

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА» (СПбГУТ)

Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ»**

**Направление подготовки 05.03.06 Экология и природопользование
Разработчик: доцент, к.т.н. Королькова С.В.**

**Санкт-Петербург
2016**

Введение

Существует образное выражение, что мы живем в эпоху трех «Э»: экономика, энергетика, экология. При этом экология как наука и образ мышления привлекает все более и более пристальное внимание человечества.

Экологию рассматривают как науку и учебную дисциплину, которая призвана изучать взаимоотношения организмов и среды во всем их разнообразии. При этом под средой понимается не только мир неживой природы, а и взаимодействие одних организмов или их сообществ на другие организмы и сообщества.

Термин «экология» был введен в употребление немецким естествоиспытателем Э. Геккелем в 1866 году. В дословном переводе с греческого означает науку о доме (ойкос - дом, жилище; логос-учение).

По этой причине экологию иногда связывают только с учением о среде обитания (доме) или окружающей среде. Последнее в основе правильно с той, однако, существенной поправкой, что среду нельзя рассматривать в отрыве от организмов, как и организмы вне их среды обитания. Это составные части единого целого. Именно организмы сформировали современную среду. Им же принадлежит первостепенная роль в нейтрализации тех воздействий на среду, которые происходили и происходят по различным причинам.

Концептуальные основы дисциплины. С момента появления «Экология» развивалась в рамках биологии практически на протяжении целого века – до 60-70-х годов настоящего столетия. Человек в этих системах, как правило, не рассматривался – полагалось, что его взаимоотношения со средой подчиняются не биологическим, а социальным закономерностям и являются объектом общественно-философских наук.

В настоящее время термин «экология» существенно трансформировался. Она стала больше ориентированной на человека в связи с его исключительно масштабным и специфическим влиянием на среду.

Сказанное позволяет дополнить определение «экологии» и назвать задачи, которые она призвана решать в настоящее время. Современную экологию можно рассматривать как науку, занимающуюся изучением взаимоотношений организмов, в том числе и человека, со средой, определением масштабов и допустимых пределов воздействия человеческого общества на среду, возможностей уменьшения этих воздействий или их полной нейтрализации. В стратегическом плане – это наука о выживании человечества и выходе из экологического кризиса, который приобрел (или приобретает) глобальные масштабы – в пределах всей планеты Земля.

Экология рассматривается не только как самостоятельная дисциплина, а как мировоззрение, призванное пронизывать все науки, технологические процессы и сферы деятельности людей.

Ясно, что без основательной общей экологической подготовки экологизация образования, как и деятельность человека, практически невозможна, а если она и проводится – то либо не достигает цели, либо

имеет результат, противоположный ожидаемому, так как базируется на случайных, часто фрагментарных положениях, что недопустимо для системной науки, к рангу которой относится «Экология».

Наряду с экологическим образованием существенное внимание уделяется экологическому воспитанию, с которым связывается бережное отношение к природе, культурному наследию, социальным благам. Без серьезного общеэкологического образования решение этой задачи также весьма проблематично.

Между тем, став в своем роде модной, экология не избежала вульгаризации понимания и содержания. В ряде случаев экология ставится разменной монетой в достижении политических целей, положения в обществе.

В разряд экологических нередко возводят вопросы, относящиеся к отраслям производства, видам и результатам деятельности человека, просто, если к ним добавляют модное слово «экология». Так появляются несуразные выражения, в том числе и в печати, типа «хорошая и плохая экология», «чистая и грязная экология», «испорченная экология» и т.д. Это равнозначно присвоению таких же эпитетов математике, физике, истории, педагогике и т.п.

«Общая экология» изучает наиболее общие закономерности взаимоотношений организмов и их сообществ со средой в естественных условиях.

«Социальная экология» рассматривает взаимоотношения в системе «общество-природа», специфическую роль человека в системах различного ранга, отличие этой роли от других живых существ, пути оптимизации взаимоотношений человека со средой, теоретические основы рационального природопользования.

«Прикладная экология» призвана решать конкретные вопросы природопользования, определять допустимые нагрузки на среду, разрабатывать методы управления природными системами (экосистемами) и способы «экологизации» различных видов деятельности человека.

С точки зрения основного содержания предмета «Общая экология» есть не что иное, как экология природных систем и учений о природной среде, а «Социальная и прикладная экология» – экология измененных человеком природных систем и среды, или экология природно-антропогенных систем и учений о природно-антропогенной (иногда техногенной) среде.

Лекция № 1

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ (ТЕРМИНЫ) ЭКОЛОГИИ. ЕЕ СИСТЕМНОСТЬ

Основные понятия

Основным понятием и основной таксономической единицей в экологии является «экосистема». Этот термин введен в употребление А. Тенсли в 1935г., т.е. более полувека спустя после выделения экологии как отрасли научных знаний (1866).

Под **экосистемой** понимается любая система, состоящая из живых существ и среды их обитания, объединенных в единое, функциональное звено. Основные свойства экосистем – способность осуществлять круговорот веществ, противостоять внешним воздействиям, производить биологическую продукцию. Выделяют обычно экосистемы различного ранга: от микроэкосистем (небольшой водоем, труп животного с населяющими его организмами или ствол дерева в стадии размножения, аквариум и даже лужица или капля воды, пока они существуют и в них присутствуют живые организмы, способные осуществлять кругооборот веществ); мезоэкосистемы (лес, пруд, река и т.п.); макроэкосистемы (океан, континент, природная зона и т.п.) и глобальная экосистема – биосфера в целом.

Экосистемы обычно включают два блока. Первый из них состоит из взаимосвязанных организмов разных видов и носит название **«биоценоз»** (термин введен немецким зоологом К. Мебиусом в 1877г.), второй блок составляет **среда обитания**, которую в данном случае называют **«биотоп»** или **«экоотоп»**.

Каждый биоценоз состоит из множества видов, но виды входят в него не отдельными особями, а популяциями или их частями. **Популяция** – это относительно обособленная часть вида (состоит из особей одного вида), занимающая определенное пространство и способная к саморегулированию и поддержанию оптимальной численности особей.

В экологии часто пользуются также термином **«сообщество»**. Содержание этого термина неоднозначно. Под ним понимается и совокупность взаимосвязанных организмов разных видов (синоним биосинтез), и аналогичная совокупность только растительных (фотосинтез, растительное сообщество), животных (зооценоз) организмов или микробного населения (микробоценоз).

Системность экологии. Экология как наука рассматривает системы, звенья и члены которых находятся в тесной взаимосвязи и взаимозависимости.

Говоря о системных явлениях, важно познакомиться с видами систем, общими положениями теории систем. Обычно различают три вида систем:

- **изолированные**, которые не обмениваются с соседними ни веществом, ни энергией;
- **закрытые**, которые обмениваются с соседними энергией, но не веществом (например, космический корабль);
- **открытые**, которые, обмениваются с соседними и веществом, и энергией.

Практически все природные (экологические) системы относятся к типу открытых.

Существование систем немислимо без связей. Последние делят на **прямые и обратные**. Прямой называют такую связь, при которой один элемент (А) действует на другой (В) без ответной реакции. Примером такой связи может быть действие древесного яруса леса на случайно выросшее под его пологом травянистое растение или действие солнца на земные процессы.

При обратной связи элемент В отвечает на действие элемента А. Обратные связи бывают положительными и отрицательными. И те и другие играют существенную роль в экологических процессах и явлениях.

Положительная обратная связь ведет к усилению процесса в одном направлении. Пример ее – заболачивание территории, например, после вырубки леса. Снятие лесного полога и уплотнение почвы обычно ведет к накоплению воды на ее поверхности. Это, в свою очередь, дает возможность поселяться здесь растениям – влагонакопителям, например сфагновым мхам, содержание воды в которых в 25-30 раз превышает вес их тела. Процесс начинает действовать в одном направлении: увеличение увлажнения – обеднение кислородом – замедление разложения растительных остатков – накопление торфа – дальнейшее усиление заболачивания.

Отрицательная обратная связь действует таким образом, что в ответ на усиление действия элемента А увеличивается противоположная по направлению сила действия элемента В. это наиболее распространенный и важный вид связей в природных системах. На них прежде всего базируется устойчивость и стабильность экосистем. Пример такой связи – взаимоотношения между хищником и его жертвой. Увеличение численности жертвы как кормового ресурса, например полевых мышей для лис, создает условия для размножения и увеличения численности последних. Они, в свою очередь, начинают более интенсивно уничтожать жертву и снижают ее численность. В целом численность хищника и жертвы синхронно колеблется в определенных границах.

Универсальное свойство экосистем – их **эмерджентность** (англ. эмердженс – возникновение, появление нового), заключающееся в том, что свойства системы как целого не являются простой суммой свойств слагающих ее частей или элементов. Например, одно дерево, как и редкий древостой, не составляет леса, поскольку не создает определенной среды (почвенной, гидрологической, метеорологической и т.д.) и свойственных лесу взаимосвязей различных звеньев, обуславливающих новое качество. Недоучет эмерджентности может приводить к крупным просчетам при вмешательстве человека в жизнь экосистем или при конструировании систем для выполнения определенных целей. Например, сельскохозяйственные поля (агроценозы) имеют низкий коэффициент эмерджентности и поэтому характеризуются крайне низкой способностью саморегулирования и устойчивости.

Видный американский эколог Б. Коммонер сделал удачную попытку обобщить системность экологии как науки в виде четырех законов. Эти законы в основе своей не новы, но впервые сформулированы в образной простой форме. Их соблюдение – обязательное условие любой экологически обусловленной деятельности человека в природе.

Первый закон Комменера отражает по сути своей всеобщую связь процессов и явлений в природе и звучит так: **«Все связано со всем»**. Вторым законом базируется на положении сохранения вещества и энергии: **«Все должно куда-то деваться»**. Какой бы ни была высокой труба завода, она не

может выбрасывать отходы производства за пределы биосферы. В такой же мере загрязнители, попадающие в реки, в конечном счете оказываются в морях и океанах и с продуктами возвращаются к человеку в виде своего рода «экологического бумеранга». Третий закон ориентируется на действия, согласующиеся с природными процессами, сотрудничество с природой, или коадаптацию (лат. ко – с, вместе; адаптацию – приспособление), вместо покорения человеком природы, подчинения ее своим целям: **«Природа знает лучше»**. Сущность четвертого закона заключается в ориентации человека на то, что любое его действие в природе не остается бесследным, мнимая выгода часто оборачивается ущербом, а охрана природы и рациональное использование природных ресурсов немислимы без определенных экономических затрат. Звучит этот закон так: **«Ничто не дается даром»**. Дешевому природопользованию не должно быть места. Если не заплатим за него мы, то в многократном размере это должны будут сделать пришедшие нам на смену поколения.

Структура общей экологии

В «Общей экологии» обычно выделяют несколько взаимосвязанных разделов, которые иногда рассматривают как отдельные дисциплины (табл. 1).

Таблица 1

Структура «Общей экологии»

Разделы экологии	Их содержание
Факториальная экология	Учение о факторах среды и закономерностях их действия на организмы.
Экология организмов, или аутэкология	Взаимодействие между отдельными организмами и факторами среды или средами жизни
Популяционная экология, или демэкология	Взаимоотношение между организмами одного вида (в пределах популяций) и средой обитания. Экологические закономерности существования популяций
Учение об экосистемах (биогеоценозах), или синэкология	Взаимоотношения организмов разных видов (в пределах биоценозов) и среды их обитания как единого целого. Экологические закономерности функционирования экосистем.
Учение о биосфере (глобальная экология)	Роль живых организмов (живого вещества) и продуктов их жизнедеятельности в создании земной оболочки (атмосферы, гидросферы, литосферы), ее

Вопросы и задания

Дайте определение экологии как науки. Назовите автора термина.

Какие вопросы и проблемы рассматривает «Общая экология»? Назовите ее основные разделы.

Почему экологию относят к системным наукам? Назовите основные виды систем и присущие им связи.

