоя. Впервые разрежение озонового слоя было зафиксировано спутниковыми наблюдениями над южным полюсом осенью 1985 г.

Источниками атомов хлора в стратосфере могут служить молекулы фреонов – летучих и химически инертных хлорфторуглеродов, не разрушающихся в тропосфере. В атмосферу фреоны попадают из антропогенных источников, поскольку широко используются в качестве хладагентов в холодильных установках, кондиционерах, тепловых насосах, а также в

качестве носителей в аэрозольных баллончиках, вспенивателей в производстве пористых полимеров, в качестве растворителей для очистки компьютерных микросхем и пр. Оксид азота (II) из наземных источников в стратосферу не попадает, так как будучи химически активным, имеет малое время жизни в тропосфере, однако этот оксид непосредственно поступает в атмосферу с выхлопными газами ракет и реактивных самолетов. Опасным озоноразрушающим веществом, способным проникать в стратосферу, является также бромистый метил, используемый в качестве добавки к автомобильному топливу.

Пик производства озоноразрушающих веществ (ОРВ) в мире пришелся на 1987 – 1988-е гг. (1,2 – 1,4 млн т /год). В 1987 г. 56 стран мира, в том числе СССР, подписали Монреальский протокол, предусматривающий резкое сокращение за 10 лет и постепенное прекращение производства ОРВ. Согласно расчетам специалистов, при остановке роста содержания ОРВ в стратосфере прогнозируется восстановление озонового слоя.

Загрязнение атмосферы кислотообразующими веществами

Кислотообразующие вещества в атмосфере представлены в основном оксидами серы (SO_2) и азота (NO , NO_2), которые поступают как из природных, так и из антропогенных источников. Природными источниками диоксида серы являются вулканическая деятельность, а также окисление сероводорода, поступающего в атмосферу, как при извержении вулканов, так и из биологических источников. Также из естественных биологических источников в атмосферу поступают оксиды азота.

Антропогенное загрязнение оксидами серы атмосферы связано с сжиганием топлива, прежде всего каменного угля, содержащего до нескольких процентов серы. Источниками образования SO_2 также являются металлургическая промышленность (переработка сульфидных руд меди, свинца и цинка), а также предприятия по производству серной кислоты и переработке нефти.

Диоксид серы в атмосфере претерпевает химические превращения. Под действием солнечного излучения в газовой фазе происходит его окисление до триоксида серы (SO_3), который, растворяясь в частицах атмосферной воды, образует серную кислоту:



Окисление происходит так же в жидкой фазе после абсорбции SO_2 в каплях атмосферной влаги:

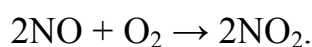


либо в твердой фазе после адсорбции на частицах оксидов металлов:

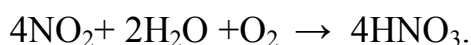


Антропогенное загрязнение атмосферы оксидами азота связано с сжиганием всех видов природного топлива, выбросом выхлопных газов автомобильного транспорта и с газовыми выбросами предприятий химической промышленности.

При сжигании топлива на предприятиях теплоэнергетического комплекса и при работе двигателей внутреннего сгорания в результате взаимодействия при высоких температурах кислорода и азота, содержащихся в воздухе, используемом для сжигания топлива, образуется монооксид азота NO. Это соединение легко окисляется, реагируя с кислородом, до диоксида азота NO₂:



В атмосфере газообразный диоксид азота растворяется в капельках влаги с образованием азотной кислоты:



Образующиеся в результате описанных выше химических превращений оксидов серы и азота сильные кислоты – серная и азотная – являются причиной образования *кислотных атмосферных осадков*: кислотных дождей, снега, тумана.

Кислотность осадков характеризуется величиной водородного показателя $\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$ ($[\text{H}^+]$ – концентрация ионов водорода в воде). Нейтральной среде отвечает $\text{pH} = 7$, кислой среде – $\text{pH} < 7$.

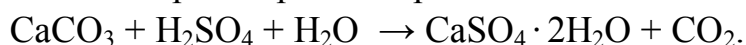
Поскольку в атмосферном воздухе содержится значительное количество углекислого газа (примерно 0,034 % CO₂), который также является кислотным оксидом, даже в условиях незагрязненной атмосферы осадки имеют слабокислую реакцию вследствие образования в каплях влаги слабой угольной кислоты: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$. Поэтому незагрязненные атмосферные осадки имеют $\text{pH} \sim 5,6$.

Чем больше объем воды, в которой растворяются кислоты, тем менее кислотными являются осадки, поэтому сильные дожди менее кислотные, а наибольшую кислотность (наименьшее значение pH) имеет туман.

Поскольку кислоты и кислотные оксиды могут выпадать из атмосферы и в результате сухой седиментации сами по себе или с частицами пыли, сухие кислотные отложения на поверхности растений при выпадении росы, растворяясь в небольшом количестве воды, также делают ее кислотной, т.е. к кислотным осадкам относится также и кислотная роса.

Кислотные осадки оказывают негативное влияние на наземные и водные экосистемы, которое заключается как в прямом воздействии на организмы (например разрушение воскового покрова листьев растений, что делает их доступными для болезнетворных микроорганизмов), так и косвенном – через влияние на среду обитания. Все живые организмы адаптированы к определенной кислотности среды, являющейся одним из абиотических факторов, кроме того, повышение кислотности вызывает другие изменения в среде, например переход алюминия и нерастворимых форм в растворимые, токсичные для живых организмов; осаждение нерастворимых фосфатов алюминия, приводящее к снижению содержания этого элемента минерального питания в воде или почвенном растворе; вымывание биогенных катионов (элементов питания – K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) из почвы и т.д.

Кислотные осадки приводят к разрушению предметов материальной культуры – зданий, металлических конструкций. Под действием кислот происходит разрушение карбонатных строительных материалов (известняк, мрамор) вследствие растворения карбонатов:



Кислотные осадки усиливают коррозию изделий из железа и других металлов, приводят к разрушению резины и других материалов.

Для предупреждения опасного воздействия кислотных осадков на экосистемы и антропогенные сооружения необходимо добиваться снижения выбросов в атмосферу оксидов серы и азота.

3.4. Экологические проблемы гидросферы

Вода в биосфере. Гидрологический цикл

Водная оболочка Земли – гидросфера – включает в себя воды Мирового океана, поверхностные воды рек и озер, грунтовые воды, воду ледников и снежного покрова, атмосферную влагу.

Вода, испаряющаяся с водной поверхности, образует атмосферную влагу, конденсация которой приводит к выпадению атмосферных осадков. Этот процесс составляет *большой круговорот* воды, или *гидрологический цикл*. Выделяется также малый круговорот, в котором вода из атмосферы возвращается на те районы земной поверхности, где она испарилась.

Вода – необходимая часть биосферы. Она входит в состав всех живых организмов и составляет до 90 % их массы. Уникальные физико-

химические свойства воды оказывают существенное влияние на формирование физико-химических параметров среды жизни. Так, аномальная температурная зависимость плотности воды обуславливает процессы ее циркуляции, температурную стратификацию (слоистую структуру водоемов) в летний и зимний периоды, предотвращение промерзания водоемов. Высокая теплоемкость воды обеспечивает относительно небольшую разность дневных и ночных температур, высокие теплоты плавления и испарения – сглаживание сезонных переходов. Высокое значение поверхностного натяжения обуславливает действие капиллярных сил, благодаря которым вода способна подниматься к поверхности от глубины грунтовых вод. Высокое значение диэлектрической постоянной воды делает ее универсальным полярным растворителем, в связи с чем в природе практически не существует чистой воды, а вся вода представляет собой растворы.

Для круговорота воды в пределах биоценоза наиболее важное значение имеют процессы перехвата, транспирации, инфильтрации и стока – составляющие малого круговорота. Вода атмосферных осадков прежде чем попасть на поверхность Земли перехватывается растениями. Вода, достигшая почвы, просачивается в нее (процесс инфильтрации) или образует поверхностный сток. Вода, достигающая грунтовых вод, включается в их состав. Подземный сток связывает почвенную влагу с поверхностными водами и гидросферой в целом. Почвенная влага используется растениями, а часть ее путем испарения растениями (транспирации) вновь попадает в атмосферу. Транспирация растениями вносит существенный вклад в круговорот воды, превышая в некоторых районах испарение со свободной поверхности водных объектов. Водный баланс растений является важнейшим фактором продуктивности, особенно в экосистемах с незначительным увлажнением. Значение воды заключается также в том, что она осуществляет перенос растворенных в ней веществ как тех, которые необходимы организмам, так и возможных загрязнителей.

Вода, выпадающая с осадками, очищена при испарении. Поверхностный сток может быть сильно загрязнен частицами почвы, детритом и питающимися им микроорганизмами, растворенными веществами. Однако в природных системах поверхностный сток относительно невелик. Вода, просачивающаяся в грунт, отфильтровывается от грязи, детрита и микроорганизмов, а растворенные химические вещества могут сорбироваться на частицах почвы. При прохождении воды через почву и грунт, в свою очередь, происходит вымывание из него растворимых в воде веществ (выше-

лачивание). В большинстве случаев минералы, вымываемые в грунтовые воды в естественных условиях, безвредны, и выходы грунтовых вод в виде родников питают и пополняют поверхностные водоемы высококачественной пресной водой.

Соли и другие растворимые вещества уносятся к местам испарения (моря, океаны, бессточные озера) и накапливаются там по мере того, как вода испаряется.

Проблемы водопользования

Употребляемая человеком вода на время изымается из круговорота, при этом возвращается загрязненной. Возникают проблемы, связанные, во-первых, с ограниченностью запасов воды в источниках, во-вторых, с негативными последствиями для экосистем, расположенных ниже по течению рек из-за уменьшения стока, в-третьих, с загрязнением воды сточными водами. При хорошей очистке воды и рециклизации указанные проблемы снимаются: очищенная вода может использоваться неограниченное количество раз, без нанесения ущерба экосистемам. Такое водопользование называется возвратным, так как вода при этом не теряется.

Использование воды для орошения, напротив, является безвозвратным водопотреблением, так как вода в этом случае возвращается в атмосферу за счет испарения и транспирации и на какое-то время теряется для экосистем.

Потребность в воде по мере роста населения, развития промышленности и сельского хозяйства растет, в то время как возможности использования дополнительных поверхностных источников воды становятся все более ограниченными, при том что последние все более загрязняются. Чтобы одновременно увеличить водоснабжение и повысить качество пресной воды, в последние годы все более интенсивно используются грунтовые воды.

Во многих регионах в настоящее время вода расходуется со скоростью, превышающей пределы устойчивости водоснабжения экосистем. Перерасход водных ресурсов приводит к негативным экологическим последствиям.

Забор поверхностных вод, превышающий 30 % среднегодового стока рек, ведет к хроническому недостатку воды. При отводе воды из реки может происходить пересыхание болот в окрестностях из-за отсутствия подпитки паводком, гибель дичи, нарушение экосистем. При сокращении речного стока увеличивается соленость эстуариев (прибрежной зоны морей и

океанов в месте впадения реки), что влечет за собой изменения в их экосистемах. Такие же проблемы возникают в бессточных внутренних озерах. Перерасход грунтовых вод приводит к падению уровня грунтовых вод и истощению их запасов, так как скорость потребления превышает скорость пополнения запасов, особенно в районах с низким количеством осадков. Падение уровня грунтовых вод, в свою очередь, сказывается на сокращении количества воды в поверхностных водоемах. Падение уровня грунтовых вод может приводить также к просадкам грунта – постепенному опусканию поверхности суши со скоростью до 15 – 30 см в год, что служит причиной разрушения фундаментов, дорог, водопроводных и канализационных сетей.

Проблемы загрязнения поверхностных вод

Загрязнение поверхностных вод в значительной степени связано с деятельностью промышленных предприятий, направляющих свои выбросы в водные объекты. Не менее интенсивно загрязняет гидросферу и современное сельское хозяйство с массовым содержанием скота, интенсивным внесением удобрений в почву и использованием средств защиты растений от вредителей. Определенный «вклад» в общее загрязнение вод вносят и бытовые сбросы. К загрязнению поверхностных вод ведет и значительное увеличение поверхностного стока, и уменьшение инфильтрации, вызванные развитием городов и сельского хозяйства, сведением лесов и опустыниванием.

Загрязняющие вещества, попадающие в воду, ведут себя по-разному в зависимости от их природы. Органические соединения природного происхождения за некоторым исключением быстро разрушаются микроорганизмами. При достаточном количестве кислорода проявляется активность аэробных микроорганизмов, питающихся органическими веществами. При этом образуются углекислый газ и вода, а также нитраты, фосфаты, сульфаты и кислородные соединения других элементов, содержавшихся в исходных веществах. Выделенные фосфаты и нитраты играют особую роль в изменении состояния воды, так как являются элементами минерального питания, лимитирующими процессы фотосинтеза. В естественных водоемах эти ионы содержатся в малых количествах и ограничивают рост растений и планктона. Высокое содержание фосфатов и нитратов в воде способствует усиленному росту фитопланктона, размножению зоопланктона и высшей фауны, которые употребляют кислород при дыхании. С ростом

числа живых организмов, особенно планктона, имеющего короткий жизненный цикл, увеличивается количество детрита (мертвого органического вещества), для аэробного разрушения которого так же необходим кислород. В таких условиях расход кислорода не восполняется его продукцией в процессе фотосинтеза. Происходит переход от аэробного состояния водоема к анаэробному. В отсутствие кислорода разложение органического вещества происходит в процессе жизнедеятельности анаэробных микроорганизмов. В результате целого ряда взаимосвязанных процессов брожения образуется метан (CH_4), углекислый газ, вода, аммиак (NH_3) и сероводород (H_2S). При этом фосфор, содержащийся в детрите, вновь выделяется в воду в виде фосфатов.

Дефицит кислорода, а также образование токсичных продуктов реакций анаэробного окисления приводят к гибели большинства видов водной экосистемы.

Условия в водоеме, характеризующиеся низкими концентрациями фосфатов и нитратов и высоким содержанием растворенного кислорода, называются *олиготрофными*; условия, соответствующие высоким концентрациям фосфатов и нитратов и низкому содержанию кислорода – *эвтрофными*. Переход от олиготрофных условий к эвтрофным рассматривается как процесс *эвтрофизации водоема*.

Эвтрофизация, вообще говоря, представляет собой естественный процесс старения водоема по мере поступления в него с поверхностным стоком наносов, содержащих частицы почвы и детрит. Процесс естественной эвтрофизации происходит медленно и приводит к постепенному заболачиванию водоемов, что проявляется в виде смены экосистем в ходе сукцессии. Антропогенная эвтрофизация, вызываемая увеличенным поверхностным стоком, смывом с полей высококонцентрированных минеральных удобрений, сбросом в водоемы неочищенных сточных вод, содержащих органические вещества, нитраты и фосфаты, отличается быстрыми темпами протекания и имеет характер экологического нарушения, в пределе приводящего к полной гибели водной экосистемы.

Существенные экологические проблемы возникают при попадании в водоемы трудноразрушаемых или устойчивых органических загрязняющих веществ. К ним относятся компоненты нефти и нефтепродуктов, а также многочисленные синтетические органические соединения, для разрушения которых микроорганизмам не хватает многих специфических ферментов (биологических катализаторов).

Нефть может попадать в природную среду при бурении скважин на нефтяных месторождениях, авариях танкеров и утечках в нефтепроводах, транспортировке, переработке сырой нефти, а также при очистке автоцистерн от нефти и нефтепродуктов. Гидрофобная нефть образует тонкую пленку на поверхности воды, на открытых водных поверхностях с течением времени образуется эмульсионный слой нефть-вода, который препятствует газообмену между водой и воздухом. Это приводит к тому, что живые организмы, находящиеся под этой пленкой, постепенно задыхаются. У морских птиц контакт с нефтью приводит к склеиванию оперения, они утрачивают способность держаться на воде и быстро гибнут от переохлаждения. Растворимые в воде окисленные компоненты нефти могут обладать токсическим действием.

Нефть в природной среде подвергается микробиологическому распаду, в котором участвуют различные виды бактерий, но этот распад протекает очень медленно, так что нефть в течение недель и месяцев находится на поверхности воды, легколетучие компоненты нефти испаряются, а малолетучие медленно окисляются и образуют сгустки, опускающиеся на дно водоема.

При просачивании в почву несмотря на большую вязкость нефть проникает в грунтовые воды и может распространяться на большие расстояния. Вода становится непригодной для использования при наличии 1 л нефти в 10⁶ л воды.

3.5. Охрана почв и земельных ресурсов

Состав, строение и свойства почв

Почва и вода относятся к так называемым возобновимым ресурсам: естественные процессы поддерживают их существование бесконечно долго. Однако чрезмерная эксплуатация этих ресурсов человеком приводит к их истощению. Проблема охраны земельных ресурсов в настоящее время стоит достаточно остро. Широко распространены негативные процессы закисления почв, дегумификации, переуплотнения, засоления, эрозии и другие виды деградации.

Почва представляет собой рыхлые наслоения сложного состава на твердой оболочке литосферы Земли, которые образуются из горных по-

род вследствие преобразования их во времени под влиянием растительных и животных организмов в различных условиях климата и рельефа. В состав почвы входят минеральная основа, органическое вещество и биотический компонент. Горные породы превращаются в почву в результате совместно протекающих процессов – выветривания и почвообразования. В процессе выветривания массивная горная порода из плотной монолитной массы превращается в рыхлую горную породу, минеральные элементы переходят в растворимое состояние и становятся доступными для растений. Органическая часть почвы образуется из остатков растений, животных и микроорганизмов. Органические материалы подвергаются микробиологическим процессам, измельчаются и поедаются обитающими в земле живыми организмами. Из переработанных таким образом органических материалов создается гумус, состоящий из органических веществ, относительно устойчивых к разложению. Как органические, так и неорганические материалы образуют частицы различной величины, пустоты, между которыми обеспечивают пористость почвы. Поры почвы заполнены частично воздухом, частично водой. Воздух и вода почвы служат жизненной основой для корней растений и различных организмов, обитающих в почве.

Почва как среда обитания растений, являющихся основой пищевых цепей в наземных экосистемах, должна удовлетворять их потребностям в минеральных элементах, воде и кислороде. Важное значение имеют также такие эдафические факторы, как кислотность и соленость почвы.

Минеральные биогены первоначально входят в состав почвы при ее формировании из материнской породы. В почве они связаны в так называемом почвенном поглощающем комплексе, откуда способны переходить в почвенный раствор в процессе ионного обмена и находятся, таким образом, в более подвижном состоянии, чем в материнской породе. При просачивании воды через слой почвы может происходить вымывание (*выщелачивание*) биогенов. Способность почвы удерживать ионы биогенных элементов называется *ионообменной емкостью* почвы.

В естественных экосистемах основными источниками биогенов являются разлагающийся детрит и метаболические отходы животных, т.е. круговорот биогенов. Если утрачивается ионообменная емкость почвы, биогены выщелачиваются и плодородие падает. Поскольку в агроэкосистемах происходит удаление биогенов с собранным урожаем, их запас необходимо пополнять внесением удобрений. Ионообменная емкость в этом случае имеет существенное значение, так как выщелачивание удобрений не вы-

годно экономически, а с экологической точки зрения, выщелоченные биогены могут вызывать загрязнение водоемов.

Для поддержания активного роста растений требуется значительное количество влаги, около 99 % которой идет на компенсацию транспирации, а приблизительно 1 % – на фотосинтез. В этом отношении важны такие свойства почвы, как *инфильтрация*, т.е. впитывание воды с поверхности почвы, и водоудерживающая способность, а также испарение с поверхности, снижению которого способствуют растительный покров и применение мульчирования.

Обеспечение диффузии кислорода из атмосферы в почву и обратное перемещение углекислого газа характеризуют таким свойством почвы, как *аэрация*. Аэрация затрудняется при уплотнении почвы и насыщении ее водой.

На инфильтрацию, водоудерживающую способность, ионообменную емкость и аэрацию существенно влияет механический состав почвы. Классификация почвы по механическому составу основана на соотношении в ней крупных частиц – песка (от 2 до 0,1 мм), мелких – пыли (от 0,05 до 0,02 мм) и глины (от 0,02 до 0,1 мм). Так, механический состав суглинков – 40 % песка, 40 % пыли и 20 % глины.

Инфильтрация и аэрация тем лучше, чем крупнее частицы механического состава почвы, однако водоудерживающая способность и ионообменная емкость находятся от размеров частиц в обратной зависимости. С учетом закона лимитирующих факторов наилучшими оказываются суглинистый и пылеватый состав.

Значительное увеличение всех свойств почвы происходит при сочетании с ее минеральной частью гумуса и формировании *почвенной структуры*, выражающейся в рыхлой комковатости. Гумус и создаваемая им почвенная структура обеспечивают необходимые условия для жизни растений: высокую водоудерживающую способность, ионообменную емкость и аэрацию. Условием поддержания достаточного количества гумуса в почве является обильное поступление детрита.

Антропогенное изменение почв

Уменьшение количества поступающего в почву детрита, например вследствие сведения лесов, приводит к тому, что почвенная структура утрачивается, а с ней и все свойства, которые она обуславливает. Такой процесс носит название *минерализации почвы*.

Обработка земли тяжелыми машинами, уличный транспорт и строительство приводят к уплотнению больших участков окультуренных земель, что ведет к забиванию пор земли. В результате уменьшаются влагоемкость и снабжение почвы кислородом. В уплотненной почве происходят процессы восстановления, при которых в растворимую форму переходят марганец, железо и ряд других металлов, проявляющих в повышенных концентрациях токсичность. Увеличение подвижности металлов в восстановительных условиях приводит к вымыванию этих элементов из почвы, которая в результате обедняется этими металлами. Восстановление нитратов в процессах детинтификации приводит к уменьшению их содержания в почве и недостатку азотного питания для растений.

Существенное отрицательное влияние на плодородие почвы оказывают кислотные осадки. Происходит выщелачивание из почвы солей кальция, магния, которые уносятся в подпочвенный слой, и растения, таким образом, лишаются необходимых им питательных веществ. Закисление почв приводит также к переходу в растворимые формы соединений алюминия, который оказывает на растения токсическое действие. Снижение pH почвы препятствует развитию микроорганизмов, что сказывается на нарушении процессов разложения и минерализации органического вещества (почвенного дыхания). Для снижения кислотности почв применяют их известкование – внесение рассчитанных доз извести (CaCO_3) или доломитовой муки (CaCO_3 и MgCO_3) для нейтрализации ионов водорода.

Серьезную проблему представляют процессы засоления почв. Соленость почв оказывает существенное влияние на развитие растительности в связи с водным балансом клетки. Если концентрация солей вне клетки (в почвенной влаге) слишком высока, происходят обезвоживание клетки и гибель растения. Для большинства наземных растений необходима пресная вода, и при засолении почвы их жизнедеятельность угнетается, поэтому сильно засоленные почвы представляют собой безжизненные пустыни. Одной из причин засоления почв является полив сельскохозяйственных культур водой с повышенным содержанием солей; почвы вдоль дорог могут подвергаться засолению в результате применения для таяния льда на дорогах поваренной соли.

Самое разрушительное влияние на почву оказывает *эрозия* – процесс захватывания частиц почвы и их выноса водой или ветром. Защиту от всех форм эрозии обеспечивают растительный покров или естественный опад. Распашка и культивация, перевыпас и сведение лесов, проводимые в ши-

роких масштабах с целью обеспечения населения продовольствием, оставляют почву обнаженной и вызывают эрозию. Водная эрозия начинается в капельной эрозии. Дождевые капли разбивают комки и агрегаты почвы, ухудшается аэрация и инфильтрация почвы. Снижение инфильтрации увеличивает поверхностный сток – вода уносит частицы почвы – развивается плоскостная эрозия, которая далее переходит по мере вымывания русел в струйную и овражную. Существенно, что в результате эрозии частицы почвы захватываются и выносятся дифференцированно по весу и размерам: чем сильнее поток, тем более крупные выносятся частицы. По мере выноса гумуса и глины разрушается пахотный слой почвы и резко снижается его способность снабжать растения всем необходимым. Таким образом, в результате эрозии происходит опустынивание земель. Опустыненные территории не могут восстановиться сами собой и продолжают эродироваться неограниченно долго.