дайте определение понятий (терминов) экологии: «экосистема», «биоценоз», «сообщество», «популяция». К какому виду системы относится «экосистема» и почему? Какие для нее присущи связи? Приведите примеры.

Назовите экологические законы Б.Коммонера. Раскройте их содержание.

Лекция № 2

СРЕДА ОБИТАНИЯ. ФАКТОРЫ СРЕДЫ И АДАПТАЦИИ К НИМ ОРГАНИЗМОВ. СРЕДЫ ЖИЗНИ

2.1 Среда и факторы среды, их классификация.

Под **средой обитания** обычно понимают природные тела и явления, с которыми организм (организмы) находятся в прямых или косвенных взаимоотношениях. Отдельные элементы среды, на которые организмы реагируют приспособленными реакциями (адаптациями), носят название факторов.

Влияние среды на организмы обычно оценивают через отдельные факторы. Под экологическими факторами понимается любой элемент или условие среды, на которые организмы реагируют приспособительными реакциями, или адаптациями. За пределами приспособительных реакций лежат летальные (гибельные для организмов) значения факторов.

Классификация факторов:

Чаще всего факторы делят на три группы.

Факторы неживой природы (абиотические, или физико-химические). К ним относятся климатические, атмосферные, почвенные (эдафотические), геоморфологические (орографические), гидрологические и другие.

Факторы живой природы (биотические) – влияние одних организмов или их сообществ на другие. Эти влияния могут быть со стороны растений (фитогенные), животных (зоогенные), микроорганизмов, грибов и т.п.

Факторы человеческой деятельности (антропогенные). В их числе различают прямое влияние на организмы (например, загрязнение среды, уничтожение кормовых угодий, строительство плотин на реках и т.п.).

Интересна классификация факторов по периодичности и направленности действия, степени адаптации к ним организмов. В этом отношении выделяют факторы, действующие строго периодически (смены времени суток, сезонов года, приливо-отливные явления и т.п.), действующие без строгой периодичности, но повторяющиеся время от времени. Сюда относятся погодные явления, наводнения, ураганы,

землетрясения и т.п. Следующая группа – факторы направленного действия, они обычно изменяются в одном направлении (потепление или похолодание климата, зарастание водоемов, заболачивание территорий и т.п.). И последняя группа – факторы неопределенного действия. Сюда относятся антропогенные факторы, наиболее опасные для организмов и их сообществ.

Из перечисленных групп организмы легче всего адаптируются или адаптированы к тем, которые четко изменяются (строго периодические, направленные). Адапционность к таким такова, что часто становится наследственно обусловленной.

Некоторые трудности характерны для адаптаций к нерегулярно – периодическим факторам, но организмы нередко имеют механизмы предчувствия их возможности (землетрясения, ураганы, наводнения и т.п.) и в какой-то мере могут смягчать их отрицательные последствия.

Наибольшие трудности для адаптации представляют факторы, природа которых неопределенна, к ним организм, как правило, не готов, вид не встречался с такими явлениями и в процессе эволюции. Сюда, как отмечалось, относится группа антропогенных факторов. В этом их основная специфика и антиэкологичность. Многие из этих факторов, кроме того, выступают как вредные. Их относят к группе ксенобиотиков (греч. ксенос – чужой). К ним относятся практически все загрязняющие вещества. В числе быстроизменяющихся факторов большое беспокойство в настоящее время вызывают изменение климата, обуславливаемое так называемым «тепличным, или парниковым эффектом», изменение водных экосистем в результате преобразования рек, мелиораций т.п. Только в отдельных случаях по отношению к таким факторам организмы могут использовать механизмы так называемых переадаптаций, т.е. те адаптации, которые вырабатывались по отношению к другим факторам. Так, например, устойчивости растений к загрязнению воздуха в какой-то мере способствуют те структуры, которые благоприятны для повышения засухоустойчивости: плотные покровные ткани листьев, наличие на них воскового налета, опушенности, меньшее количество устьиц и другие структуры, замедляющие процессы поглощения веществ, а следовательно, и отравление организма. Это необходимо учитывать, в частности, при подборе ассортимента видов для выращивания в районах с высокой промышленной нагрузкой, для озеленения городов, промплощадок и т.п.

2.2. Общие закономерности действия факторов среды на организмы

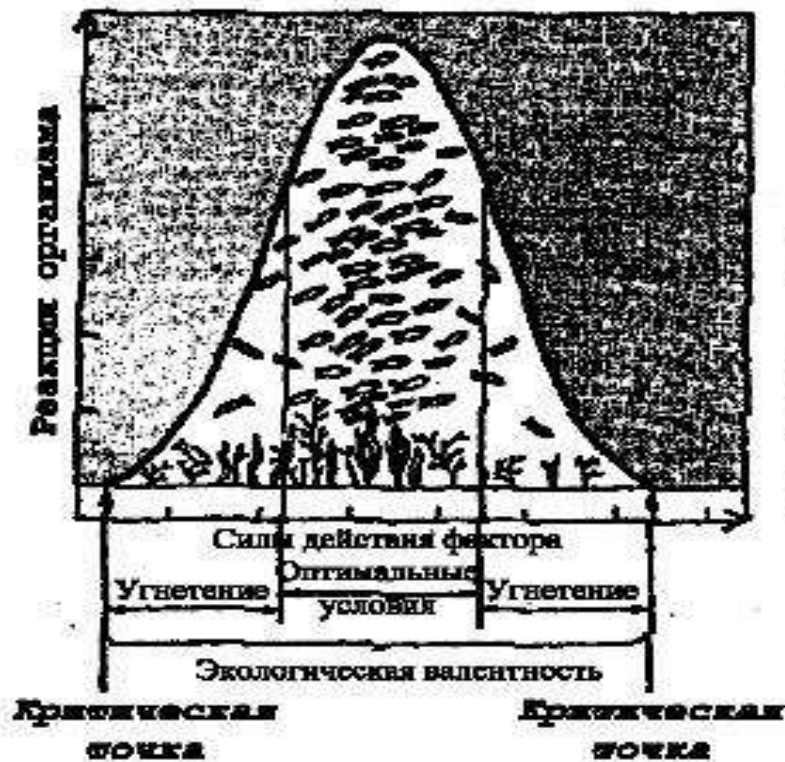
В комплексе действия факторов можно выделить некоторые закономерности, которые являются в значительной мере универсальными (общими) по отношению к организмам. К таким закономерностям относится правило оптимума, правило взаимодействия факторов, правило лимитирующих факторов и некоторые другие.

Правило оптимума. В соответствии с этим правилом для экосистемы, организма или определенной стадии его развития имеется диапазон наиболее благоприятного (оптимального) значения фактора. За пределами зоны

оптимума лежат зоны угнетения, переходящие в критические точки, за которыми существование невозможно (рис.1). К зоне оптимума обычно приурочена максимальная плотность популяции. Зоны оптимума для различных организмов неодинаковы. Для одних они имеют значительный диапазон. Такие организмы относятся к группе эврибионтов (греч. эури – широкий; биос – жизнь). Организмы с узким диапазоном адаптации к факторам называются *стенобионтами* (греч. стenos – узкий). Важно подчеркнуть, что зоны оптимума по отношению к различным факторам различаются, и поэтому организмы полностью проявляют свои потенциальные возможности в том случае, если весь спектр факторов имеет для них оптимальные значения.

Диапазон значений факторов (между критическими точками) называют экологической валентностью (см.рис.1).Синонимом термина валентность является толерантность (лат. толеранция – терпение), или пластичность (изменчивость). Эти характеристики зависят в значительной мере от среды, в которой обитают организмы. Если она относительно стабильна по своим свойствам (малы амплитуды колебаний отдельных факторов), в ней больше стенобионтов (например, в водной среде), если динамична, например, наземно-воздушная – в ней больше шансов на выживание имеют эврибионты.

Правило взаимодействия факторов. Сущность его заключается в том, что одни факторы могут усиливать или смягчать силу действия других факторов. Например, избыток тепла может в какой-то мере смягчаться пониженной влажностью воздуха, недостаток света для фотосинтеза растений – компенсироваться повышенным содержанием углекислого газа в воздухе и т.п. Из этого, однако, не следует, что факторы могут взаимозаменяться, они не взаимозаменяемы.



**Рис.1 Действие фактора на организмы.
"Правило оптима"**

Правило лимитирующих факторов. Сущность этого правила заключается в том, что фактор, находящийся в недостатке или избытке (вблизи критических точек) отрицательно влияет на организмы и, кроме того, ограничивает возможность проявления силы действия других факторов, в том числе и находящихся в оптимуме. Например, если в почве имеются в достатке все, кроме одного, необходимые для растения химические элементы, то рост и развитие растения рисунок 1 будет обуславливаться тем из них, который находится в недостатке. Все другие элементы при этом не проявляют своего действия. Лимитирующие факторы обычно обуславливают границы распространения видов (популяций), их ареалы. От них зависит продуктивность организмов и сообществ.

2.3 Среды жизни и адаптации к ним организмов

Наряду с понятием «среда», «местообитание», «природная среда», «окружающая среда» широко используется термин «среда жизни». Все разнообразие условий на Земле объединяется в четыре среды жизни: водную, наземно-воздушную, почвенную и организменную (в последнем случае одни организмы являются средой для других).

Рассмотрим кратко присущие названным средам жизни свойства, лимитирующие факторы и адаптации организмов.

Водная среда. Эта среда наиболее однородна среди других. Она мало изменяется в пространстве, здесь нет четких границ между отдельными экосистемами. Амплитуды значений факторов также невелики. Разница между максимальными и минимальными значениями температуры здесь обычно не превышает 50°C (в наземно-воздушной среде - 100°C). Давление

изменяется только в зависимости от глубины: каждый 10-метровый слой воды увеличивает давление на 1 атмосферу.

Лимитирующим фактором часто бывает кислород. Содержание его обычно не превышает 1% от объема. При повышении температуры, обогащение органическим веществом и слабым перемешивании кислорода в воде уменьшается. Второй лимитирующий фактор – свет. Освещенность быстро уменьшается с глубиной. В идеально чистых водах свет может проникать до глубины 50-60 м, в сильно загрязненных – только на несколько сантиметров.

В воде мало теплокровных, или гомойотерных (греч. хомой – одинаковый, термо- – тепло), организмов. Это результат двух причин: малое колебание температуры и недостаток кислорода.

Типичные обитатели водной среды имеют переменную температуру тела и относятся к группе пойкилотермных (греч. пойкиос – разнообразный). Недостаток кислорода они в какой-то мере компенсируют увеличением соприкосновения органов дыхания с водой. Многие обитатели вод (гидробионты) потребляют кислород через все покровы тела.

Наземно-воздушная среда. Эта среда относится к наиболее сложной как по свойствам, так и по разнообразию в пространстве. Для нее характерна низкая плотность воздуха, большие колебания температуры (годовые амплитуды до 100°C), высокая подвижность атмосферы. Лимитирующими факторами чаще всего являются недостаток света под пологом леса, недостаток тепла.

Для организмов наземно-воздушной среды типичны три механизма адаптаций к температурному фактору: физический, химический, поведенческий. Физический осуществляется регулированием теплоотдачи. Факторами ее являются кожные покровы, жировые отложения, испарения воды (потовыделение у животных, транспирация у растений). Химическая адаптация базируется на поддержании определенной температуры тела. Это требует интенсивного обмена веществ. Поведенческий путь осуществляется посредством выбора организмами предпочтительных положений (открытые солнцу или затененные места, разного вида укрытия и т.п.).

Адаптация к температуре осуществляется также через размеры и форму тела организмов. Для уменьшения теплоотдачи выгоднее крупные размеры (чем крупнее тело, тем меньше его поверхность на единицу массы, а следовательно, и теплоотдача, и наоборот). По этой причине одни и те же виды, обитающие в более холодных условиях (на севере), как правило, крупнее тех, которые обитают в более теплом климате. Эта закономерность называется правилом Бергмана.

Регулирование температуры осуществляется также через выступающие части тела (ушные раковины, конечности, органы обоняния). В холодных районах они, как правило, меньше по размерам, чем в более теплых (правило Аллена).