Потери пахотного слоя и снижение урожайности создают дополнительные проблемы. Почва, унесенная эрозией, засоряет русла рек, нарушая водные экосистемы. Сток воды по поверхности почвы приводит к истощению грунтовых вод.

4. ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕНЕЗА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И КОНТРОЛЬ ЕЕ КАЧЕСТВА

4.1. Основные нормативы, критерии и показатели качества окружающей среды

Основными показателями при оценке состояния объектов окружающей среды (атмосферы, гидросферы, литосферы) являются концентрация загрязнителей (фактическая, фоновая, предельно допустимая), класс опасности загрязняющих веществ и др.

Концентрация загрязнителей – их количество в определенном объеме или весовой единице воздуха, воды, почвы или другой среды.

ПДК – *предельно допустимая концентрация* вредного вещества в окружающей среде, практически не влияет на здоровье человека и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства при постоянном контакте или при воздействии за определенный промежуток времени. Устанавливается в законодательном порядке. В последнее время при определении ПДК учитывается не только степень влияния загрязняющего вещества на здоровье человека, но и его воздействие на природные сообщества в целом. ПДК для воздуха, в мг/м^3 , для воды – в мг/л .

ПДК_{м.р} – *предельно-допустимая максимально разовая концентрация* загрязнителя в воздухе (рабочей зоны или населенных пунктов), не вызывающая рефлекторных реакций в организме человека при вдыхании в течение 30 мин, в мг/м^3 .

ПДВ, ПДС – *норма выброса* – суммарное количество газообразных или жидких отходов (г/с или $\text{м}^3/\text{с}$), разрешаемое предприятию для выброса (сброса) в окружающую среду. Объем нормы выброса определяется из расчета, что кумуляция вредных веществ от всех предприятий данного региона не создает в нем концентраций загрязнителей, превышающих ПДК.

Нормирование качества среды (воды, воздуха, почвы и т.д.) – установление пределов, в которых допускается изменение ее естественных свойств. Обычно норма определяется по реакции самого чуткого к изменениям среды вида организма – индикатора, но могут быть установлены также санитарно-гигиенические и экономически целесообразные нормативы.

4.2. Влияние отраслей народного хозяйства на состояние окружающей среды РФ

Общая характеристика структуры промышленного техногенеза

Антропогенное загрязнение биосферы до определенного периода сглаживалось естественными процессами, происходящими в биосфере, однако в последние десятилетия масштабы преобразовательной деятельности человека неизмеримо возросли и достигли глобального уровня. Биосфера постепенно разрушается – отравляются атмосфера и водоемы, уничтожаются фауна и флора.

Проблема осложняется демографическим взрывом, проявляющемся не только в резком росте населения планеты, но и в его урбанизации. Рост антропогенной нагрузки выражается в лавинном загрязнении атмосферы, морских акваторий и пресноводных водоемов, нарушении почвенного покрова и ценных ландшафтов, истощении в ряде районов водных и лесных ресурсов, уменьшении численности животных. Атмосфера во многих местах земного шара все больше загрязняется оксидами серы и азота, оксидом углерода, пылевидными частицами. В водоемы и реки непрерывно поступают нефть, нефтепродукты, отходы химической промышленности и других производств. Почвенный покров отравляется различными пестицидами, засоряется бытовыми и промышленными отходами.

Проблема защиты окружающей среды – одна из важнейших задач современности. Выбросы промышленных предприятий, энергетических систем в окружающую среду достигли таких размеров, что в ряде районов, особенно в крупных промышленных центрах, уровни загрязнений существенно превышают допустимые санитарные нормы.

Вредные выбросы оказывают отрицательное влияние не только на окружающую среду, но и в ряде случаев существенно влияют на процесс эксплуатации технических средств. Например, частицы пыли от ТЭЦ оседают на поверхности изоляторов (накапливаются десятки мг/см³ пыли, что

приводит к образованию на поверхности изоляторов электропроводного слоя). В результате разрядные напряжения загрязненной изоляции при увлажнении могут снижаться в несколько раз.

При рассмотрении комплекса вопросов, связанных с защитой окружающей среды, нельзя забывать о неблагоприятном влиянии шума, инфразвука, ультразвука и вибрации на жизнедеятельность человека. Уровни городских шумов возрастают в среднем за каждые 5 – 10 лет на 5 – 10 дБ.

В РФ около 20 000 крупных промышленных комплексов. Сильно загрязняют окружающую среду предприятия металлургического и теплоэнергетического комплексов, химической промышленности, нефтегазового комплекса. Практически для всех отраслей характерна низкая степень очистки сточных вод.

Загрязняет атмосферу и дорожно-транспортный комплекс (выбросы от передвижных и стационарных источников составляют более 60 % общих объемов всех выбросов в РФ).

Оборудование и технологии, применяемые на очистных установках, усовершенствуются крайне медленно, улавливаются вредные вещества на 45 – 70 %, причем далеко не самые опасные вещества. По данным Росгидромета (1995 г.) уровень улова вредных веществ на предприятиях производства стройматериалов составляет 91,6, химической и нефтехимической – 91,1, электроэнергетики – 84, цветной металлургии – 82,9, нефтедобывающей – 3,1, газовой – 1,2 %.

С 1994 г. отмечается снижение уровня загрязнения промышленных центров, но это связано не столько с улучшением природоохранной деятельности, сколько со спадом промышленного производства, закрытием ряда предприятий.

Общий объем сточных вод, сброшенных в 1994 – 1996 гг. в поверхностные водные объекты РФ, составил в процентах по отраслям хозяйства: жилищно-коммунальное – 51,1; промышленность – 35,5, сельское хозяйство – 12,8.

В промышленности максимальная доля сброса приходится на деревообрабатывающую, целлюлозно-бумажную, а также химическую и нефтехимическую отрасли.

Сточные воды сбрасываются недостаточно очищенными (процент очистки составляет 14,9 в промышленности; 7,8 – в жилищно-коммунальном хозяйстве; 0,6 – в сельском хозяйстве. Сброс недоочищенных сточных вод приводит к загрязнению как поверхностных, так и подземных вод.

Одним из основных решений по резкому уменьшению сброса сточных вод и снижения расхода свежей воды является внедрение оборотного водоснабжения.

В ряде случаев более безопасным в экологическом отношении способом обращения с жидкими отходами является их подземное захоронение в глубокие водоносные горизонты платформенных артезианских бассейнов. Например, за последние 30 лет на трех предприятиях атомной промышленности РФ в глубоко залегающие пласты – коллекторы – удалено около 46 млн м³ жидких отходов, содержащих 80 % радионуклидов – продуктов деления урана.

Загрязнение почв токсикантами промышленного происхождения производят предприятия металлургии, химической промышленности, нефтехимии, машиностроения, энергетики. Наиболее загрязнены почвы Астраханской, Волгоградской, Ростовской областей и Краснодарского края. Увеличиваются площади загрязнения на территории Северного Кавказа, Омской области, Центрального Черноземья и Приморского края.

Серьезную проблему представляет специфика многих отраслей промышленности, что требует индивидуальных подходов к решению природоохранных задач. Например, специфическое действие оказывают предприятия оборонного комплекса (загрязнение почв остатками компонентов ракетного топлива, накопление токсичных взрывчатых веществ и т.д.).

Электроэнергетика

Ежегодно в РФ вырабатывается около 900 млрд кВт·ч электроэнергии. Основная доля энергии производится за счет переработки природного органического сырья – газа, нефти, горючих сланцев, торфа, а также использования атомной энергии и энергии рек путем строительства гидроэлектростанций.

Любой из современных способов производства и использования энергии (в промышленности, жилищно-коммунальном хозяйстве и на транспорте) в большей или меньшей степени связан с определенными отрицательными воздействиями на окружающую среду, которые могут быть вызваны следующими причинами:

- загрязнение воздушного бассейна продуктами сгорания;
- тепловое загрязнение атмосферы;
- загрязнение водных объектов сточными водами;
- электромагнитное влияние (высоковольтные линии);

- радиоактивное загрязнение;
- подтопление территорий в зоне действия водохранилищ.

Энергетика дает около 26,6 % общего количества выбросов промышленности РФ. Характерными выбросами энергетического комплекса являются сернистый газ, монооксид углерода, оксиды азота, сажа, а также наиболее токсичные ингредиенты – оксид ванадия (IV), бенз(а)пирен.

Общее количество выбросов вредных веществ в атмосферный воздух предприятиями электроэнергетики составляет около 6 млн т (31 % пыли, 42 % диоксида серы, 23,5 % оксидов азота). В список городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферы предприятиями электроэнергетики входят Иркутск, Ростов-на-Дону, Саратов, Хабаровск, Чита, Южно-Сахалинск, Омск, Новосибирск и др.

Энергетика потребляет большое количество свежей воды (около 30 млрд м³ в год) и только 65 – 70 % ее экономится за счет использования водооборота.

Большая часть воды используется на охлаждение различных агрегатов, а также в системах гидрозолоудаления ТЭЦ, работающих на твердом топливе – угле, сланцах, торфе.

Наибольшие объемы загрязнения в отрасли имеют: ТЭЦ-10, г. Ангарск (Иркутская область); Уруссинская ГРЭС (Татарстан), Безымянская ТЭЦ (г. Самара), ТЭЦ-2 г. Красноярск.

Ежегодно около 55 предприятий атомной энергетики сбрасывают загрязненные воды, из них в бассейн Каспийского моря – 15, Балтийского – 7, Черного – 2, Арктических морей – 27, Тихого океана – 2. Кроме того, в водные объекты открытой гидрографической сети предприятиями атомной энергетики сбрасываются около 30 тыс. Ки радионуклидов, из которых 99 % имеют период полураспада от нескольких часов до одних суток. Сбрасываемые радиоактивные изотопы достаточно быстро распадаются и практически не прослеживаются в количествах, превышающих ПДК в водоемах.

Многочисленные золоотвалы являются источником загрязнения поверхностных и подземных вод. Загрязнены подземные воды в районе г. Курска, Нижнего Новгорода и др. (источники загрязнения – ТЭЦ).

В результате инвентаризации, проведенной на предприятиях атомной энергетики, на 34 предприятиях отрасли, включая 8 электростанций, имеется 257 мест хранения и поверхностного захоронения радиоактивных отходов, на которых сосредоточено более 405 млн м³ жидких и около

300 млн т твердых отходов, суммарная активность которых превышает 1 000 млн Ки. Кроме того, в глубоких геологических формациях сосредоточено более 1,01 млрд Ки жидких отходов.

Газовая промышленность

Природный газ – важный топливно-энергетический ресурс. Основные разрабатываемые месторождения – Уренгойское, Медвежье, Ямбургское, Комсомольское, Юбилейное – находятся в Западной Сибири, Вуктыльское месторождение – в республике Коми, Оренбургское и Астраханское месторождения – в Прикаспийской впадине.

В 1994 г. предприятия РАО «Газпром» добыли 581 млрд м³ природного газа, 7 653,8 тыс. т газового конденсата, произвели 21 231 тыс. т серы.

Валовые выбросы составили 862,8 тыс. т, в том числе СО – 28,1, углеводороды – 25,1, оксиды азота – 7,1, SO₂ – 5,3 %.

Объем забора свежей воды относительно незначителен и составляет примерно 68 млн м³ в год, объем сброса СВ – 5 млн м³ в год.

Культивируется около 7 тыс. га в год нарушенных земель. Только по Уренгою площадь нарушенных земель составила 5 672 га, 34 % из них рекультивируются.

На действующих магистральных газопроводах имеются случаи аварий с большими потерями газа. Наибольшая аварийность обусловлена браком строительно-монтажных работ и наружной коррозией металла труб.