Регулирование водного баланса организмами. У животных различают три механизма: морфологический – через форму тела, покровы;

физиологический – посредством высвобождения воды из жиров, белков и углеводов (метаболическая вода), через испарение и органы выделения; поведенческий – выбор предпочтительного расположения в пространстве.

Почвенная среда. Эта среда имеет свойства, сближающие ее с водной и наземно-воздушной средами.

Многие мелкие организмы живут здесь как гидробионты в поровых скоплениях свободной воды. Как и в водной среде, в почвах невелики колебания температур. Амплитуды их быстро затухают с глубиной. Существенна вероятность дефицита кислорода, особенно при избытке влаги или углекислоты. Сходство с наземно-воздушной средой проявляется через наличие пор, заполненных воздухом.

К специфическим свойствам, присущим только почве, относится плотное сложение (твердая часть или скелет). В почвах обычно выделяют три фазы (части): подчеркивая этим большую роль в ее образовании и жизни организмов и продуктов их жизнедеятельности. Почва – наиболее насыщенная живыми организмами часть биосферы (почвенная пленка жизни). Поэтому в ней иногда выделяют четвертую фазу – живую.

В качестве лимитирующих факторов в почве чаще всего выступает недостаток тепла (особенно при вечной мерзлоте), а также недостаток (засушливые условия) или избыток (болота) влаги. Реже лимитирующими бывают недостаток кислорода или избыток углекислоты.

Организмы как среда обитания. С данной средой связан паразитический и полупаразитический образ жизни. Организмы этих групп получают кондиционированную среду (по температуре, влажности и другим параметрам) и готовую легкоусвояемую пищу. Результатом этого является упрощение всех систем и органов, а также потеря некоторых из них. Наиболее слабое (лимитирующее звено в жизни паразитов – возможность потери хозяина. Это неизбежно при его смерти. По этой причине паразиты, как правило, не убивают своего хозяина («разумный паразитизм») и имеют приспособления, увеличивающие вероятность выживания в случае потери хозяина. Основной путь сохранения вида (популяции) в таких условиях – большое число зачатков («закон большого числа яиц») в виде долго сохраняющихся цист, спор и т.п.

Вопросы и задания

1. Что понимается под экологическим фактором? Приведите классификации факторов по двум известным Вам принципам. Какие факторы являются наиболее трудными для адаптаций к ним организмов?

2. Перечислите общие закономерности действия факторов среды на организмы. Раскройте их сущность и значение.

3. Перечислите среды жизни и наиболее типичные их свойства. Назовите присущие отдельным средам жизни лимитирующие факторы, адаптации организмов.

Лекция № 3

БИОСФЕРА

3.1 Биосфера как глобальная экосистема

Понятие «биосфера». Термин «биосфера» в научную литературу введен в 1875г. Австрийским ученым-геологом Эдуардом Зюсом. К биосфере он отнес все то пространство атмосферы, гидросферы и литосферы (твердой оболочки Земли), где встречаются живые организмы.

Владимир Иванович Вернадский (1863-1945) использовал этот термин и создал науку с аналогичным названием. Если с понятием «биосфера», по Зюссу связывалось только наличие в трех сферах земной оболочки (твердой, жидкой и газообразной) живых организмов, то, по В.И.Вернадскому, им отводится роль главной геохимической силы. При этом в понятие биосферы включается преобразующая деятельность организмов не только в границах распространения жизни в настоящее время, но и в прошлом. В таком случае под биосферой понимается все пространство (оболочка Земли), где существует или когда-либо существовала жизнь, то есть где встречаются живые организмы или продукты их жизнедеятельности. В.И.Вернадский не только сконкретизировал и очертил границы жизни в биосфере, но, самое главное, всесторонне раскрыл роль живых организмов в процессах планетарного масштаба. Он показал, что в природе нет более мощной геологической (средообразующей) силы, чем живые организмы и продукты их жизнедеятельности.

Ту часть биосферы, где живые организмы встречаются в настоящее время, обычно называют современной биосферой, или небиосферой, а древние биосферы относят к палеобиосферам, или белым биосферам. В качестве примеров последних можно назвать безжизненные скопления органических веществ (залежи каменных углей, нефти, горючих сланцев и т.п.).

Границы биосферы. По современным представлениям небиосфера в атмосфере простирается примерно до озонового экрана (у полюсов 8-10 км, у экватора – 17-18 км и над остальной поверхностью Земли – 20-25 км). За пределами озонового слоя жизнь не возможна вследствие наличия губительных космических ультрафиолетовых лучей. Гидросфера практически вся, в том числе и самая глубокая впадина (Марианская) Мирового океана (11022 м), занята жизнью. К небиосфере следует относить также и донные отложения, где возможно существование живых организмов. В литосферу жизнь проникает на несколько метров, ограничиваясь в основном почвенным слоем, но по отдельным трещинам она распространяется на сотни метров.

Границы палеобиосферы в атмосфере примерно совпадают с небиосферой, под водами к палеобиосфере следует отнести и осадочные породы, которые, по В.И. Вернадскому, практически все претерпели переработку живыми организмами. Это толща от сотен метров до десятков километров. Сказанное относительно осадочных пород применимо и к литосфере, переживающей водную стадию функционирования.

3.2 Живое вещество, его средообразующие свойства и функции в биосфере

Живое вещество. Этот термин введен в литературу В.И. Вернадским. Под ним он понимал совокупность всех живых организмов, выраженную через массу, энергию и химический состав.

Вещества неживой природы относятся к косным (например, минералы). В природе, кроме этого, довольно широко представлены биокосные вещества, образование и сложение которых обуславливается живыми и косными составляющими (например, почвы, воды).

Живое вещество – основа биосферы, хотя и составляет крайне незначительную ее часть. Если его выделить в чистом виде и распределить равномерно по поверхности Земли, то это будет слой около 2 см или крайне незначительная доля от объема всей биосферы, толщина которой измеряется десятками километров.

Свойства живого вещества. К основным уникальным особенностям живого вещества, обуславливающим его крайне высокую средообразующую деятельность, можно отнести следующие:

- способность быстро занимать (осваивать) его свободное пространство. В.И. Вернадский назвал это всюдностью жизни. Данное свойство дало основание В.И. Вернадскому сделать вывод, что для определенных геологических периодов количество живого вещества было примерно постоянным (константой).
- движение не только пассивное (под действием силы тяжести, гравитационных сил и т.п.), но и активное. Например, против течения воды, силы тяжести, движения воздушных потоков и т.п.
- устойчивость при жизни и быстрое разложение после смерти (включение в круговороты), сохраняя при этом высокую физико-химическую активность.
- высокая приспособительная способность (адаптация) к различным условиям в связи с этим освоение не только всех сред жизни (водной, наземно-воздушной, почвенной, организменной), но и крайне трудных по физико-химическим параметрам условий. Например, некоторые организмы выносят температуры, близкие к значениям абсолютного нуля - 273°C , микроорганизмы встречаются в термальных источниках с температурой до 140°C , в водах атомных реакторов, в бескислородной среде, в ледовых панцирях и т.п.
- феноменально высокая скорость протекания реакций. Она на несколько порядков (в сотни, тысячи раз) значительнее, чем в неживом веществе. Об этом свойстве можно судить по скорости переработки вещества организмами в процессе жизнедеятельности. Например, гусеницы некоторых насекомых потребляют за день количество пищи, которое в 100-200 раз больше веса тела. Особенно активны организмы
- грунтоеды. Дождевые черви (масса их тел примерно в 10 раз больше биомассы всего человечества) за 150-200 лет пропускают через свои организмы весь однометровый слой почвы.
 - высокая скорость обновления живого вещества. Подсчитано, что в среднем для биосферы она составляет 8 лет, при этом для суши – 14 лет, а

для океана, где преобладают организмы с коротким периодом жизни (например, планктон), 33 дня. В результате высокой скорости обновления за всю историю существования жизни общая масса живого вещества, прошедшего через биосферу, примерно в 12 раз превышает массу Земли.

Все перечисленные и другие свойства живого вещества обуславливаются концентрацией в нем больших запасов энергии.

Средообразующие функции живого вещества. Всю деятельность живых организмов в биосфере можно, с определенной долей условности, свести к нескольким основополагающим функциям, которые позволяют значительно дополнить представление об их преобразующей биосферно-геологической роли:

- энергетическая. Связана с запасанием энергии в процессе фотосинтеза, передачей ее по цепям питания, рассеиванием. Энергетическая функция живого вещества нашла отражение в двух биогеохимических принципах, сформулированных В.И. Вернадским. В соответствии с первым из них геохимическая биогенная энергия стремится в биосфере к максимальному проявлению. Второй принцип гласит, что в процессе эволюции выживают те организмы, которые своей жизнью увеличивают геохимическую энергию.
- газовая – способность изменять и поддерживать определенный газовый состав среды обитания и атмосферы в целом. В частности, включение углерода в процессе фотосинтеза, а затем в цепи питания обуславливало аккумуляцию его в биогенном веществе (органические остатки, известняки и т.п.). в результате этого шло постепенное уменьшение содержания углерода и его соединений, прежде всего двуокиси (CO_2) в атмосфере с десятков процентов до современных 0,03%. Это же относится к накоплению в атмосфере кислорода, синтеза озона и другим процессам.
- окислительно-восстановительная. Связана с интенсификацией под влиянием живого вещества процессов как окисления, благодаря обогащению среды кислородом, так и восстановления прежде всего в тех случаях, когда идет разложение органических веществ при дефиците кислорода. Восстановительные процессы обычно сопровождаются образованием и накоплением сероводорода, а также метана.
- концентрационная – способность организмов концентрировать в своем теле рассеянные химические элементы, повышая их содержание по сравнению с окружающей организмы средой на несколько порядков (по марганцу, например, в теле отдельных организмов – в миллионы раз). Результат концентрационной деятельности – залежи горючих ископаемых, известняки, рудные месторождения и т.п.
- деструктивная – разрушение организмами и продуктами их жизнедеятельности как самих остатков органического вещества, так и косных веществ. Основной механизм этой функции связан с круговоротом веществ. Наиболее существенную роль в этом отношении выполняют низшие формы жизни – грибы, бактерии (деструкторы, редуценты).

- транспортная – перенос веществ и энергии в результате активной формы движения организмов. Часто такой перенос осуществляется на колоссальные расстояния, например, при миграции и кочевках животных.
- средообразующая. Эта функция является в значительной мере интегративной (результат совместного действия других функций). С ней в конечном счете связано преобразование физико-химических параметров среды. Эту функцию можно рассматривать в широком и более узком планах.

В широком понимании результатом данной функции является вся природная среда.

В более узком плане средообразующая функция живого вещества проявляется, например, в образовании почв.

Наряду с концентрационной функцией живого вещества выделяется противоположная ей по результатам – рассеивающая. Она проявляется через трофическую (питательную) и транспортную деятельность организмов. Например, рассеивание веществ при выделении организмами экскрементов, гибели организмов при разного рода перемещениях в пространстве, смене покровов. Железо гемоглобина крови рассеивается, например, кровососущими насекомыми и т.п.

Важна также информационная функция живого вещества, выражающаяся в том, что живые организмы и их сообщества накапливают определенную информацию, закрепляют ее в наследственных структурах и затем передают последующим поколениям. Это одно из проявлений адаптационных механизмов.

3.3 Основные свойства биосферы

Биосфера – централизованная система. Центральным звеном ее выступают живые организмы (живое вещество). Это свойство всесторонне раскрыто В.И. Вернадским, но, к сожалению, часто недооценивается человеком и в настоящее время: в центр биосферы или ее звеньев ставится только один человек (антропоцентризм).

Биосфера – открытая система. Ее существование невозможно без поступления энергии извне. Она испытывает воздействие космических сил, прежде всего солнечной активности.

Биосфера – саморегулирующая система, для которой, как отмечал В.И. Вернадский, характерна организованность. В настоящее время это свойство называют гомеостазом, понимая под ним способность возвращаться в исходное состояние, гасить возникающие возмущения включением ряда механизмов.