Типичные свойства веществ, выбрасываемых в атмосферу на объектах газовой промышленности, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Типичные свойства веществ, выбрасываемых в атмосферу на объектах газовой промышленности

Вещество	Плотность по воздуху, кг/м ³	Класс опасности *	ПДК, мг/м ³		Смертельная концентрация, мг/м ³
			в рабочей зоне	в атмосфере населенных пунктов	
H ₂ S + углеводороды	1,19	II	3	0,008	–
SO ₂	2,14	III	10	0,05	2600

* Класс опасности устанавливается по степени воздействия веществ на организм человека: I – вещества, чрезвычайно опасные; II – высокоопасные; III – умеренно опасные; IV – малоопасные.

Вещество	Плотность по воздуху, кг/м ³	Класс опасности *	ПДК, мг/м ³		Смертельная концентрация, мг/м ³
			в рабочей зоне	в атмосфере населенных пунктов	
SO ₃	1,92	II	1	–	1000
Диоксид азота	1,53	II	5	0,085	1200
Углеводороды	0,97	IV	300	200	68000
Меркаптаны	2,03	II	1	–	2000
CO	0,97	IV	20	3	12500
CO ₂	1,47	IV	1 %	9800	410000
NH ₃	0,6	IV	20	0,2	2000
Метанол	1,1	III	5	1	6000

Виды техногенного воздействия нефтегазового комплекса на ландшафты:

- нерегламентированный проезд транспорта;
- карьеры;
- дороги с твердым покрытием;
- зимники (временные дороги);
- рабочие площадки;
- строительство промысловых и магистральных трубопроводов;
- обустройство жилого комплекса;
- разведочное бурение;
- кусты эксплуатационных скважин.

Типы нарушений ландшафтов:

- изменение температурного режима грунтов, вытаивание льдов, изменение микрорельефа, образование антропогенного рельефа;
- изменение режима грунтовых вод, загрязнение водоемов, снежного покрова;
- подъем уровня грунтовых вод, обводнение прилегающих территорий;
- уничтожение почвенного покрова и торфяников, нарушение структуры почвы, изменение химического состава и загрязнение почв;
- уничтожение растительности, ухудшение динамики роста, изменение естественного развития;
- ухудшение кормовой базы, изменение путей миграции животных;
- уничтожение гнезд птиц в прирусловой зоне водоемов;

- гибель животных, ихтиофауны;
- разрушение мест обитания птиц и зверей;
- изменение функционирования прилегающих природных комплексов;
- длительное формирование вторичных природных комплексов.

4.3. Основные направления защиты атмосферы от промышленных выбросов

Очистка газов от пыли

Работа пылеулавливающих аппаратов основана на использовании различных механизмов осаждения частиц: гравитационном осаждении под действием силы тяжести при прохождении частиц через аппарат; осаждении при действии центробежной силы, инерционном осаждении, зацеплении (эффект касания), происходящем, если расстояние от частицы, движущейся с газовым потоком, до обтекаемого тела равно ее радиусу или меньше его; диффузионном осаждении (осаждении мелких частиц на поверхности обтекаемых тел или стенок аппарата под действием молекул газа, находящихся в движении); электрическом осаждении, осуществляющемся в результате ионизации газа, при котором частицы заряжаются и осаждаются на электродах.

Для очистки применяют различные конструкции аппаратов. По способу улавливания пыли их подразделяют на аппараты сухой, мокрой и электрической очистки газов (рис. 10).

Основной критерий выбора того или иного типа оборудования – степень очистки, которая зависит от свойств пыли и параметров газового потока.

Одним из основных параметров при выборе и эксплуатации пылеуловителей является объемный расход газа. Разные виды уловителей эксплуатируются при следующих значениях скорости газа, м/с: циклоны (одиночные) – 3 – 6, мультициклоны – 6 – 12, электрофильтры – 1,5 – 3; тканевые фильтры – 0,005 – 0,3; скрубберы – 1 – 4.

Существенный фактор, влияющий на очистку газов, – их влажность. Тканевые фильтры из-за образования корки грязи на поверхности осаждения могут выйти из строя, нормальная работа циклонов и электрофильтров в этом случае существенно затрудняется.

Циклоны из обычной стали применяют для очистки газов, имеющих температуру до 450 °С. Температура газов, очищаемых в тканевых фильтрах, не должны быть больше 350 °С.

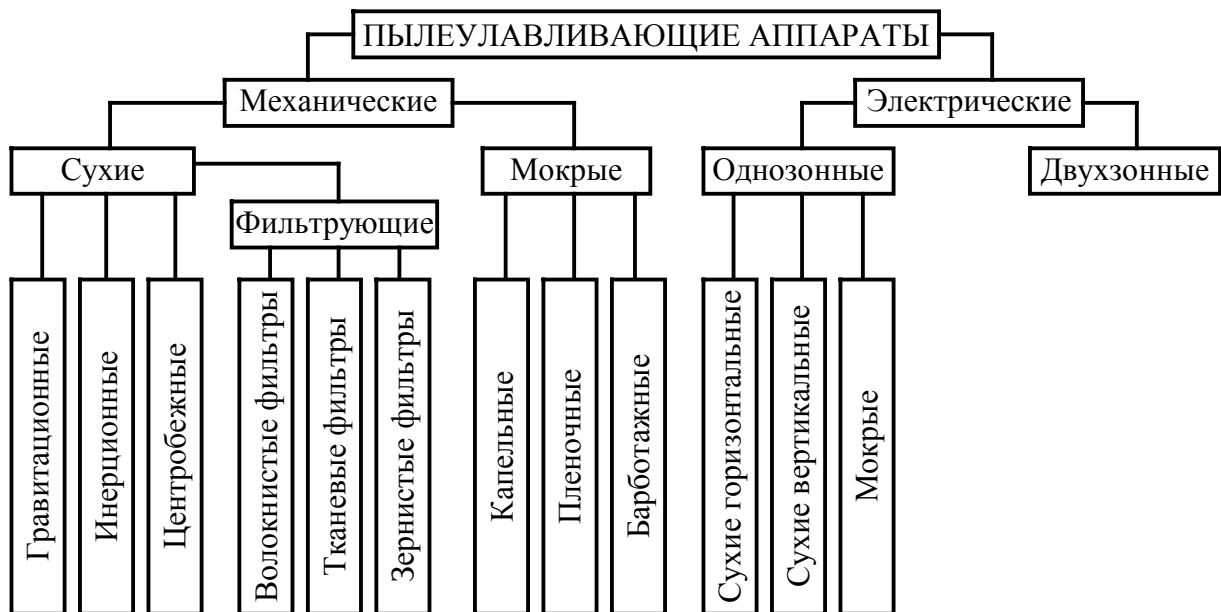


Рис. 10. Классификация аппаратов для пылеулавливания

Для газов, содержащих горючие и ядовитые примеси, лучше использовать аппараты мокрой очистки.

Степень очистки η газов от пыли определяется по зависимости

$$\eta = (C_1 - C_2) / C_1,$$

где C_1 и C_2 – концентрации пыли в газе до очистки и после очистки.

Требуемая степень очистки, пылевая нагрузка $G_{вх}$ и ПДВ (предельно допустимый выброс) связаны следующей формулой: $\eta = 1 - \text{ПДВ}/G_{вх}$.

Тканевые фильтры и электрофильтры весьма чувствительны к колебаниям пылевой нагрузки.

Для улавливания пыли, содержащей неорганические вещества (абразивные вещества, минеральные соли, аэрозоли металлов), применяют механические и мокрые пылеуловители, фильтры, электрофильтры. При этом частицы размером более 5 мкм улавливаются обычно в циклонах, а частицы меньших размеров – в тканевых фильтрах и электрофильтрах, а также аппаратах мокрой очистки.

Для пыли, содержащей органические компоненты (древесная пыль, табачная, мучная и др.), употребляют механические пылеуловители.

Очистка выбросов от газообразных загрязняющих веществ

В настоящее время очистка газов от загрязнений служит наиболее эффективным методом обезвреживания отходящих газов. Существует большое разнообразие методов очистки, которые классифицируют по разным признакам. Все методы можно разделить на две группы – некаталитические и каталитические. При использовании методов первой группы примеси выводятся из газовой смеси путем конденсации или поглощения жидкими и твердыми поглотителями, при использовании второй – примеси не выделяются из системы, а превращаются в другие вещества, которые остаются в газовой смеси или затем удаляются.

Некаталитические методы

Некаталитические методы очистки по типу процесса делятся на абсорбционные, хемосорбционные и адсорбционные, а по характеру процесса – на регенерационные (циклические) и нерегенерационные. Хемосорбционные методы подразделяют по типу хемосорбента и по типу получаемого продукта.

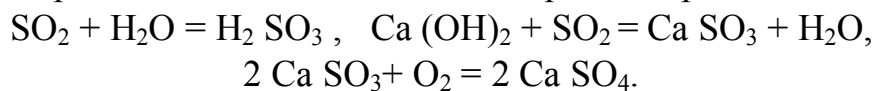
Выбор метода очистки зависит от концентрации извлекаемого компонента в отходящих газах, объема и температуры газа, наличия в нем других примесей, от требуемой степени очистки и возможности использования продуктов рекуперации.

Метод выбирают на основе эколого-экономических и технико-экономических расчетов.

Хемосорбционные методы широко применяют для очистки газов от CO , N_xO_y , SO_2 , H_2S , HCl , CO_2 . Сущность методов заключается в поглощении удаляемых компонентов жидкими поглотителями – хемосорбентами, в качестве которых используют растворы минеральных и органических веществ, суспензии и органические жидкости. В процессе хемосорбционной очистки выделяемые из газов компоненты вступают в химические реакции с хемосорбентами, при этом образуются новые вещества, регенерирующиеся и возвращающиеся вновь на абсорбцию.

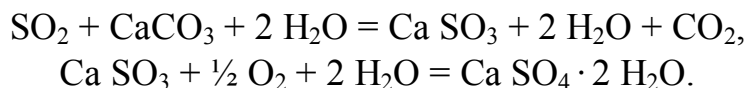
Наиболее сложная проблема – очистка газов от диоксида серы, которая ведется преимущественно хемосорбционными методами на основе извести или известняка. Достоинства этих методов – доступность и дешевизна абсорбентов, простая технологическая схема процесса, низкие капитальные и эксплуатационные затраты. Недостатки метода – невысокая эффективность очистки, недостаточная степень использования известняка, образование отходов в виде шлама или загрязненного гипса.

При абсорбции известковым молоком процесс протекает по реакциям:



Для уменьшения отложений CaSO_4 и CaSO_3 pH суспензии должен быть не менее 5.

При использовании суспензии известняка суммарные реакции имеют вид:



Кроме известняка абсорбцию SO_2 проводят сульфитом натрия, магниальным, фосфатным и другими методами.

Для хемосорбционной очистки газов от оксидов азота применяют растворы едкого натра, кальцинированной соды, едкого калия, извести, аммиака и др.

Оксид углерода улавливают из газов аммиачными растворами муравьинокислой и углекислой меди.

Процесс абсорбции газов проводят в пленочных, насадочных, тарельчатых, форсирующих и других аппаратах. При этом абсорберы должны иметь высокую пропускную способность по газу, высокую эффективность, низкое гидравлическое сопротивление, простоту конструкции и удобство эксплуатации; аппаратура не должна забиваться осадками и корродировать.

При адсорбционных методах газы поглощаются твердыми пористыми веществами. Адсорбция рекомендуется для очистки газов с невысокой концентрацией вредных компонентов. Адсорбированные вещества удаляются из адсорбентов десорбцией инертным газом или паром. В некоторых случаях проводят термическую регенерацию. Достоинства процесса – высокая степень очистки; при этом газы в процессе очистки не охлаждаются и жидкости отсутствуют. Кроме того, отпадает необходимость в насосах и затрате энергии на перекачку жидкости. Недостатки: для очистки пригодны только сухие и незапыленные газы, имеющие небольшую скорость движения адсорбента. Адсорбционную очистку газов проводят в адсорберах с неподвижным, движущимся и псевдооживленным слоем сорбента в установках периодического и непрерывного действия. Наиболее часто этот метод применяют при рекуперации органических растворителей.

Для адсорбции SO_2 применяют активные угли, полукоксы, активированный силикагель, доломит, карбонат кальция, подщелоченный оксид алюминия, активированный диоксид марганца.