Биосфера – система, характеризующаяся большим разнообразием. Разнообразие – важнейшее свойство всех экосистем. Биосфера как глобальная экосистема характеризуется максимальным среди других систем разнообразием. Последнее обуславливается многими причинами и факторами. Это и разные среды жизни (водная, наземно-воздушная,

почвенная, организменная); и разнообразие природных зон, различающихся по климатическим, гидрологическим, почвенным биотическим и другим свойствам; наличие регионов, различающихся по химическому составу (геохимические провинции); и самое главное, объединение в рамках биосферы большого количества элементарных экосистем со свойственным им видовым разнообразием.

В настоящее время описано около 2 млн. видов (примерно 1,5 млн. животных и 0,5 млн. растений). Полагают, однако, что число видов на Земле в 2-3 раза больше, чем их описано.

Разнообразие рассматривают как основное условие устойчивости любой экосистемы и биосферы в целом. Это свойство настолько универсально, что сформулировано в качестве закона (автор его У.Р. Эшби).

Важное свойство биосферы – наличие в ней механизмов, обеспечивающих круговорот веществ и связанную с ним неисчерпаемость отдельных химических элементов и их соединений. При отсутствии круговорота, например, за короткое время был исчерпан основной «строительный материал» живого – углерод, который практически единственный способен образовывать межэлементы (углерод – углеродные) связи и создавать огромное количество органических соединений.

Вопросы и задания

Что понимается под «Биосферой»? Кто является автором термина и автором науки «Биосфера»? Где проходят границы биосферы?

Что называется «живым веществом», по В.И. Вернадскому? Какие вещества, кроме живого, В.И. Вернадский выделил в биосфере?

Назовите и раскройте основные свойства живого вещества. Сравните их с неживым веществом (косным).

Перечислите и раскройте содержание основных функций живого вещества. Каково их значение в процессах планетарного масштаба?

Назовите и раскройте содержание основных свойств биосферы. Как они связаны с живым веществом?

Что является основным условием устойчивости биосферы и других экологических систем?

Что является центральным звеном биосферы?

Лекция № 4

ЭКОСИСТЕМНЫЙ УРОВЕНЬ ЖИЗНИ.

Организация (структура) экосистем

Блоковая модель экосистемы. Любая экосистема состоит из двух блоков. Один из них представлен комплексом взаимосвязанных живых организмов – биоценозом, а второй – факторами среды – биотопом или экотопом. В таком случае можно записать экосистема=биоценоз+биотоп (экотоп). Блоковую модель ранге биогеоценоза В.Н. Сукачев в виде структурной схемы (рис.2)

В биогеоценозах обязательно наличие в качестве основного звена растительного сообщества (фитоценоза). Примеры

биогеоценозов – однородные участки леса, луга, степи, болота и т.п.

Экосистемы могут и не иметь растительное звено. Таким примером являются системы, формирующиеся на базе разлагающихся органических остатков, гниющих в лесу деревьев, трупов животных и т.п. В них достаточно присутствие зооценоза и микробоценоза или только микробоценоза, способных осуществлять круговорот веществ.

Таким образом, каждый биогеоценоз может быть назван экосистемой, но не каждая экосистема относится к рангу биогеоценоза.

Видовая структура экосистем. Под видовой структурой понимается количество видов, образующих экосистему, и соотношение их численностей. Видовое разнообразие обычно тем значительнее, чем богаче условия (биотоп) экосистемы. В этом отношении самыми богатыми по видовому разнообразию являются, например, экосистемы дождевых тропических лесов. Только древесные виды исчисляются в них сотнями. Богатство видов зависит также от возраста экосистем. Молодые экосистемы, возникающие, например, на таком изначально безжизненном субстрате, как отвалы пород, извлекаемые из глубинных слоев земной коры при добыче полезных ископаемых, крайне бедны видами. В дальнейшем по мере развития экосистем их видовое богатство увеличивается.

Виды, явно преобладающие по численности особей, носят название доминантных (лат. доминантис – господствующий). Наряду с доминантами в экосистемах выделяются виды – эдификаторы (лат. эдификатор – строитель). К ним относятся те виды, которые являются основными образователями среды. Обычно вид доминант одновременно является и эдификатором. Например, ель в еловом лесу наряду с доминантностью обладает высокими эдификаторными свойствами. Они выражаются в ее способности сильно затенять почву, создавая кислую среду своими корневыми выделениями и при разложении мертвого органического вещества; образовывать специфические для кислой среды подзолистые почвы.

Название экосистем (биогеоценозов). По растениям – эдификаторам или доминантам и растениям – индикаторам обычно называют биогеоценозы (экосистемы). Лесоводы их определяют как типы леса (например, ельники-кисличники, ельники-черничники, ельничко-сфагновые и др.). По такому же принципу классифицируются и называются другие экосистемы.

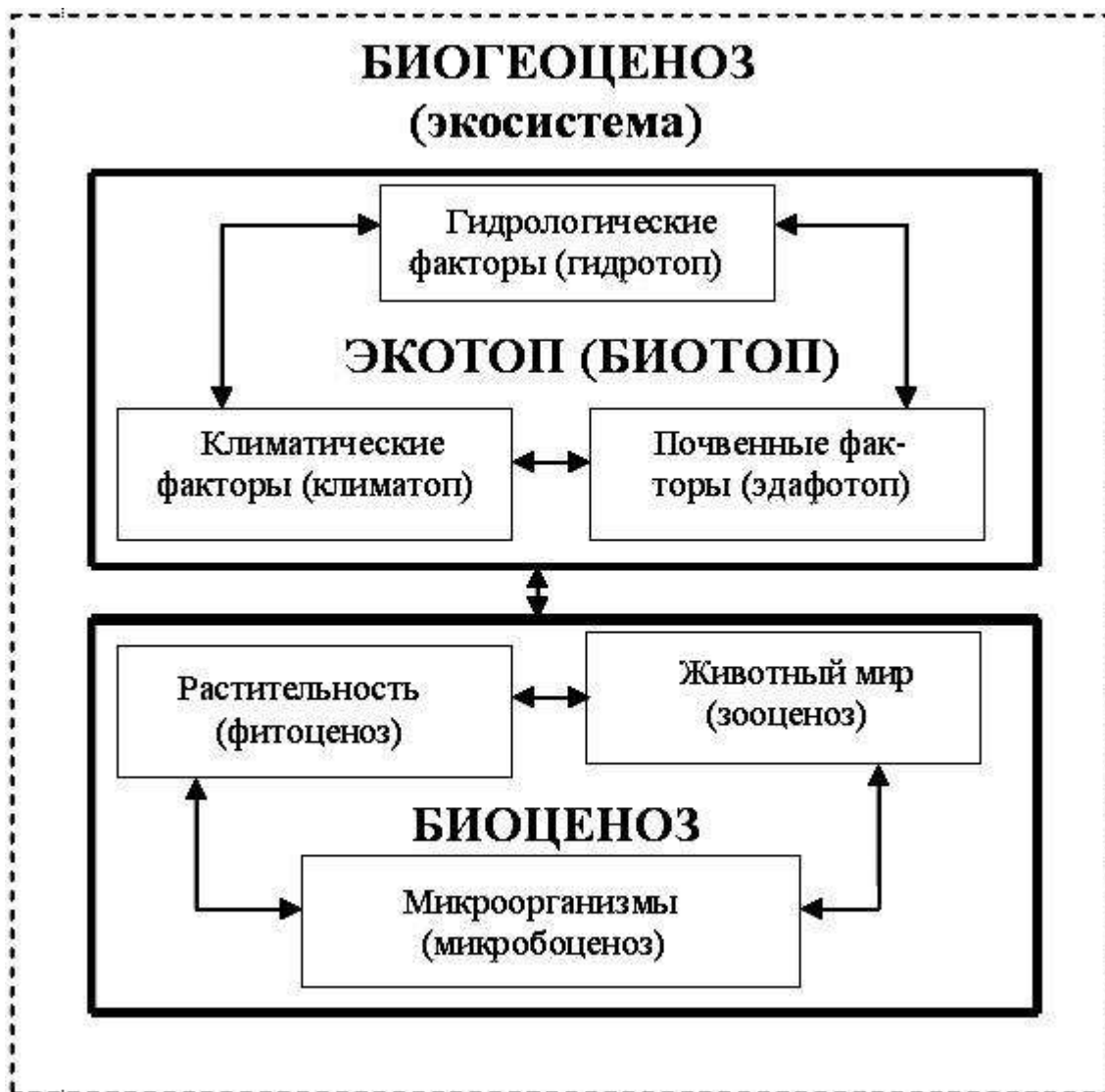


Рис. 2. Схема биогеоценоза (экосистемы) по В.Н.Сукачеву

Трофическая (функциональная) структура экосистем. Цепи питания. Любая экосистема включает несколько трофических (пищевых) уровней или звеньев. Первый уровень представлен растениями. Их называют автотрофами (греч. аутоc – сам; трофо – пища) или продуцентами (лат. продуцента – создающий).

Второй и последующие уровни представлены животными. Их называют гетеротрофами (греч. геторос – другой) или консументами. Последний уровень в основном представлен микроорганизмами и грибами, питающимися мертвым веществом. Их называют редуцентами (лат. редуцере – возвращать). Они разлагают органическое вещество до исходных минеральных элементов.

Взаимосвязанный ряд трофических уровней представляет цепь питания. Или трофическую цепь (рис.3). Главное свойство цепи питания – осуществление биологического круговорота веществ и высвобождение запасенной в органическом веществе энергии. Важно подчеркнуть, что цепь питания не всегда может быть полной. В ней могут отсутствовать растения (продуценты).

Связи организмов в экосистемах

Взаимосвязи организмов. Самый распространенный тип связей базируется на интересах питания. Такие связи носят название пищевых или трофических (греч. трофо – питание). В данный тип связей выделяется питание одного организма другим или продуктами его жизнедеятельности (например, экскрементами), питание сходной пищей (например, мертвым органическим веществом). Этим типом связей объединяются растения и насекомые, опыляющие их цветки. На базе трофических связей возникают цепи питания.

Связи, основанные на использовании местообитаний, носят название топических (греч. топос – место). Например, топические связи возникают между животными и растениями, которые предоставляют им убежище или местообитание (насекомые, прячущиеся в расщелинах коры деревьев или живущие в гнездах птиц), растения, поселяющиеся на стволах деревьев (но не паразиты).

Следующий тип связей носит название форических (лат. форас – наружу, вон). Они возникают в том случае, если одни организмы участвуют в распространении других или их зачатков (семян, плодов, спор). Животными это распространение может осуществляться как на наружных покровах, так и в пищеварительном тракте.

Выделяют также тип связей, которые носят название фабрических (лат. фабрикато – изготовление). Для них характерно использование одними организмами других или продуктов их жизнедеятельности, частей (например, растений, перьевого покрова, шерсти, пуха) для постройки гнезд, убежищ и т.п.

Взаимоотношения организмов. Данная классификация строится по принципу влияния, которое оказывают одни организмы на другие в процессе взаимных контактов. Эти взаимоотношения можно обозначить математическими значками «+», «-», «o» (положительно, отрицательно, нейтрально).

Если взаимоотношения обоим партнерам выгодно, они обозначаются значками (+,+) и носят название симбиоза или мутуализма. Степень этих связей различна. В ряде случаев организмы настолько тесно связаны, что функционируют как единый организм. Например, лишайники, представляющие симбиоз гриба и водоросли. Водоросль поставляет грибу продукты фотосинтеза, а гриб для водоросли является поставщиком минеральных веществ и, кроме того, субстратом, на котором она живет.

Взаимоотношения, которые положительны для одного вида и отрицательны для другого (+,-), характеризуются как **хищничество и паразитизм**. Эти типы взаимоотношений обычно играют роль в регулировании численности организмов. Интенсивное размножение хищников и паразитов обычно имеет следствие уменьшение численности их жертв или хозяев.

В свою очередь, уменьшение численности жертв и хозяев подрывает кормовую базу хищников и паразитов, что ведет к сокращению их численности и т.д.

Взаимоотношения, невыгодные обоим партнерам (-,-) носят название **конкуренции**. Последняя тем сильнее, чем ближе потребности организмов к фактору или условию, за которые они конкурируют. В этом отношении наиболее близки интересы организмов одного вида, и, следовательно, внутривидовая конкуренция рассматривается как более острая по сравнению с межвидовой.

Менее распространенным типом взаимоотношений является **комменсализм** (француз. комменсал – сотрапезник) – отношения положительные для одного и безразличные для другого партнера (+,0), его иногда делят на нахлебничество, тогда один организм поедает остатки пищи со «стола» другого (крупного) организма (например, акулы и сопровождающие их мелкие рыбы; львы и гиены) и квартиранство или синойкийю (греч. синойкос – сожительство), когда одни организмы используют другие как «квартиру», убежище.

Не часто встречаются также **аменсализм** (лат. аменс – безрассудный, безумный) – отрицательный для одного организма и безразличный для другого (-, 0). Например, светлюбивое растение, попавшее под полог леса. Отношения, при которых организмы, занимая сходные местообитания, практически не оказывают влияния друг на друга, носят название **нейтрализма** (0,0). Например, белки и лоси в лесу. Сохранение разнообразия связей – важнейшее условие устойчивости экосистем.

Экологическая ниша

Под экологической нишей понимают обычно место организма в природе и весь образ его жизнедеятельности, или, как говорят, жизненный статус, включающий отношение к факторам среды, видам пищи, времени и способам питания, местам размножения, укрытий и т.п.

Если организмы занимают различные экологические ниши, они не выступают обычно в конкурентные отношения, сферы их деятельности и влияния разделены. В таком случае отношения рассматриваются как нейтральные.

Вместе с тем в каждой экосистеме имеются виды, которые претендуют на одну и ту же нишу или ее элементы (пищу, укрытия и пр.) в таком случае неизбежна конкуренция, борьба за обладание нишей. Эта закономерность не без исключений, но она настолько объективна, что сформулирована в виде положения, которое получило название «правило конкурентного исключения». Автор этого правила эколог Г.Ф. Гаузе. Звучит оно так: если два вида со сходными требованиями к среде (питанию, поведению, местам размножения и т.п.) вступает в конкурентные отношения, то один из них должен погибнуть, либо изменить свой образ жизни и занять новую экологическую нишу. Иногда, например, чтобы снять острые конкурентные отношения, одному организму (животному) достаточно изменить время питания, не меняя самого вида пищи (если конкуренция возникает на почве

пищевых отношений), или найти новое место обитания (если конкуренция имеет место на почве данного фактора) и т.п.

4.4 Энергетика экосистем

Живые организмы входящие в экосистемы, для своего существования должны постоянно пополнять и расходовать энергию.

Растения являются первичными поставщиками энергии для всех других организмов в цепях питания. Существуют определенные закономерности перехода энергии с одного трофического уровня на другой вместе с потребляемой пищей. Основная часть энергии, усвоенной консументом с пищей, расходуется на его жизнеобеспечение (движение, поддержание температуры тела и т.п.). Эту часть энергии рассматривают как траты на дыхание, с которыми в конечном счете связаны все возможности её высвобождения из химических связей органического вещества.

Часть энергии переходит в тело организма – потребителя вместе с увеличивающейся массой (приростом, продукцией). Некоторая, доля пищи, а вместе с ней и энергия не усваивается организмом. Они выводятся в окружающую среду вместе с продуктами жизнедеятельности (экскрементами). В последующем эта энергия высвобождается другими организмами, которые потребляют продукты выделения.

Баланс пищи и энергии для отдельного животного организма можно, таким образом, представить в виде следующего уравнения:

$$\mathcal{E}_n = \mathcal{E}_d + \mathcal{E}_{np} + \mathcal{E}_{n.e} ,$$

где \mathcal{E}_n – энергия потребленной пищи, \mathcal{E}_d – энергия дыхания или обеспечения жизнедеятельности организма, включая движение, поддержание температуры тела, сердцебиение и т.п., \mathcal{E}_{np} – энергия прироста (запасенная в теле организма – потребителя), $\mathcal{E}_{n.e}$ – энергия продуктов выделения (в основном экскрементов).

Количество энергии, расходуемой организмами на различные цели, не однозначно. В периоды интенсивной жизнедеятельности взрослого организма в теле его может совершенно не фиксироваться энергия. Наоборот, траты её в ряде случаев превышают поступления (организм теряет вес). В то же время в периоды интенсивного роста организмов, особенно в периоды размножения (беременности), в теле фиксируется значительное количество энергии.

Выделение энергии с экскрементами у плотоядных животных (например, хищников) невелико, у травоядных оно более значительно, а гусеницы некоторых насекомых, питающиеся растениями, выделяют с экскрементами до 70 % энергии. Однако при всем разнообразии расходов энергии в среднем максимальны траты на дыхание, которые в сумме с не усвоенной пищей составляют около 90 % от потребленной. Поэтому переход энергии с одного трофического уровня на другой в среднем принимается близким к 10 % от энергии, потребленной с пищей. Эта закономерность рассматривается обычно как «правило десяти процентов».

Часто в экологической литературе рассматривается в качестве примера цепь питания: люцерна – телята – мальчик. Показано, что если бы мальчик

весом 48 кг питался только телятиной, то за год ему потребовалось бы для обеспечения жизнедеятельности 4,5 теленка, для питания которых, в свою очередь, необходим урожай люцерны с площади 4 га весом 8211 кг. Такова энергетическая цена животной пищи.

Во-вторых, чтобы сократить вероятность дефицита продуктов питания для интенсивно возрастающей численности населения (по закономерности, близкой к экспоненте), надо, чтобы в рационе людей больший удельный вес занимала растительная пища. Энергетически идеально – вегетарианство.

4.5 Продуктивность и биомасса экосистем

Одно из важнейших свойств организма, их популяций и экосистем в целом – способность создавать органическое вещество, которое называют продукцией. Образование продукции в единицу времени (час, сутки, год) на единице площади (метры квадратные, гектар), или объема (в водных экосистемах) характеризуется продуктивностью экосистем.

Продукцию растений называют первичной, а животных – вторичные. На ряду с продукцией различают биомассу организма, групп организмов или экосистем в целом. Под ней понимают всю живую органическую массу, которая содержится в экосистеме или её элементах вне зависимости от того, за какой период она образовалась и накопилась.

4.6 Экологические пирамиды

Если количество энергии, продукции, биомасс или численности организма на каждом трофическом уровне изображать в виде прямоугольников в одном и том же масштабе, то их распределение будет иметь вид пирамид.

Правило пирамид энергии можно сформулировать следующим образом: количество энергии, содержащейся в организмах на любом последующем трофическом уровне цепи питания, меньше её значений на предыдущем уровне.

Количество продукции, образующейся в единицу времени на разных трофических уровнях, подчиняется тому же правилу, которое характерно для энергии: на каждом последующем уровне количество продукции меньше, чем на предыдущем. Более того, суммарное количество продукции (как и содержащейся в ней энергии), образующейся на равных трофических уровнях, меньше первичной продукции.

4.7 Динамика и развитие экосистем. Сукцессии

Любая экосистема, приспособляясь к изменениям внешней среды, находится в состоянии динамики.

Периодически повторяющуюся динамику называют циклическими изменениями или флуктуациями, а направленную именуют поступательной или развитием экосистем. Для последнего вида динамики характерным является либо внедрение в экосистему новых видов, либо смена одних видов другими. В конечном же счете происходят смены биоценозов и экосистем в целом. Этот процесс называют *сукцессией* (лат. сукцессии – преемственность, наследования). Различают обычно первичные и вторичные сукцессии.

Первичные сукцессии. Под первичной обычно понимается сукцессия, развитие которой начинается на изначально безжизненном субстрате. Если взять участки земной поверхности, например заброшенные песчаные карьеры, в различных географических районах (в лесной, степной зонах, либо среди тропических лесов и т.д.), то для всех этих объектов будут характерны как общие, так и специфические изменения в экосистемах.

В качестве общих закономерностей будет иметь место заселение живыми организмами, увеличение их видового разнообразия, постепенное обогащение почв органическим веществом, возрастание их плодородия, усиление связей между различными видами или трофическими группами организмов, уменьшение числа свободных экологических ниш, постепенное формирование все более сложных биоценозов и экосистем, повышение их продуктивности. Более мелкие виды организмов, особенно растительных, при этом как правило, сменяются более крупными, интенсифицируются процессы круговорота веществ и т.п. В каждом случае при этом можно выделить последовательные стадии сукцессии, под которыми понимается смена одних экосистем другими, а сукцессионные ряды заканчиваются относительно мало изменяющимися экосистемами. Их называют климаксными (греч. климакс – лестница), коренными или узловыми.

Однако прежде чем сформируется климаксное сообщество (экосистема), ему предшествует, как отмечалось выше ряд промежуточных стадий или серий. Так, в организмы – пионеры, например, корковые водоросли, накипные лишайники и некоторые малотребовательные к плодородию субстрата семенные растения. За ними следует стадия растительности, представленная в основном травами, а кустарниками и деревьями – пионерами (чаще всего березой, осиной, ивой). Последние характеризуются быстрым ростом, но, отличаясь высоким светолюбием, быстро изреживаются (к 40-50 летнему возрасту). В результате этого под излохом создаются условия для поселения теневыносливой ели, которая постепенно догоняет в росте стареющие лиственные виды деревьев и выходит в первый ярус. На данной стадии и образуется климаксное смешанное елово-лиственное сообщество или чисто еловый лес со свойственным им набором других видов растений и животных.

Вторичные и другие сукцессии. Вторичные сукцессии отличаются от первичных тем, что они начинаются не с нулевых значений, а возникают на месте нарушенных или разрушенных экосистем. Например, после вырубок лесов, лесных пожаров, при зарастании площадей, находившихся под сельскохозяйственными угодьями. Основное отличие этих сукцессий заключается в том, что они протекают несравненно быстрее первичных, так как начинаются с промежуточных стадий (трав, кустарников, или древесных растений – пионеров) и на фоне более богатых почв. Конечно, вторичная сукцессия возможна только в тех случаях, если человек не будет оказывать сильное постоянное влияние на развивающиеся экосистемы.

Вопросы и задания

Что общего и в чем различаются понятия «Экосистема и «Биогеоценоз»? Почему каждый биогеоценоз можно назвать экосистемой, но не каждую экосистему можно относить к разряду биогеоценоза, рассматривая последний в соответствии с определением В.Н. Сукачева.

Приведите примеры организмов доминантов и эдификаторов. Чем они различаются по роли в экосистемах (биогеоценозах)?

Перечислите связи и взаимоотношения между организмами в соответствии с существующими классификациями. Какое значение такие связи имеют для существования экосистем?

Что называется «экологической нишей»? Чем это понятие отличается от «местообитания»?

Что понимается под трофической структурой экосистем? Что называют трофическим (пищевым) звеном и трофической (пищевой) цепью?

Что называется продуктивностью и биомассой экосистем? Как связаны эти показатели с воздействием экосистем на среды?

Что называется сукцессией? Назовите виды сукцессий. Приведите примеры первичных и вторичных автотрофных и гетеротрофных сукцессий.

Лекция № 5.

КРУГОВОРОТЫ ВЕЩЕСТВ

Глобальный круговорот веществ

Солнечная энергия обеспечивает на Земле два круговорота веществ: большой, или геологический (абиотический), и малый, или биологический (биотический).