Для удаления сероводорода и органических сернистых соединений из газа используют аппараты с несколькими псевдосжиженными слоями гранулированного оксида железа при температуре 340 – 300 °С. Гранулы оксида железа регенерируют путем обжига частично сульфидированного и восстановленного оксида в воздушной среде при 800 °С. При этом получают SO₂, который перерабатывают на серную кислоту.

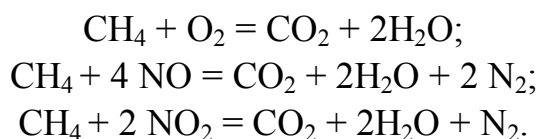
Для многократного использования адсорбента его регенерируют в одноступенчатых или двухступенчатых установках. В одноступенчатых установках регенерацию проводят смесью водорода и оксида углерода при высоких давлениях.

Каталитические методы

Эти методы связаны с химическими превращениями токсичных компонентов в нетоксичные на поверхности катализаторов. Очистке подвергаются газы, не содержащие пыли и катализаторных ядов.

На практике широко распространено каталитическое разложение оксидов азота. Сущность способа заключается в том, что оксиды азота восстанавливаются газом-восстановителем (водородом, метаном, оксидом углерода и др.) в присутствии катализаторов.

Восстановление метаном:



В качестве катализаторов используют различные металлы, которыми покрывают огнеупорные материалы (носители). Чаще применяют палладиевый катализатор, нанесенный на оксид алюминия. Температура начала контактирования при восстановлении 400 – 470 °С.

Требования к выбросам в атмосферу

При любом способе очистки средства защиты атмосферы должны ограничивать наличие вредных веществ в воздухе населенных пунктов на уровне не выше ПДК. Во всех случаях должно соблюдаться условие по каждому вредному веществу:

$$C + C_{\text{ф}} \leq \text{ПДК},$$

где C и C_ф – фактическая и фоновая концентрация вредного вещества.

Для соблюдения ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов устанавливают предельно-допустимый выброс (ПДВ) вредных веществ из систем и установок. Расчет ПДВ, максимальной при-

земной концентрации вредных веществ и другие параметры разрешенных выбросов рассчитывают на основании ОНД-86 «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий».

4.4. Защита гидросферы от промышленных загрязнений

Вода играет решающую роль во многих процессах, протекающих в природе и в обеспечении жизни человека. В промышленности воду используют как сырье и источник энергии, как хладагент, растворитель, экстрагент, для транспортирования сырья и материалов и др.

Воду, используемую в промышленности, подразделяют на охлаждающую, технологическую и энергетическую, 65 – 80 % расхода воды в промышленности потребляется для охлаждения.

Эффективность использования водных ресурсов характеризуется следующими критериями: удельная норма потребления воды для создания единицы продукции, потребление свежей воды; количество воды, находящейся в обороте; общее количество сточных вод, сбрасываемых в водный объект; защита водных объектов от антропогенной деятельности и др.

Водосберегающие мероприятия разрабатывают в зависимости от функционального использования воды: например, замена водяного охлаждения воздушным, применение систем и сооружений сухой очистки газов и аспирационных систем от пыли, применение пневмотранспорта и т.д.

Для использования сточных вод особое значение имеет обоснование требований к составу технологической воды. В зависимости от этих требований применяются различные способы и устройства очистки сточных вод:

- механические (решетки, песколовки, вертикальные и горизонтальные отстойники, процеживающие установки, простые фильтры);
- физико-химические (флотация, адсорбция, ионный обмен и др.);
- химические (реагентные);
- электрохимические (электрофлотация, электрокоагуляция, электролиз, гальванокоагуляция);
- мембранные (ультрафильтрация, обратный осмос и др.);
- термические (выпаривание, дистилляция, сжигание сточных вод);

- биохимические;
- комбинированные.

Ниже приводятся примеры компоновки схем очистки сточных вод от наиболее распространенных загрязняющих веществ.

Нейтрализация сточных вод предназначена для выделения из них кислот, щелочей, а также солей и гидроксидов металлов. Процесс нейтрализации основан на объединении ионов водорода и гидроксильной группы в молекулу воды, в результате чего сточная вода приобретает значение $pH = 6 - 7$ (нейтральная среда). Нейтрализацию кислот и их солей осуществляют щелочами или солями сильных щелочей: едким натром, едким калием, известью, известняком, доломитом, мрамором, мелом, магнезитом, содой, отходами щелочей и т.п. Наиболее дешевым и доступным реагентом для нейтрализации кислых сточных вод является гидроксид кальция (гашеная известь). Для нейтрализации сточных вод с содержанием щелочей и их солей (сточные воды целлюлозно-бумажных и текстильных заводов) можно использовать серную, соляную, азотную, фосфорную и другие кислоты.

Теоретический расход щелочей (кислот) q для нейтрализации содержащихся в сточных водах кислот (щелочей) определяют в соответствии с уравнениями реакций нейтрализации по формуле

$$q = cM_9/M_k,$$

где c – концентрация кислоты (щелочи) или их солей в сточной воде; M_9 и M_k – молекулярные массы щелочи (кислоты) и кислоты (щелочи) или их солей.

На практике используют три способа нейтрализации сточных вод:

- фильтрационный: фильтрование сточной воды через насадки кусковых или зернистых материалов;
- водно-реагентный: добавление в сточную воду реагента в виде раствора или сухого вещества (извести, соды или шлака); нейтрализующим раствором может быть и щелочная сточная вода;
- полусухой: перемешивание высококонцентрированных сточных вод (например отработанного гальванического раствора) с сухим реагентом (известью, шлаком) с последующим образованием нейтральной тестообразной массы.

Сорбцию применяют для очистки сточных вод от растворимых примесей. В качестве сорбентов используют любые мелкодисперсные материалы

(золу, торф, опилки, шлаки, глину); наиболее эффективный сорбент – активированный уголь. Расход сорбента:

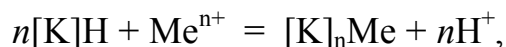
$$m = Q(c_0 - c_k)/a,$$

где Q – расход сточной воды, м³/с; c_0 и c_k – концентрации примесей в исходной и очищенной сточной воде, мг/м³; a – удельная сорбция, характеризующая количество примесей, поглощаемых единицей массы сорбента, мг/г.

Ионообменную очистку применяют для обессоливания и очистки сточных вод от ионов металлов и других примесей. Очистку осуществляют ионитами – синтетическими ионообменными смолами в виде гранул размером 0,2 – 2 мм. Иониты изготовляют из нерастворимых в воде полимерных веществ, имеющих на своей поверхности подвижный ион (катион или анион), который при определенных условиях вступает в реакцию обмена с ионами того же знака, содержащимися в сточной воде.

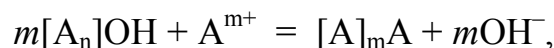
Различают сильно- и слабокислотные катиониты (в H⁺- или Na⁺- форме) и сильно- и слабоосновные аниониты (в OH⁻ или солевой форме), а также иониты смешанного действия.

Ионообменную очистку реализуют последовательным фильтрованием сточной воды через катиониты и аниониты. При контакте сточной воды с катионитом в водородной форме имеет место обмен катионов растворенных в воде солей на ионы катионита в соответствии с уравнением реакции



где K – «скелет» (радикал) катионита; Me – извлекаемый из сточной воды катион металла; n – заряд катиона. При этом имеет место увеличение кислотности сточной воды.

При контакте сточной воды с анионитом в гидроксильной форме происходит обмен анионов кислот на OH⁻-ионы анионита в соответствии с уравнением реакции



где A_n – «скелет» (радикал) анионита; A – извлекаемый из сточной воды анион; m – заряд аниона.

В зависимости от вида и концентрации примесей в сточной воде, требуемой эффективности очистки используют различные схемы ионообменных установок. Для очистки сточных вод от анионов сильных кислот применяют технологическую схему одноступенчатого H-катионирования и OH-анионирования с использованием сильнокислотного катионита и слабоосновного анионита (рис. 11,а). Для более глубокой очистки сточных вод, в том числе от солей, применяют одно- или двухступенчатое

Н-катионирование на сильнокислотном катионите с последующим двухступенчатым ОН-анионированием на слабо-, а затем на сильноосновном анионите (рис. 11,б).

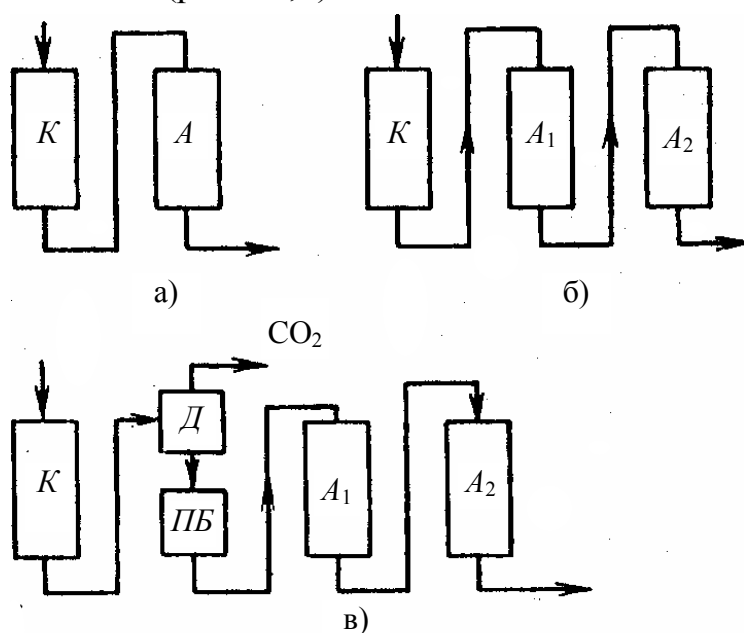


Рис. 11. Технологическая схема ионообменной очистки сточных вод: а – одноступенчатая очистка; б – очистка с двухступенчатым анионированием; в – очистка с промежуточной дегазацией и двухступенчатым анионированием; *K* – катионитовый фильтр; *A*, *A*₁, *A*₂ – анионитовые фильтры; *Д* – дескарбонизатор; *ПБ* – промежуточный бак

При содержании в сточной воде большого количества диоксида углерода и его солей происходит быстрое истощение емкости сильноосновного анионита. Для уменьшения истощения сточную воду после катионитового фильтра дегазируют в специальных дегазаторах с насадкой из колец Рашига или в других аппаратах (рис. 11,в). При необходимости обеспечить значение рН = 6,7 и очистки сточной воды от анионов слабых кислот вместо анионитовых фильтров второй ступени используют фильтр смешанного действия, загружаемый смесью сильнокислотного катионита и сильноосновного анионита.

Условия сброса сточных вод в водоемы

Допустимый состав сбрасываемых сточных вод рассчитывают с учетом требований Правил охраны поверхностных вод. Расчет допустимой концентрации примесей в сточных водах, сбрасываемых в проточные водоемы, проводят в зависимости от преобладающего вида примесей сточных вод и характеристик водоема:

$$C_{ст} \leq C_{ф} + n (ПДК - C_{ф}),$$

где $C_{ст}$ и $C_{ф}$ – концентрация загрязняющего вещества в сточной воде и в расчетном створе до сброса в него сточных вод, г/м³; n – кратность разбавления сточных вод в воде водоема.

ПДК загрязняющих веществ принимаются в зависимости от назначения водоема (рыбохозяйственного, хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения) (табл. 2).