Большой круговорот наиболее четко проявляется в циркуляции воздушных масс и воды. **В основе большого геологического круговорота веществ лежит процесс переноса минеральных соединений из одного места в другое в масштабе планеты.**

Около половины падающей на Землю лучистой энергии расходуется на перемещение воздуха, выветривание горных пород, испарение воды, растворение минералов и т.п. Движение воды и ветра, в свою очередь, приводит к эрозии, транспорту, перераспределению, осаждению и накоплению механических и химических осадков на суше и в океане. В течение длительного времени образующиеся в море напластования могут возвращаться на сушу – и процессы возобновляются. К этим циклам подключаются вулканическая деятельность и движение океанических плит в земной коре.

Круговорот воды, включающий переход ее из жидкого в газообразное и твердое состояния и обратно, - один из главных компонентов абиотической циркуляции веществ.

В круговороте воды суммарное испарение компенсируется выпадением осадков. Особенность круговорота в том, что из океана испаряется воды больше (примерно 3,8 геограмма), чем возвращается с осадками (примерно, 3,4 геограмма). На суше, наоборот, осадков выпадает больше (примерно 1,0 геограмм), чем испаряется (суммарно около 0,6

геограмма). В связи с тем, что из океана воды испаряется больше, чем возвращается, значительная часть осадков, используемых экосистемами суши, в том числе и агроэкосистемами, производящими пищу для человека, состоит из воды, испаряющейся из моря. Излишки воды с суши стекают в озера и реки, а оттуда снова в океан.

С появлением жизни на Земле круговорот воды стал относительно сложным, так как к физическому явлению превращения воды в пар добавился процесс биологического испарения, связанный с жизнедеятельностью растений и животных – **транспирация**. Соотношение количества воды, выделившейся в результате транспирации и испарения, меняется в зависимости от местных условий. В тропическом влажном лесу количество воды, испаряемой растениями, достигает $7000 \text{ м}^3 \text{ год}^{-1}$ с 1 км^2 , тогда как в саванне на той же широте и высоте с той же площади оно не превышает $3000 \text{ м}^3 \text{ год}^{-1}$. Растительность в целом играет значительную роль в испарении воды, влияя тем самым на климат регионов. Она является также водоохраным и водорегулирующим фактором: смягчает паводки, удерживая влагу в почвах и препятствуя их иссушению и эрозии.

Общие запасы воды на земле оцениваются приблизительно в 1386 млн км^3 . Соленая вода составляет около $97,5\%$ объема водной массы, на мировой океан приходится $96,5\%$.

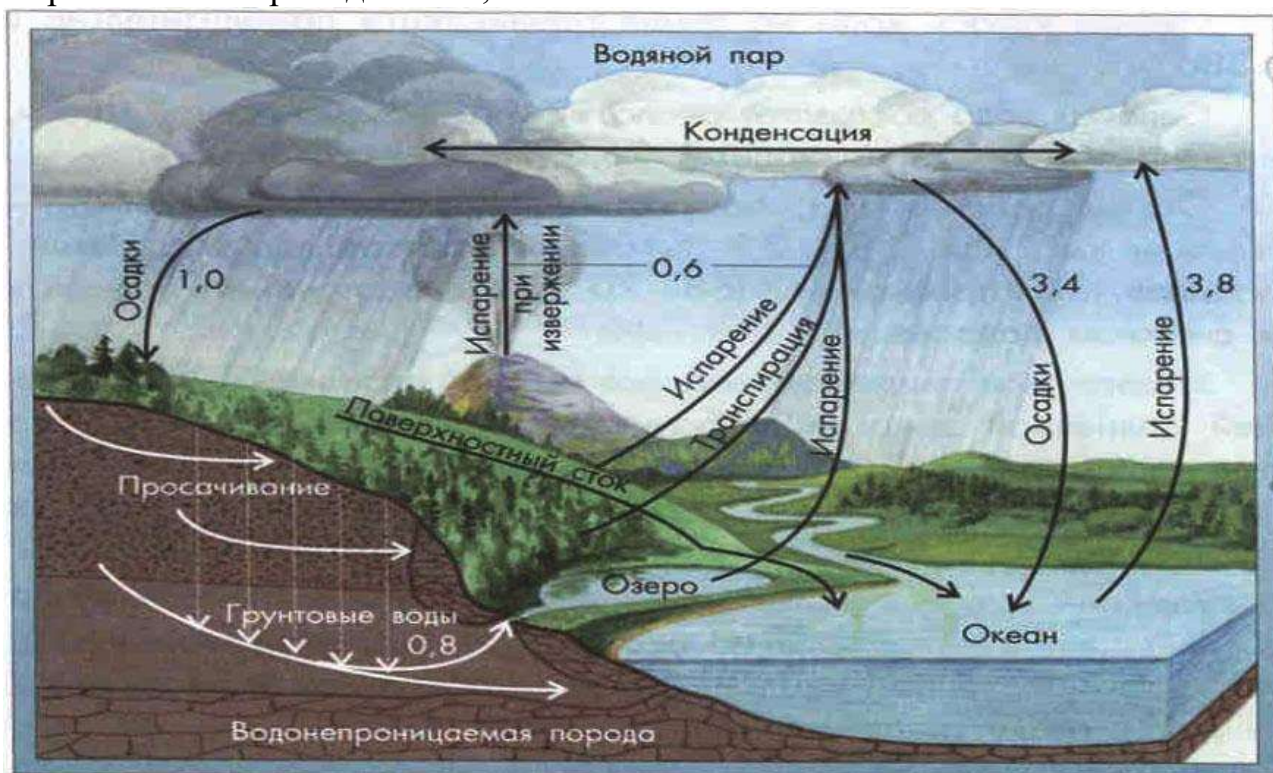


Рис. 4. Круговорот воды в биосфере: объем испарения и осадков указан в геограммах (1 геограмм равен 10^{20} г, или 10^{14} т)

Деятельность человека оказывает огромное влияние на глобальный круговорот воды, что может изменять погоду и климат. В результате покрытия земной поверхности непроницаемыми для воды материалами, строительства оросительных систем, уплотнения пахотных земель, уничтожения лесов и т.п. сток воды в океан увеличивается и пополнение

фонда грунтовых вод сокращается. Во многих сухих областях эти резервуары выкачиваются человеком быстрее, чем заполняются. В засушливых районах США (западная часть Оклахомы, Техас, Канзас), например, подземные горизонты наполнены водой, которая накопилась там в более влажные предыдущие геологические периоды, и теперь количество ее не увеличивается. Вода здесь – невозобновляемый ресурс, подобно нефти. Основные источники ее будут исчерпаны через 30-40 лет, и ясно, что решение проблемы будет трудно найти, многие пострадают от экономического краха.

В России для водоснабжения и орошения земель разведано 3 367 месторождений подземных вод. Эксплуатационные запасы разведанных месторождений составляют $28,5 \text{ км}^3 \text{ год}^{-1}$. Степень освоения этих запасов на 1996 г. составляет в РФ не более 33%, а в эксплуатации находится 1610 месторождений. Но в результате интенсивного водозабора в эксплуатируемых скважинах в урвонной поверхности подземных вод сформировались депрессивные воронки, площадь которых достигает 50000 км^2 , а снижение уровня в центре воронки – 80 – 130 м (Москва, Брянск, Санкт-Петербург, Курск).

Малый круговорот

На базе большого геологического круговорота возникает круговорот органических веществ, или малый, биологический круговорот. В 1927 г. В.Р. Вильямс писал: «Из большого, абиотического, круговорота веществ на земном шаре вырывается ряд элементов, которые, постоянно увлекаемые в новый, малый, по сравнению с большим, биологический круговорот, надолго, если не навсегда, вырываются из большого круговорота и вращаются непрерывно расширяющейся спиралью в одном направлении в малом, биологическом, круговороте».

В основе малого круговорота веществ лежат процессы синтеза и разрушения органических соединений. Эти два процесса обеспечивают жизнь и составляют одну из главных ее особенностей.

В отличие от геологического, биологический круговорот характеризуется ничтожным количеством энергии. На создание органического вещества, как уже упоминалось, затрачивается всего около 1% падающей на Землю лучистой энергии. Однако эта энергия, вовлеченная в биологический круговорот, совершает огромную работу по созиданию живого вещества. Чтобы жизнь продолжала существовать, химические элементы должны постоянно циркулировать из внешней среды в живые организмы и обратно, переходя из протоплазмы одних организмов в усвояемую для других организмов форму.

Все планетарные циркуляции веществ тесно переплетены, образуя общий глобальный круговорот, перераспределяющий энергию, поступающую от Солнца. Иными словами, все химические элементы участвуют и в большом, и в малом круговороте веществ.

Более и менее замкнутые пути движения химических элементов называются **биогеохимическими циклами** («био» - относится к живым

организмам, а «гео» - к твердым породам, воздуху и воде). Из почти ста химических элементов, встречающихся в природе, 30-40 являются биогенными, т.е. необходимы организмам. Некоторые из них, такие, как углерод, водород, кислород, азот, фосфор, нужны организмам в больших количествах – макроэлементы, другие – в малых или даже ничтожных – микроэлементы. Жизненно важные для организмов элементы всегда участвуют в биогеохимических циклах называют круговоротом питательных или биогенных веществ.

В круговороте отдельных элементов различают две части: **резервный фонд** – большая масса медленно движущихся веществ (в основном, небиологическая часть) и подвижный, или **обменный фонд** – меньший, но не более активный, который быстро обменивается между организмами и окружающей их средой. Иногда резервный фонд называют «недоступным», а обменный – «доступным».

Следует иметь в виду, что циклы с малым объемом резервного фонда более подвержены воздействию человека. Биогеохимические циклы делятся на два типа: **круговороты газообразных веществ** с резервным фондом в атмосфере и гидросфере и **осадочные циклы** с резервным фондом в земной коре. Главными биогеохимическими циклами, обеспечивающими жизнь на планете, кроме круговорота воды, являются циркуляции углерода, кислорода, азота, фосфора, серы и других биогенных элементов. Рассмотрим некоторые из них.

Круговороты газообразных веществ

Круговороты газообразных веществ, в которых участвуют, например, углекислый газ, азот, кислород, благодаря наличию крупных атмосферных или океанических (или тех и других) фондов достаточно быстро компенсируют возникающие нарушения. Например, избыток CO_2 , обусловленный интенсивным окислением, горением или промышленными выбросами в каком-либо районе, обычно быстро рассеивается с воздушными потоками. Кроме того, излишки CO_2 компенсируются усиленным фотосинтезом и превращением их в гидрокарбонаты в море:



Таким образом, круговороты газообразных веществ с большими резервными фондами имеют мощные буферные системы в глобальном масштабе и хорошо приспособлены к изменениям. Однако способность к саморегуляции даже при таком резервном фонде, как атмосфера и океан, конечно, не беспредельна.

Биогеохимические циклы углерода и азота – примеры круговоротов наиболее важных газообразных биогенных веществ.

Круговорот углерода. Сейчас запасы углерода в атмосфере в виде CO_2 относительно невелики в сравнении с его запасами в океанах и земной коре (в виде ископаемых топлив). Циркуляция углерода в биосфере основана на поступлении CO_2 в атмосферу и его потреблении.

Поступление углекислого газа в атмосферу в современных условиях происходит в результате: 1) дыхания всех организмов; 2) минерализации

органических веществ; 3) выделения по трещинам земной коры из осадочных пород (имею также биогенное происхождение); 4) выделения из мантии Земли при вулканических извержениях (незначительная часть – до 0,01 %); и 5) сжигания топлива.

Потребление углекислого газа происходит главным образом: 1) в процессе фотосинтеза; 2) в реакциях его с карбонатами в океане; 3) при выветривании горных пород.

Низкое содержание CO_2 и высокие концентрации O_2 в атмосфере сейчас служат лимитирующими факторами для фотосинтеза, а зеленые растения являются регуляторами этих газов.

Таким образом, «зеленый пояс» Земли и карбонатная система океана поддерживают относительно постоянное содержание CO_2 в атмосфере.

Полагают, что до наступления индустриальной эры потоки углерода между атмосферой, материками и океанами были сбалансированы.

Влияние человека на круговорот углерода проявилось в том, что с развитием индустрии и сельского хозяйства поступление CO_2 в атмосферу стало расти за счет антропогенных источников.

Основная масса углерода находится в земной коре в связанном состоянии. Важнейшие минералы углерода – карбонаты, количество углерода в них оценивается в $9,6 \cdot 10^{15}$ т. Разведанные запасы горючих ископаемых (угли, нефть, битумы, торф, сланцы, газы) содержат около $1 \cdot 10^{13}$ т углерода.

Главная причина увеличения содержания CO_2 в атмосфере – это сжигание горючих ископаемых, однако, свой вклад вносят и транспорт, и уничтожение лесов.

Круговорот азота. Воздух по объему почти на 80% состоит из молекулярного азота N_2 и представляет собой крупнейший резервуар этого элемента.

Поступление азота в атмосферу происходит: 1) в процессе денитрификации, т.е. биохимического восстановления оксидов азота до молекулярного газа N_2 ; 2) с вулканическими газами и 3) с «индустриальными вулканами» (дымом, выхлопными газами). В водоемы соединения азота поступают: с поверхностным и дренажным стоком с городских и сельских территорий; с подземными водами; с городскими и промышленными стоками; со сточными водами сельскохозяйственных производств.

Поглощение азота из воздуха происходит: 1) в процессе азотфиксации благодаря деятельности азотфиксирующих бактерий и многих водорослей (прежде всего сине-зеленых), 2) в результате естественных физических процессов фиксации азота в атмосфере (электрически разряды при грозе и др.) и 3) в процессе промышленного синтеза NH_3 .

Минеральные соединения азота (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) потребляются растениями при фотосинтезе. Животные, поедая растения, используют азот для построения белков протоплазмы, превращая его в органической формы.

Влияние человека на круговорот азота достаточно велико. Он выращивает на обширных площадях растения, а также промышленным способом связывает азот. Подсчитано, что сельское хозяйство и промышленность дают почти на 60% больше фиксированного азота, чем естественные наземные экосистемы. В этом случае люди пытаются копировать природную стратегию взаимовыгодного сотрудничества, способствующую выживанию. Если бы специалистам по генной инженерии удалось индуцировать образование клубеньков у пшеницы, кукурузы, риса и других пищевых культур, это помогло бы сэкономить немало средств и энергии, избавило бы от необходимости внесения азотных удобрений. Хороших результатов можно достигнуть и сейчас, если лучше использовать бобовые в сельском хозяйстве. Бобовые растения – природные фиксаторы азота – работают активнее в среде с малым количеством азота, поэтому внесение азотных удобрений под бобовые не имеет смысла, так как выключает биофиксацию атмосферного N_2 . Из азота, поступившего с удобрениями, очень небольшая часть вовлекается в круговорот повторно. Большая доля его теряется: выносится с водой, с урожаем и в процессе денитрификации. В США, например, количество используемых азотных удобрений с 1950 г. возросло в 12 раз, а урожай – не более чем в 2 раза. Кроме того, избыток нитратов в пище и воде может быть опасен для людей. Напрасной траты азота и энергии можно избежать, если рационально чередовать зерновые и бобовые культуры в севообороте.

Ежегодно в глобальном круговороте биотическим сообществом усваивается около 10^9 т азота. При этом 80% его поступает с суши и воды и лишь около 20% добавляется «нового» азота из атмосферы.

В масштабе биосферы, благодаря механизмам обратной связи и большому резервному фонду, круговорот азота относительно совершенен. Хотя часть азота из густонаселенных областей уходит в глубоководные океанические отложения и включается из круговорота, возможно, на миллионы лет – эта потеря в какой-то мере компенсируется поступлением его в воздух с вулканическими газами. Следовательно, извержения вулканов нельзя считать только вредными. Если бы вдруг удалось заблокировать все вулканы на Земле, то можно предположить, что от голода страдало бы не меньше людей, чем сейчас страдает от их извержений.

Антропогенная денитрификация (удаление избыточных нитритов и нитратов) и стремление к сокращению производства нитратных удобрений соответствуют природным процессам и способствуют сохранению цикличности движения азота.

В последнее время содержание N_2 в атмосфере не менялось. Можно думать, что поступление его в атмосферу (денитрификация) и отток из атмосферы (азотфиксация) в целом уравновешены, хотя, возможно, фиксация слегка преобладает вследствие деятельности человека.

Для большинства химических элементов и соединений, которые обычно связаны с лито- и гидросферой, а не с атмосферой, характерны осадочные циклы. Циркуляция таких элементов осуществляется путем эрозии, осадкообразования, горообразования, вулканической деятельности и переноса веществ организмами. Твердые вещества, переносимые по воздуху как пыль, выпадают на землю в виде сухих осадков или с дождем. Осадочные циклы имеют общую направленность «вниз».

Наибольшее значение имеет в биосфере круговорот фосфора.

Круговорот фосфора. Фосфор – один из наиболее важных биогенных элементов. Он входит в состав нуклеиновых кислот, клеточных мембран, ферментов, костной ткани, дентина. По сравнению с азотом он встречается в относительно немногих химических формах. В биотический круговорот фосфор поступает в процессе разрушения протоплазмы организмов и постепенно переходит в фосфаты.

Особенность биогеохимического цикла фосфора заключается в том, что отличие от азота и углекислого газа, резервным фондом его является не атмосфера, а горные породы и отложения, образовавшиеся в прошлые геологические эпохи.

Поступления фосфора в круговорот происходит в основном: 1) в процессе эрозии фосфатных пород (в том числе, гуано) и 2) вследствие минерализации продуктов жизнедеятельности и органических остатков растений и животных.

Образующиеся фосфаты (PO_4^{3-}) поступают в наземные и водные экосистемы, где вновь могут потребляться растениями.

Потребляется фосфор растениями и животными для построения белков протоплазмы и в промышленном производстве удобрений и моющих средств.

Механизмы возвращения фосфора в круговорот в природе недостаточно эффективны и не возмещают его потерь. Сейчас не происходят сколько-нибудь значительные поднятия отложений на поверхность. Вынос фосфатов на сушу осуществляется в основном с рыбой. Но это не компенсирует их поток с суши в море. Морские птицы также участвуют в возвращении фосфора в круговорот (например, скопления гуано на побережье Перу). Однако перенос фосфора и других веществ из моря на сушу птицами сейчас происходит не столь интенсивно, как в прошлом.

Влияние деятельности человека на циркуляцию фосфора ведет к потерям фосфора и захоронению его на дне океана, что делает цикл менее замкнутым. Так, по некоторым оценкам, с морской рыбой, вылавливаемой человеком, на сушу возвращается лишь около 60 тыс. т в год элементарного фосфора. Добывается же ежегодно около 2 млн т фосфорсодержащих пород. Большая часть этого фосфора попадает в море с моющими средствами, в производстве которых он используется, и с удобрениями, т.е. выключается из круговорота. Так, например, потери фосфора с ненарушенных облесенных водосборочных бассейнов невелики и компенсируются поступлениями с дождем и продуктами выветривания. Но ниже по течению рек, где

деятельность человека активна, - иная картина. С увеличением степени освоения, т.е. с увеличением площадей, занятых сельскохозяйственными полями и городами, в водах рек резко возрастает содержание фосфора. В воде, стекающей с городских территорий, в 7 раз больше этого элемента, чем в воде реки, протекающей по местности, занятой лесом.

Кроме того, в стоке с освоенных территорий до 80% фосфора содержится в минеральной форме, т.е. в виде фосфатов, а в стоке с территорий занятых естественной растительностью, преобладают органические соединения фосфора. Однако смыв фосфорных удобрений с полей не столько велик, как азотных, так как в воде фосфаты малорастворимы, а в щелочной среде - практически нерастворимы, и поэтому задерживаются почвенными частичками. А усвоение их растениями сильно зависит от кислотности почвенного раствора и растворимости образующихся соединений.

Исследования показали, что в наземных экосистемах большая часть фосфора находится в связанной форме и недоступна для растений. Отсюда можно сделать очень важный для практики вывод: избыток удобрений может оказаться столь же невыгодным, как и их недостаток. Если в почву вносится больше вещества, чем могут использовать в данный момент организмы, избыток его быстро связывается почвой и отложениями, становясь недоступным именно в тот период, когда он наиболее необходим организмам. Многие полагают, что если на площадь их сада следует внести 1 кг удобрений, то 2 кг принесут в два раза больше пользы. Но субсидии превращаются в источник стресса, если применять их в избытке.

Основные потери фосфора из круговорота происходят при сбросе промышленных, городских и сельскохозяйственных сточных вод в водоемы; при применении избыточных количеств фосфорных удобрений и фосфорсодержащих моющих средств.

Правда, производство последних в некоторых странах уже запрещено. При этом серьезные опасения вызывает также «цветение» воды вследствие «удобрения» ее избыточным количеством фосфатов. Следствием этих процессов, из-за массового развития и отмирания водорослей, является вторичное загрязнение воды и захоронение фосфора с остатками водорослей.

В конечном счете, если мы хотим предотвратить угрозу голода, придется серьезно заниматься возвращением фосфора в круговорот. Уповать на геологические подъемы отложений в некоторых районах Земли, которые вернут на сушу «потерянные фосфаты», вряд ли возможно. Разумнее искать другие пути предотвращения потерь фосфора и прежде всего сократить его сброс в водные объекты. Следует активнее использовать сточные воды для орошения наземной растительности, которая аккумулируется в водно-болотистые угодья, вместо того чтобы сбрасывать в реки.

Сохранение цикличности круговорота фосфора очень важно, потому что из всех биогенных веществ, необходимых организмам в больших количествах, фосфор – один из наименее доступных элементов на поверхности Земли. Фосфор и теперь часто лимитирует первичную

продукцию экосистем, а в будущем его лимитирующее значение может резко возрасти, что грозит снижением пищевых ресурсов планеты.

Вопросы и задания

Чем различаются большой и малый круговорот веществ?

Какой процесс лежит в основе большого круговорота веществ?

Какова основная особенность круговорота воды?

Какие процессы лежат в основе малого круговорота веществ?

В чем различия газообразных и осадочных биогеохимических циклов?

Как влияет человек на содержание CO₂ в атмосфере?

В чем особенности круговорота фосфора?

Какие процессы лежат в основе круговорота азота?

Лекция № 6

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ОХРАНЫ ПРИРОДЫ

6.1 Мониторинг

Специальные мероприятия по охране и защите окружающей природной среды необходимы, когда ее качество не соответствует нормативным требованиям, а экосистемы не компенсируют антропогенные нагрузки. Поэтому для принятия управленческих решений о природоохранной деятельности прежде всего нужна информация о фактическом состоянии природных объектов.

Наблюдения за состоянием окружающей природной среды осуществляются человеком давно для определения оптимальных условий ведения хозяйства, принятия мер по предотвращению неблагоприятных воздействий на жизнь людей и т.д. В состав информации о качестве окружающей природной среды входят данные о существующем состоянии и прогнозы изменений природных условий.

Естественные изменения изучаются геофизическими службами: гидрометеорологической, сейсмической, ионосферой, гравиметрической, магнитометрической и др. Чтобы выделить антропогенные изменения на фоне естественных, необходимы специальные наблюдения. Систему наблюдений за изменением состояния окружающей природной среды называют **мониторингом** (лат. monitor, англ. monitoring – надзирающий).

Мониторинг – это система контроля, оценки и прогноза качества окружающей природной среды, включающая наблюдения за воздействием на нее человека. В зависимости от целей и объектов наблюдений мониторинг можно подразделить на санитарно-гигиенический, экологический и климатический.

Санитарно-гигиенический мониторинг касается, в основном, контроля за загрязнением окружающей среды и сопоставления ее качества с гигиеническими ПДК, разработанными для защиты здоровья населения.

Экологический мониторинг имеет целью оценку и прогноз антропогенных изменений в экосистемах и ответной реакции биоты на эти изменения. Основной задачей современных наблюдений становится изучение совокупных ответных эффектов экосистем в целом, а не только реакций на воздействие отдельных организмов.