Таблица 2

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования

Вещество	Предельно допустимая концентрация, мг/л	Вещество	Предельно допустимая концентрация, мг/л
Аммиак (по азоту)	2,0	Нефть	0,3
Аммония сульфат (по азоту)	1,0	Нефтепродукты	0,1
Активный хлор	Отсутствие	Никель	0,1
Анилин	0,1	Нитраты (NO ₃)	45,0
Бензол	0,5	Нитриты (NO ₂)	3,0
Дихлорэтан	0,02	Ртуть	0,0005
Железо	0,3	Свинец	0,03
Кадмий	0,001	Селен	0,001
Капролактам	1,0	Скипидар	0,2
Кобальт	0,1	Фенол	0,001
Кремний	10,0	Хром (Cr ³⁺)	0,5
Метан	2,0	Хром (Cr ⁶⁺)	0,1
Медь	0,1	Цинк	0,1
		Этиленгликоль	1,0

4.5. Проблема твердых бытовых и промышленных отходов

Классификация *промышленных отходов (ПО)* возможна по разным показателям:

- по требованиям безопасности (согласно ГОСТ 12.1.007.-76* «Вредные вещества. Классификация» вредными являются токсичные, инфекционные, радиоактивные отходы; их сбор и ликвидация регламентируются специальными санитарными правилами; принадлежность к классу опасности отходов определяется расчетным методом по ЛД₅₀ и по ПДК);

- сфере использования отходов (неиспользуемые, используемые);
- месту возникновения (бытовые, промышленные, сельскохозяйственные);
- составу (органические, неорганические, смешанные).

Различают отходы производства и отходы потребления.

Все виды отходов по возможности использования можно разделить на вторичные материальные ресурсы и отходы, которые на данном этапе развития технологии и экономики перерабатывать не целесообразно и которые образуют безвозвратные потери.

С учетом возможного использования промышленные отходы подразделяют на несколько основных групп. Например, в Японии 14 основных групп отходов (нефтеотходы, осадки и шламы очистных сооружений, зола, шлаки и др.; в каждой из групп дополнительная классификация). В США разработан ряд градаций для различных регионов страны в основном по типу используемых отходов с выделением 115 наименований опасных веществ. По рекомендации Агентства по охране окружающей среды США до 50 % всех отходов следует перерабатывать, 26 % – подвергать захоронению, 24 % – термически обезвреживать. В РФ нет единой классификации отходов. Во Владимирском регионе в кадастр отходов включено около 300 видов различных отходов, которые подразделяются на следующие основные группы: гальваношламы и осадки от нейтрализации сточных вод; отходы реагентов и химреактивов, содержащие кислоты, щелочи и нефтешламы; отходы пластмасс и полимеров; отходы резинотехнической промышленности, отходы бумаги и картона; отходы черных и цветных металлов; шлаки; зола; пищевые отходы, стеклоотходы; отходы деревообрабатывающей промышленности.

Состав бытовых отходов более прост: черные и цветные металлы, бумага и картон, стеклотара и стеклоотходы, отходы пластмасс, текстильные отходы, пищевые отходы.

Раздельный сбор отходов по вышеперечисленным группам позволяет увеличить количество утилизируемых отходов.

Основные методы обезвреживания ПО: сжигание, пиролиз и газификация, сушка, термическое кондиционирование осадков сточных вод, механическое и реагентное обезвреживание осадков.

Основные методы обезвреживания и утилизации: химические, биологические и специальные.

Методы подготовки и переработки отходов:

- классификация и сортировка (грохочение, гидравлическая классификация, воздушная сепарация);
- уменьшение размеров частиц отходов (дробление, измельчение);
- укрупнение размеров частиц (гранулирование, таблетирование, брикетирование, высокотемпературная агломерация);

- обогащение (флотация, магнитная сепарация, электросепарация, отсадка и др.);
- выщелачивание;
- смешение;
- растворение, кристаллизация.

Большие экологические проблемы представляют размещение, хранение и ликвидация не утилизируемых бытовых и промышленных отходов. Во многих странах, в том числе в РФ, такие отходы до сих пор подвергают сжиганию. Например, в Европе сжигается более 3 млн т твердых бытовых отходов в год. В Москве функционируют в настоящее время четыре мусоросжигательных завода, в перспективе строительство еще трех подобных комплексов. Однако сжигание – не всегда экологически безопасное производство, поэтому наибольшее распространение, особенно в РФ получило захоронение отходов на полигонах. Однако при этом большая часть ценных компонентов не извлекается. Сами полигоны занимают большие земельные площади. На полигонах-свалках часто возникают возгорания отходов, что приводит к образованию токсичных веществ (диоксинов и др.).

Более прогрессивным вариантом (по сравнению со сбросом на свалки) является сортировка, переработка и захоронение части отходов на специально оборудованных полигонах (центрах технического захоронения отходов).

В РФ действуют Санитарные правила «Порядок накопления, транспортирования, обезвреживания и захоронения токсичных промышленных отходов». Приему на полигонах не подлежат радиоактивные отходы, нефтепродукты, подлежащие регенерации, древесные отходы (опилки, тара и т.д.), строительные и промышленные отходы. На все отходы, вывозимые на полигоны, должен составляться паспорт (техническая характеристика ПО, меры безопасности при обращении, захоронении или сжигании ПО).

С целью обеспечения экологических требований для природопользователей устанавливают предельные нормы по образованию и размещению отходов – лимиты, которые распространяются на все виды отходов, исходя из норм расхода сырья и материалов, с учетом планируемого объема производства основной продукции, за вычетом планового объема отходов, используемого в качестве сырья.

Экологическое регулирование в области обращения с отходами:

- при внедрении малоотходных и безотходных ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих снижение объема отходов, предприятиям и организациям устанавливаются налоговые, кредитные и иные льготы;

- льготы устанавливаются физическим и юридическим лицам, занятым в сфере сбора, хранения, использования и захоронения отходов;
- взимание платы за размещение отходов с учетом их объемов, класса опасности и нормативов их размещения;
- экологическое страхование при обращении с опасными отходами.

4.6. Экологическая экспертиза

Охранные мероприятия, направленные на то, чтобы на действующем предприятии обеспечить нормативы выбросов и сбросов и соблюсти санитарно-гигиенические (т.е. экологические) нормативы качества окружающей среды, технически не всегда достижимы, а экономически весьма тяжелы. Восстановление нарушенных природопользованием экосистем, или возмещение нанесенного ущерба природе, практически трудно, а во многих случаях просто невозможно.

Поэтому осуществляя те или иные мероприятия, связанные с воздействием на окружающую среду, природные экосистемы, здоровье людей, необходимо заранее на уровне предпроектной или проектной документации исключать возможную угрозу. Для этого существует система предварительной всесторонней оценки объекта, т.е. его экспертиза. Под *экологической экспертизой* понимается система мероприятий, направленных на проверку соответствия хозяйственной и иной деятельности человека требованиям экологической безопасности общества.

Более широкий подход рассматривает экологическую экспертизу как оценку воздействия комплекса хозяйственных нововведений (в том числе преобразований природы) в масштабах избранного региона на среду жизни, природные ресурсы и здоровье людей.

Независимо от объекта экологическая экспертиза должна давать исчерпывающие ответы относительно его влияния:

- на состав и режимы экологических факторов в аспекте закона толерантности по отношению к человеку или иным организмам;
- экологические ниши живых организмов (включая человека), обитающих исторически или временно, в пределах зоны воздействия создаваемого или действующего объекта;
- состав и структуру популяций организмов, ценных в хозяйственном, научном, историческом, эстетическом отношениях;

- структуру, свойства и продукцию экологических систем;
- состояние ландшафтов и природных комплексов;
- функционирование круговоротов вещества и возможные последствия на глобальном уровне.

Степень воздействия объекта экспертизы на природу зависит, в первую очередь, от уровня значимости объектов экспертизы. В ряде случаев экспертиза носит узкий целенаправленный характер и касается лишь отдельных вопросов. Так, экспертиза нового строительного материала или моющего средства ограничивается в основном оценкой его возможных воздействий на организм человека, а экспертиза планируемой эксплуатации популяций животных сводится преимущественно к оценке изменений состава, структуры, динамики, демографических характеристик.

Экспертиза проекта крупного преобразования природы (например строительство гидроэлектростанции, мощного промышленного объекта и т.п.) требует системной оценки всей цепи тех объектов, которые подвергнутся воздействию, от режима экологических факторов до экосистемы в целом. В ряде случаев понадобится давать оценки и на биосферном уровне.

Экологическая экспертиза – сложный комплекс мероприятий. Она включает в себя экспертные оценки специалистов, экспериментальные исследования, обследовательские работы, математическое моделирование. В ряде случаев экологическая экспертиза проводится совместно с медицинской, санитарно-гигиенической.

При оценке проектов реконструкции предприятий, технологий экспертиза, как правило, является комплексной, т.е. включает в себя инженерно-техническую, экономическую, социальную экспертизу, оценку факторов риска, степень угрозы возможных аварий и катастроф. В современной экологической ситуации, складывающейся в биосфере, приоритет должен отдаваться экологическим аспектам.

4.7. Экологический мониторинг

Под *экологическим мониторингом* понимают систему наблюдений за изменениями состояния среды, вызванными антропогенными причинами, позволяющую прогнозировать развитие этих изменений. Термин «монито-

ринг» образован от латинского слова «монитор» – наблюдающий, предупреждающий.

Объектами мониторинга могут быть природные, антропогенные или природно-антропогенные экосистемы.

Организация мониторинга должна решать как локальные задачи наблюдения за состоянием отдельных экосистем или их фрагментов (например биоты), так и задачи планетного порядка, т.е. предусматривать систему глобального мониторинга. Экологический мониторинг представляет собой иерархически организованную систему наблюдений и имеет несколько видов:

- глобальный (биосферный), осуществляемый на основе международного сотрудничества, которое в последние годы становится все более и более интенсивным;
- национальный, осуществляемый в пределах государства специально созданными органами;
- региональный, осуществляемый в пределах крупных районов, интенсивно осваиваемых народным хозяйством, например в пределах геосистем, территориально-производственных комплексов;
- локальный (биоэкологический), включающий слежение за изменениями качества среды в пределах населенных пунктов, промышленных центров, непосредственно на предприятиях.

Глобальный мониторинг осуществляется методами дистанционной индикации экологических систем («аэрокосмические методы»). Аэрокосмические методы применяются для инвентаризации и картографирования природных ресурсов, наблюдения за сезонными и многолетними изменениями природной среды, слежения за ее составом и состоянием, а также за последствиями воздействия хозяйственной деятельности человека. Широко известны дистанционная индикация растительности, аэрокосмическое изучение почв. Дистанционная, т.е. бесконтактная, индикация включает также регистрацию электромагнитного поля экосистем с вышек, авиационных средств, пилотируемых и беспилотных спутников. Аэрокосмические методы кроме прямых наблюдений и приборных оценок широко используют методы фотосъемки, причем картина изменений экосистем устанавливается путем сравнения фотоизображений. Космическая индикация позволяет получить такую информацию в глобальном масштабе, которую невозможно получить в результате наземных или авиационных наблюдений. На снимках хорошо видны поля загрязнения воды нефтепродуктами,

лесные и степные пожары, изменения загрязненности воды в местах крупных антропогенных воздействий, например при создании дамб.

Авиационные методы, включающие аэровизуальные наблюдения и аэрофотосъемку, позволяют подсчитывать численность некоторых видов животных в период миграций или скоплений на период линьки (лоси, северные олени, гренландский тюлень). Возможны также индикация воздействия животных на рельеф, определение изменения физического и химического состава почв.

Примером локального мониторинга является постоянная система наблюдения и контроля загрязнения воздуха в городах, на транспортных магистралях, осуществляемая при помощи стационарных, передвижных или подфакельных постов. Такая система существует в большинстве крупных городов нашей страны.

К локальному мониторингу относится деятельность санитарно-промышленных лабораторий на предприятиях, в задачи которых входят, в частности, постоянные наблюдения за загрязнением воздуха в цехах и на промышленных площадках, воды в установленных створах водных объектов.

Для осуществления мероприятий по глобальному и национальному мониторингу, т.е. для получения информации об изменениях качества среды, происходящих уже на биосферном уровне, необходима организация специальных служб. Базой такого мониторинга являются длительно действующие территориальные комплексы с минимальным или практически нулевым предшествующим антропогенным воздействием.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Раздел 1

1. Назовите и охарактеризуйте различные абиотические факторы.
2. На примере любого из абиотических факторов дайте определения оптимума, стрессовой зоны, пределов устойчивости. Различаются ли они для разных видов организмов?
3. Что такое *лимитирующий фактор*? Какие наблюдения приводят к формулировке закона лимитирующих факторов? Сформулируйте его.
4. На примере любого вида дайте определение *плотности популяции*. Как последняя зависит от абиотических факторов?
5. Каковы важнейшие климатические факторы? Чем они различаются в разных частях земного шара? Сравните их с оптимумами и пределами устойчивости различных видов. Почему в разных регионах существуют разные экосистемы? Дайте определение *микrokлимата*. Покажите на примерах, каким образом другие абиотические факторы влияют на распространение видов. Как последнее ограничивается биотическими факторами и физическими барьерами? Опишите возможные взаимодействия биотических и абиотических факторов, ограничивающие распространение видов.
6. Что может произойти с экосистемой при изменении одного из абиотических или биотических факторов?
7. Чем представлены виды в экосистеме? Как должны соотноситься рождаемость и смертность в стабильной экосистеме?
8. Дайте определение и сравните смысл *биотического потенциала* и *сопротивления среды*. Из чего они состоят? Сформулируйте принцип существования стабильной популяции. Что происходит, если равновесие нарушается?

9. Что имеют в виду, когда говорят, что фактор *зависит от плотности*? Как эта зависимость способствует поддержанию популяционного равновесия? Почему воздействие человека с большей вероятностью приводит к вымиранию видов? Что такое *критическая численность* вида?
10. Опишите, как отношения *хищник – жертва* и *паразит – хозяин* способствуют поддержанию популяционного равновесия участвующих в них видов. Кто такие *естественные враги*? Почему при наличии нескольких естественных врагов популяционное равновесие устойчивее? Сформулируйте соответствующий принцип. Поддерживается ли равновесие «автоматически»? Приведите примеры отсутствия равновесия.
11. Дайте определения *вида, сообщества, экосистемы, биосферы, экологии*.
12. Дайте определения терминов «*структура*», «*биота*», «*биотическая и абиотическая структура экосистемы*».
13. Назовите три основные категории организмов, образующих экосистемы.
14. Что такое *продуценты*? Какова их роль? Назовите и охарактеризуйте ключевой процесс, требующий их участия. Укажите различия между органическим и неорганическим веществом.
15. Что такое *консументы*? Приведите примеры, иллюстрирующие их многообразие. Назовите основные типы консументов и дайте их определение.
16. Что такое *детрит*? Чем детритофаги и редуценты отличаются от других консументов? Чем редуценты отличаются от других детритофагов? Какие две крупные группы организмов относятся к редуцентам?
17. Дайте определения *пищевой цепи, пищевой сети, трофических уровней, биомассы*. Распределите различные категории организмов по трофическим уровням. Сопоставьте относительную биомассу на разных трофических уровнях. Объясните закономерность ее изменения.
18. Назовите и охарактеризуйте разные типы непищевых взаимоотношений между организмами.
19. Сравните экосистему человека с другими экосистемами. В чем состоит их сходство? Каковы их различия, в частности, с точки зрения

лимитирующих факторов? Обсудите, каким образом человечеству удалось преодолеть действие лимитирующих факторов, ограничивающих распространение других видов. Каковы результаты взаимодействия экосистемы человека и других экосистем? Устойчиво ли оно? Объясните, почему нет. Есть ли здесь какая-либо альтернатива? Что понимается под устойчивым развитием? Могут ли люди расширить пределы своей устойчивости? Приведите примеры уже предпринимаемых попыток такого рода.

20. В чем причина стабильности экосистем?
21. Почему они изменяются?
22. Дайте определение *местообитания* и *экологической ниши*. Поясните разницу между ними.
23. Приведите примеры того, как приспособленность растений и животных к конкретным местообитаниям и/или нишам снижает межвидовую конкуренцию. Почему это увеличивает биологическое разнообразие экосистем и способствует поддержанию их равновесия?
24. Приведите примеры постепенного изменения природных экосистем. Дайте определение и приведите примеры *первичной* и *вторичной сукцессий*, *климаксовой экосистемы*.
25. Чем отличаются изменения экосистем, вызванные человеком, от естественных сукцессий? В чем разница между сукцессией, нарушением, гибелью экосистемы?
26. Разнообразна ли экосистема человека? Стабильна ли она? Поясните. Возможно ли устойчивое развитие человечества без сохранения биологического разнообразия природных экосистем? Поясните. Как Вы лично можете способствовать поддержанию биологического разнообразия?

Раздел 2

27. Что такое биосфера и чем она отличается от других оболочек Земли?
28. Из чего состоят биотическая и абиотическая части биосферы как глобальной экосистемы?
29. Каковы границы современной биосферы? Чем они определяются?
30. Какие категории вещества выделяются в биосфере?
31. Какие специфические свойства характерны для живого вещества?
32. Перечислите основные функции живого вещества в биосфере.

33. В чем состоит энергетическая функция живого вещества?
34. Приведите примеры появления концентрационной и рассеивающей функций живого вещества?
35. В чем проявляется действие деструктивной функции живого вещества?
36. В чем состоит средообразующая функция живого вещества? Как она связана с другими его функциями?
37. Что такое круговорот веществ на Земле по малому и большому кругу?
38. Как и какие важнейшие функции живого вещества обеспечиваются посредством малого круговорота веществ в природе?
39. Из каких частей состоит биогеохимический круговорот элементов?
40. В чем заключается различие между круговоротами газов и осадочными круговоротами?
41. В чем состоят особенности биогеохимических циклов основных биогенных элементов?
42. Какова роль хозяйственной деятельности человека в круговороте веществ на Земле?
43. Составьте принципиальную схему круговорота углерода на Земле и поясните ее. Выделите элементы хозяйственной деятельности, влияющие на круговорот углерода.
44. Составьте принципиальную схему круговорота азота на Земле и поясните ее. В чем заключаются основные нарушения в круговороте азота, возникающие в связи с деятельностью человека?
45. Составьте принципиальную схему круговорота фосфора на Земле и поясните ее. К каким последствиям приводит нарушение круговорота фосфора в результате деятельности человека?

Раздел 3

46. Перечислите и опишите свойства почвы, необходимые для роста растений.
47. Перечислите четыре питательных элемента, которые растения получают из почвы. Каким образом они попадают в почву и как извлекаются оттуда? Дайте определение *выветриванию* и *выщелачиванию*. Объясните значение способности почвы удерживать элементы питания.

48. Объясните, почему для развития растений нужен постоянный доступ к воде. Дайте определение инфильтрации и водоудерживающей способности; объясните, почему они так важны.
49. Дайте определение аэрации почвы; объясните, почему она так важна. Опишите два фактора, препятствующие аэрации.
50. Что такое рН? В каких пределах рН возможна жизнь?
51. Опишите, как соленая вода препятствует росту растений.
52. Дайте определение механического состава почвы. Назовите три основных компонента этого состава. Что такое суглинок? Опишите, как механический состав влияет на влажность, элементы питания, аэрацию и обрабатываемость почвы. Какой ее механический состав оптимален?
53. Дайте определение гумуса. Откуда он поступает? Опишите, как формируется пахотный слой из подпочвы, детрита и почвенных организмов. Сравните свойства пахотного слоя и подпочвы. Объясните, что происходит, если в почву поступает недостаточно детрита. Как отражается на развитии растений потеря пахотного слоя? Почему?
54. Опишите различия, назовите достоинства и недостатки органических и минеральных удобрений.
55. Опишите взаимосвязи, существующие между растениями и экосистемой почвы.
56. Назовите и опишите различные типы эрозии. Как изменяются свойства почвы под ее воздействием? Что происходит с плодородием? Почему слово «опустынивание» – подходящее название для этого явления?
57. Перечислите и дайте определение трех основных причин эрозии. Какие экономические и социальные факторы стоят за каждой из них?
58. Опишите, как орошение может привести к потере плодородия.
59. Обсудите и приведите примеры, иллюстрирующие масштабы опустынивания. Можно ли его предупредить?
60. Назовите и опишите методы предупреждения эрозии.
61. Как можно избежать засоления?
62. Опишите испарение, конденсацию и процесс очистки воды с их участием.

63. Каковы важнейшие источники водяного пара, поступающего в атмосферу? Дайте определение относительной влажности.
64. Дайте определение поверхностного стока, инфильтрации, отношения инфильтрация / поверхностный сток, поверхностной воды, капиллярной воды, гравитационной воды, просачивания, грунтовых вод, их уровня, водоносного горизонта, зоны пополнения родника. Опишите продвижение воды в землю и внутри нее, используя эти термины. Какую воду обычно потребляют растения? Какую воду берут в колодцах?
65. Опишите три разные «петли» в круговороте воды. Чем они похожи? Чем различаются? Сравните качество поверхностных и грунтовых вод. Объясните различия. Дайте определение выщелачивания. Почему бессточные водоемы соленые?
66. Откуда и как получают воду? Для чего в основном используют воду в городах и в промышленности? Какие здесь лимитирующие факторы и их влияние? Можно ли их избежать? Объясните, почему потребление воды в промышленности и в городах называют возвратным, а на орошение – безвозвратным.
67. Приведите примеры перерасхода поверхностных вод. Опишите его последствия.
68. Приведите примеры, показывающие, что мы перерасходуем грунтовые воды. Назовите и опишите, используя примеры, последствия этого.
69. Каковы возможные последствия тенденции к увеличению расхода воды?
70. Опишите, приведя примеры, возможности значительного сокращения расхода воды на орошение, городские и промышленные нужды.
71. Объясните, как урбанизация влияет на отношение инфильтрация / поверхностный сток. Назовите и опишите последствия увеличения поверхностного стока и уменьшения инфильтрации.
72. Опишите традиционный способ обращения с ливневой водой. Каковы последствия этого? Какова современная концепция использования ливневой воды? Опишите методы ее задержки и восстановления инфильтрации.
73. Назовите и опишите две основные категории водной растительности. Дайте определение и опишите бентосные растения и фитопланктон. Откуда они получают биогены?

74. Объясните, как обогащение биогенами нарушает экологическое равновесие. Назовите этот процесс. Правда ли, что эвтрофный водоем безжизненный?
75. Назовите различия между естественной и антропогенной *эвтрофикацией*.
76. Перечислите и опишите способы борьбы с эвтрофикацией. Какие методы направлены только против ее симптомов? Какие из них устраняют ее причину?
77. Перечислите и назовите источники наносов.
78. Опишите влияние осадконакопления на ручьи, реки и их экосистемы.
79. Опишите влияние осадконакопления на русла и водохранилища.
80. Перечислите и назовите источники биогенов.
81. Опишите, как уничтожение болот и укрепление берегов влияют на осадконакопление и уровень биогенов.
82. Приведите примеры лучших методов ведения хозяйства, позволяющих контролировать осадконакопление и уровень биогенов.
83. Опишите средства борьбы с наносами в строительстве и горном деле.
84. Обсудите важность охраны болот.
85. Обсудите необходимость запрещения фосфатных детергентов.
86. Обсудите необходимость удаления биогенов из канализационных стоков.
87. Дайте определение кислотных осадков. Назовите их типы.
88. Опишите химическую природу кислот и оснований. Объясните, как кислота нейтрализует основание. Почему воду считают нейтральной?
89. Расскажите о шкале рН. Какие значения рН относятся к кислым, щелочным, нейтральным. Какова разница между соседними единицами рН?
90. Как широко распространены кислотные осадки? Насколько они кислее нормальных?
91. Назовите две важнейшие кислоты, присутствующие в кислотных осадках, и поясните, откуда они берутся.
92. Расскажите, как кислотные осадки влияют на водные экосистемы. Как их нарушение сказывается на обитателях суши?
93. Опишите три пути влияния кислотных осадков на леса. Назовите отмирающие леса.

94. Дайте определение буфера и буферной емкости. Объясните, почему одни экосистемы сохраняются, а другие разрушаются под влиянием одинакового количества кислотных осадков.
95. Расскажите, как кислотные осадки воздействуют на памятники и скульптуры. Проведите параллель между этим явлением и потерей буферной емкости.
96. Расскажите, как фермеры поддерживают рН своих почв. Можно ли это применить к любым экосистемам?
97. Как можно сократить выбросы кислотообразующих веществ с угольных электростанций? Какие методы осуществимы в ближайшем будущем? В долгосрочной перспективе?
98. Под какими предлогами производители электроэнергии отказываются от внедрения очистных сооружений? Докажите ложность этих аргументов.
99. Расскажите, что можно сделать для борьбы с кислотными осадками.
100. Как углекислый газ улавливает тепло? Как меняется уровень содержания этого газа в атмосфере?
101. Откуда поступает дополнительный углекислый газ? Как Вы сами его выделяете? Назовите источники других парниковых газов.
102. Опишите возможную степень потепления и последствия этого.
103. Приведите доказательства того, что потепление, вызванное углекислым газом, уже происходит.
104. Расскажите, что можно сделать, чтобы ослабить парниковый эффект, и как Вы в этом можете участвовать.
105. Опишите природу и значение озонового экрана.
106. Расскажите, как формируется озоновый экран и что ведет к его разрушению.
107. Перечислите и опишите источники хлора, поступающего в стратосферу. Дайте определение ХФУ.
108. Где и когда впервые обнаружили нарушение озонового экрана. Возможно ли оно в других районах? Объясните.
109. Что делается для борьбы с нарушением озонового экрана?

Раздел 4

110. В чем сущность безотходного производства?
111. Что обозначают термины ПДС, ПДВ, ПДК. Какова связь между ПДК и ПДС, ПДК и ПДВ?

112. Перечислите нормативные требования к качеству газовых выбросов.
113. Назовите нормативные требования к качеству воды.
114. Как осуществляется контроль загрязнения почвы?
115. Как производят очистку газов от пыли?
116. Приведите классификацию конструкций аппаратов для пылеулавливания.
117. В чем сущность хемосорбционных методов очистки газовых выбросов?
118. Назовите преимущества и недостатки адсорбционных методов очистки газов.
119. Каталитические методы очистки газов. В чем они заключаются?
120. В чем сущность методов ионообменной очистки воды?
121. Механические методы очистки воды. Как они используются?
122. Назовите физико-химические методы очистки воды.
123. Какие методы биохимической очистки воды Вы знаете?
124. Назовите основные направления рационального водопользования.
125. В чем сущность бессточных систем водопользования?
126. Методы обезвреживания и утилизации жидких отходов. В чем их суть?
127. Каково влияние природных факторов на рассеивание вредных выбросов в приземном слое атмосферы?
128. Перечислите требования к полигонам промышленных отходов.
129. Как производят расчет максимальной приземной концентрации вредного вещества от нагретого и холодного источника?
130. Назовите методы защиты от шума.
131. Охарактеризуйте методы защиты и предотвращения вибрации.
132. Приведите классификацию отходов.
133. В чем сущность методов обезвреживания и утилизации твердых отходов?
134. Приведите примеры обезвреживания и рекуперации отходов (по изучаемой Вами специальности).
135. Определите основные направления рационального использования природных ресурсов.
136. Какую цель преследуют при создании ресурсо- и энергосберегающих производств?

ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

Для студентов инженерных специальностей (автомобильный транспорт, автомобильные дороги) 150200, 230100 и др.

1. Загрязнение атмосферного воздуха токсичными компонентами отработанных газов транспортных двигателей.
2. Воздействие инфраструктуры дорожно-транспортного комплекса на окружающую среду.
3. Отходы предприятий транспортного комплекса и их влияние на окружающую среду.
4. Экологические проблемы, связанные с эксплуатацией автотранспорта.
5. Шум как экологический фактор.
6. Воздействие транспортного шума на здоровье населения.
7. Свинцовое загрязнение окружающей среды и автотранспорт.
8. Физические факторы воздействия на человека и окружающую среду.
9. Загрязнение окружающей среды АЗС г. Владимира.
10. Проблемы загрязнения почв и водотоков нефтепродуктами.
11. Влияние транспортно-дорожного комплекса на экологические системы.
12. Воздействие газовых выбросов автотранспорта на здоровье человека.
13. Снижение токсичности выбросов транспортно-энергетических установок.
14. Пути снижения воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду.
15. Защита окружающей среды от загрязнений, связанных с дорожно-транспортным комплексом.
16. Пути повышения экологической безопасности автотранспортного комплекса.
17. Инструментальный контроль состояния автотранспортных средств как путь снижения загрязнения окружающей среды.
18. Альтернативное топливо для автомобильного транспорта.

19. Современные методы и системы очистки отработавших газов автомобильных двигателей.
20. Использование дожигателей для уменьшения загрязнения окружающей среды.
21. Оптимизация режимов движения автотранспорта на автомагистралях города.
22. Пути совершенствования режимов работы двигателей внутреннего сгорания.
23. Основные методы очистки поверхностных и сточных вод от нефтепродуктов.
24. Экологическая политика в регионе по снижению вредного воздействия автотранспорта на окружающую среду.
25. Защита селитебной части города Владимира от вредного воздействия автотранспорта.
26. Контроль загрязнения атмосферного воздуха в городах.
27. Стандартизация в области защиты окружающей среды от загрязнений, связанных с транспортными средствами.

Для студентов инженерных специальностей (машиностроение и металлообработка) 120100, 120300, 120700, 651300, 110400 и др.

1. Загрязнение окружающей среды предприятиями машиностроения и металлообработки.
2. Тяжелые металлы в окружающей среде и здоровье населения.
3. Утилизация твердых и жидких промышленных отходов гальванопроизводств.
4. Шум как негативный экологический фактор.
5. Вибрация и акустические колебания, их негативное воздействие на человека и техносферу.
6. Сочетание действий вредных факторов.
7. Электрический ток как негативный фактор воздействия на человека.
8. Природосберегающие строительные машины, механизмы и транспорт.
9. Электромагнитное излучение как негативный фактор воздействия на человека и окружающую среду.
10. Промышленная вентиляция и кондиционирование.
11. Новые экологические технологии в машиностроении и металлообработке.

12. Защита атмосферного воздуха от промышленного воздействия.
13. Энергетические загрязнения техносферы.
14. Сбор и утилизация промышленных отходов на примере Владимирского региона.
15. Экспертиза и контроль экологичности и безопасности производств.
16. Региональная политика в области возмещения ущерба окружающей среде в результате техногенного воздействия.
17. Характеристика антропогенных изменений в районах промышленного освоения территорий.
18. Основные вредные факторы воздействия промышленных производств.
19. Методы восстановления нарушенных территорий.
20. Охрана атмосферы от техногенного воздействия металлообрабатывающего производства.
21. Рекуперация отходов литейного производства.
22. Новые ресурсосберегающие технологии.

Для студентов инженерных специальностей (теплоэнергетических комплексов) 290700 и др.

1. Загрязнение окружающей среды предприятиями теплоэнергетического комплекса.
2. Шум как негативный экологический фактор.
3. Вибрация и акустические колебания, их негативное воздействие на человека и техносферу.
4. Сочетание действий вредных факторов.
5. Электрический ток как негативный фактор воздействия на человека.
6. Электромагнитное излучение как негативный фактор воздействия на человека и окружающую среду.
7. Промышленная вентиляция и кондиционирование.
8. Защита атмосферного воздуха от промышленного воздействия.
9. Энергетические загрязнения техносферы.
10. Сбор и утилизация промышленных отходов во Владимирском регионе.
11. Основные методы очистки газовоздушных выбросов от котельных и ТЭЦ.
12. Основные методы водоподготовки в отопительных системах.
13. Экспертиза и контроль экологичности и безопасности производств.

14. Региональная политика в области возмещения ущерба окружающей среде в результате техногенного воздействия.
15. Влияние теплоэнергетического комплекса на состояние окружающей среды Российской Федерации.
16. Характеристика антропогенных изменений в районах промышленного освоения территорий.
17. Основные вредные факторы воздействия теплоэнергетического комплекса.
18. Методы восстановления нарушенных территорий.
19. Охрана атмосферы от техногенного воздействия теплоэнергетического комплекса.
20. Альтернативные источники энергии.

Библиографический список

1. *Одум Ю.* Основы экологии. – М.: Мир, 1975. – 740 с.
2. *Шилов И.А.* Экология. – М.: Высш. шк., 1997. – 512 с.
3. *Стадницкий Г.В., Родионов А.И.* Экология. – М.: Высш. шк., 1988. – 272 с.
4. *Воронков Н.А.* Экология общая, социальная, прикладная. – М.: Агар, 1999. – 424 с.
5. *Реймерс Н.Ф.* Природопользование: Слов.-справ. – М.: Мысль, 1990. – 319 с.
6. *Небел Б.* Наука об окружающей среде. – М.: Мир, 1993. Т.1. – 272 с.
7. *Акимова Т.А., Хаскин В.В.* Основы экоразвития. – М.: Изд-во Рос. экон. акад., 1994. – 312 с.
8. *Агаджанян Н.А., Торшин В.И.* Экология человека. Избранные лекции. – М.: Крук, 1994. – 256 с.
9. *Протасов В.Ф.* Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 672 с.
10. *Трифорова Т.А., Мищенко Н.В.* Практикум по общей экологии / Владимир. гос. ун-т. – Владимир, 1997. – 48 с.
11. *Мазур Н.И., Молдаванов О.И., Шишов В.Н.* Инженерная экология. – М.: Высш. шк., 1996. Т.1. – 734 с.
12. *Белевицкий А.М.* Проектирование газоочистных сооружений. – Л.: Химия, 1990. – 288 с.
13. *Родионов А.И., Клушин В.Н., Торочешников Н.С.* Техника защиты окружающей среды. – М.: Химия, 1989. – 512 с.
14. *Белов С.В.* и др. Охрана окружающей среды. – М.: Высш. шк., 1999. – 448 с.
15. ОНД – 86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 93 с.
16. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: Справ. материалы / Под ред. Т.В. Гусевой. – М.: Эколайн, 2000. – 160 с.
17. Защита атмосферы от промышленных загрязнений: Справ. – М.: Металлургия, 1988. – 760 с.
18. *Бертон П., Радд Д.* Стратегия защиты окружающей среды от загрязнений. – М.: Мир, 1980. – 606 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
1. ОСНОВЫ ОБЩЕЙ ЭКОЛОГИИ.....	5
1.1. Факторы среды и закономерности их действия на живые организмы	6
1.2. Популяции: динамика численности	9
1.3. Структура и энергетика экологических систем.....	12
1.4. Экологическое равновесие.....	16
1.5. Динамика экосистем.....	17
2. БИОСФЕРА	21
2.1. Свойства и функции живого вещества.....	22
2.2. Круговорот веществ и химических элементов в биосфере.....	23
3. АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА БИОСФЕРУ И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЯ	30
3.1. Место человека в биосфере	30
3.2. Загрязнение окружающей среды	31
3.3. Проблемы загрязнения атмосферы.....	32
3.4. Экологические проблемы гидросферы	41
3.5. Охрана почв и земельных ресурсов.....	46
4. ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕНЕЗА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И КОНТРОЛЬ ЕЕ КАЧЕСТВА	51
4.1. Основные нормативы, критерии и показатели качества окружающей среды	51
4.2. Влияние отраслей народного хозяйства на состояние окружающей среды РФ	52

4.3. Основные направления защиты атмосферы от промышленных выбросов	58
4.4. Защита гидросферы от промышленных загрязнений.....	63
4.5. Проблема твердых бытовых и промышленных отходов.....	67
4.6. Экологическая экспертиза	70
4.7. Экологический мониторинг	71
ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ	74
ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ.....	83
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	87

Учебное издание

ТРИФОНОВА Татьяна Анатольевна
ГРИШИНА Елена Петровна
СЕЛИВАНОВА Нина Васильевна

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ
И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Учебное пособие

Редактор Р.С. Кузина
Корректор И.А. Арефьева
Компьютерная верстка К.Г. Солнцев
Дизайн обложки К.Г. Солнцев

ЛР № 020275. Подписано в печать 05.06.02.

Формат 60×84/16. Бумага для множит. техники. Гарнитура Таймс.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 5,35. Уч.-изд. л. 5,79. Тираж 300 экз.

Заказ

Редакционно-издательский комплекс
Владимирского государственного университета.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.



**Т.А. ТРИФОНОВА
Е.П. ГРИШИНА
Н.В. СЕЛИВАНОВА**

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