Климатический мониторинг – служба контроля и прогноза колебаний климатической системы; по схеме он похож на экологический, но охватывает только ту часть биосферы, которая влияет на формирование климата: атмосферу, океан, ледяной покров и др. Климатический мониторинг тесно смыкается с гидрометеорологическими наблюдениями.

Возможны и другие классификации мониторинга. Так, по одной из них, выделяют: базовый мониторинг (систему слежения за состоянием и прогнозирование изменений природных процессов); глобальный мониторинг (систему слежения за изменением биосферных процессов, включая антропогенные воздействия); импактный мониторинг (наблюдения за локальными и региональными антропогенными воздействиями в опасных зонах) и др.

Мониторинг не подразумевает управление качеством окружающей среды. Однако очевидно, что необходимым условием такого управления качеством окружающей среды является правильная организация системы мониторинга.

Структура системы мониторинга включает 4 основных блока: «Наблюдения», «Оценка фактического состояния», «Прогноз состояния» и «Оценка прогнозируемого состояния» (рис. 6).

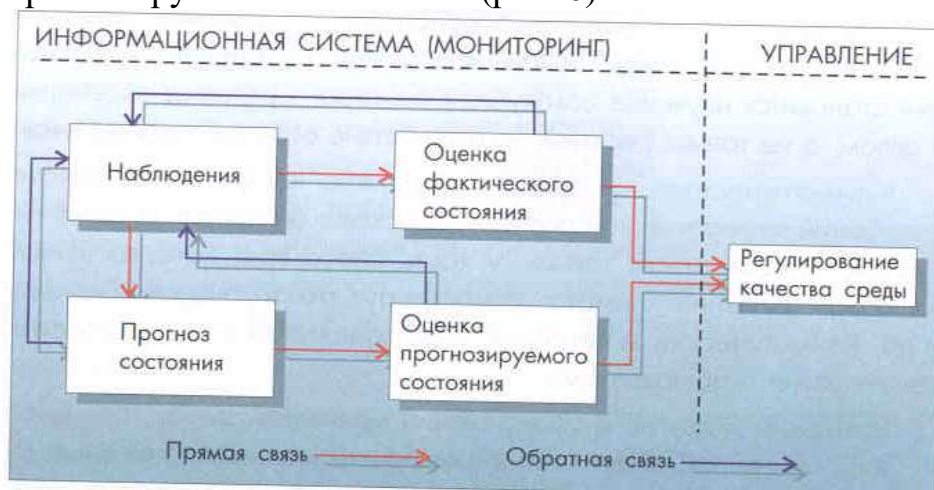


Рис. 6. Блок-схема системы мониторинга (по Ю. Израэлю, 1979)

Мониторинг должен включать наблюдения: за источниками и характером воздействия; состоянием окружающей природной среды экосистем и биосферы в целом. Подразумевается также получение данных о фоновом состоянии наблюдаемых объектов.

6.2 Инженерная защита окружающей среды

Природоохранные мероприятия можно классифицировать по двум основным направлениям: 1) мероприятия, проводимые с целью предотвращения негативных воздействий на окружающую среду; 2) мероприятия, направленные на ликвидацию последствий вредных воздействий.

Инженерные природоохранные мероприятия делят на две группы.

Мероприятия, снижающие выброс загрязняющих веществ и уровень вредных воздействий:

- совершенствование технологических процессов и внедрение малоотходных и безотходных технологий;
- изменение состава и улучшение качества используемых ресурсов (удаление серы из топлива, переход с угля на нефть или газ, с бензинового топлива на водородное и др.);
- установка очистных сооружений с последующей утилизацией улавливаемых отходов;
- комплексное использование сырья и снижение потребления ресурсов, производство которых связано с загрязнением среды;
- научно-исследовательские и научно-технические разработки, результаты которых делают возможным и стимулируют внедрение перечисленных выше мер – разработка стандартов на качество окружающей среды, оценка экологической емкости экосистем, проектирование новых технологий, создание системы эколого-экономических показателей хозяйственной деятельности и др.

Мероприятия, позволяющие снижать степень распространения загрязняющих веществ и других вредных воздействий:

- строительство высоких и сверхвысоких труб, выпусков сточных вод различной конструкции для оптимизации условий их разбавления и др.;
- нейтрализация выбросов, их захоронение и консервация;
- доочистка используемых ресурсов перед поступлением потребителю (установка кондиционеров и воздухопроводов для очистки воздуха в помещениях, метро, очистка водопроводной воды и др.)
- устройство санитарных охранных зон вокруг промышленных предприятий на водных объектах, озеленение городов и поселков;
- оптимальное расположение промышленных предприятий и автотранспортных магистралей (с учетом гидрометеорологических факторов) для минимизации их отрицательных воздействий;
- рациональная планировка городской застройки с учетом розы ветров и шумовых нагрузок и др.

Очистка газовых выбросов в атмосферу. Для очистки газовых выбросов обычно используют осаждение пыли в гравитационном, центробежном, электрическом или акустическом полях, методы абсорбции, хемосорбции и реагентные. **Очистка газовых выбросов от пыли** чаще всего осуществляется в аппаратах – **циклонах**.

Газовый поток вводится через входной патрубок внутрь корпуса и совершает вращательно-поступательное движение вдоль корпуса к бункеру. Под действием центробежной силы на стенке циклона образуется пылевой слой.

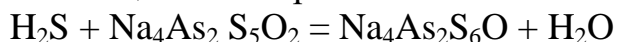
Электрофильтры - наиболее совершенные аппараты для очистки газов от частиц пыли и тумана. Процесс очистки основан на так называемой ударной ионизации газа в зоне разряда. Загрязненные газы, поступающие в электрофильтр, частично ионизированы за счет внешних воздействий. При достаточно большом напряжении, подаваемом на электроды, в электрическом поле движения ионов и электронов настолько ускоряется, что

сталкиваясь с молекулами газа, они ионизируют их, расщепляя на положительные ионы и электроны. Образовавшийся поток ионов ускоряется электрическим полем, и реакция повторяется (наступает лавинообразный процесс). Этот процесс называется ударной ионизацией. Электрофильтры обычно делают с отрицательными электродами, при этом положительно заряженные частицы под действием электростатических аэродинамических сил и силы тяжести осаждаются. Периодическая очистка фильтра достигается встряхиванием электродов. В промышленности используют несколько типов конструкций сухих и мокрых электрофильтров. В зависимости от формы электродов различают трубчатые и пластинчатый электрофильтры.

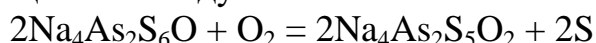
Очистка выбросов от газообразных токсичных примесей осуществляется с использованием: 1) абсорбции (лат. absorptio – всасывание, растворение) – промывки выбросов жидкими растворителями; 2) хемосорбции – промывки растворами реагентов, химически связывающими примеси; 3) адсорбции (лат. adsorbere – поглощение) – поглощения примесей твердыми активными веществами; 4) химических превращений примесей в присутствии катализаторов (каталических методов).

При **абсорбции** поглощающую жидкость (абсорбент) выбирают в зависимости от растворимости в ней удаляемого газа, температуры и его парциального давления. Например, для удаления из технологических выбросов аммиака NH_3 , хлороводорода HCl или фторводорода HF целесообразно в качестве абсорбента применять воду, так как растворимость этих газов в воде велика – сотые доли грамма на 1 кг воды. В других случаях можно применять раствор серной кислоты (для улавливания водяных паров) или вязкие масла (для улавливания ароматических углеводородов) и др. Регенерация растворителя, т.е. десорбция из него газов, проводится путем повышения температуры или понижения давления в термических или вакуумных десорберах. Узлы абсорбции и десорбции могут быть разных конструкций.

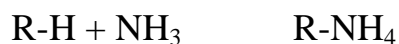
Хемосорбция основана на поглощении газов реагентами с образованием малолетучих или малорастворимых соединений. Примером может служить очистка газовой смеси от сероводорода с применением мышьяково-щелочного реагента:



Регенерация раствора производится окислением его кислородом, содержащимся в очищенном воздухе:

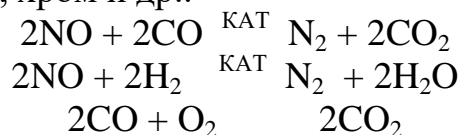


В этом случае побочным продуктом является сера. Могут применяться и другие реагенты и иониты. Иониты – это твердые вещества, способные обмениваться ионами с фильтруемыми через них жидкими или газообразными смесями. Это или природные материалы (цеолиты или глины), или синтетические полимеры (смолы). Например, при фильтровании газовой смеси, содержащей аммиак NH_3 , через влажный ионит катионного типа (катионит) происходит присоединение аммиака NH_3 к катиониту:



Адсорбция – процесс избирательного поглощения компонентов газовой смеси твердыми веществами. При физической адсорбции молекулы адсорбента не вступают в химическое взаимодействие с молекулами газовой смеси. Требования к адсорбентам: большая адсорбционная способность, селективность (лат. selection – выбор, отбор). химическая инертность, механическая прочность, способность к регенерации, низкая стоимость. Наиболее распространенные адсорбенты – активные угли, силикагели, алюмосиликаты. С увеличением температуры адсорбционная способность снижается. На этом свойстве основан процесс регенерации, которую осуществляют либо нагревом насыщенного адсорбента до температуры выше рабочей, либо продувкой его горячим паром или воздухом.

Каталитические методы очистки газов основаны на использовании катализаторов, ускоряющих химические реакции. В последние годы каталитические методы применяются для нейтрализации выхлопных газов автомобилей, т.е. превращения токсичных оксидов азота NO и углерода CO в нетоксичные: газообразный азот N₂ и диоксид углерода CO₂. При этом используют различные катализаторы: медно-никелевый сплав, платину на глиноземе, медь, никель, хром и др.:



Очистка сточных вод. В зависимости от типа процессов, протекающих в очистных сооружениях, различают механическую, физико-химическую и биологическую очистку сточных вод. На очистных сооружениях образуются большие массы осадков, которые подготавливают к дальнейшему использованию: обезвоживают, сушат, обезвреживают и обеззараживают. При необходимости сточные воды, прошедшие сооружения полной биологической очистки, подвергают доочистке. После очистки, перед сбросом в водоемы, сточные воды должны обеззараживаться с целью уничтожения патогенных микроорганизмов.

Механическая очистка предназначена для задержания нерастворенных примесей. К сооружениям для механической очистки относятся: решетки и сита (для задержания крупных примесей), песколовки (для улавливания минеральных примесей, песка), отстойники (для медленно оседающих и плавающих примесей) и фильтры (для мелких нерастворенных примесей). Специфические загрязнения производственных сточных вод удаляются с помощью жироловок, нефтеловушек, масло - и смолоуловителей и др. Очистные сооружения располагаются по высоте обычно таким образом, чтобы вода из одного в другое поступала самотеком. Механическая очистка – это, как правило, предварительная ступень перед биологической очисткой. В некоторых случаях можно ограничиться механической очисткой: например, если небольшое количество сточных вод сбрасывается в очень мощный водоем, или, если вода после механической очистки: например, если небольшое количество сточных вод сбрасывается в

очень мощный водоем, или, если вода после механической очистки повторно используется на предприятии. При механической очистке удается задерживать до 60% нерастворенных примесей (рис. 7).

Физико-химические методы очистки применяются, в основном, для производственных сточных вод (в случае бытовых стоков их применения ограничено по экономическим соображениям). К этим методам относятся: реагентная очистка (нейтрализация, коагуляция, озонирование, хлорирование и др.), сорбция, экстракция (лат. *extrahere* – извлекать), эвапорация (лат. *evaporation* – выпаривание), флотация, электролиз и др.



Рис. 7. Технологическая схема очистной станции с механической очисткой сточных вод.

Биологическая очистка сточных вод основана на использовании микроорганизмов, которые в процессе своей жизнедеятельности разрушают органические соединения, т.е. минерализуют их. Микроорганизмы используют органические вещества в качестве источника питательных веществ и энергии. Сооружения биологической очистки условно делят на два типа: сооружения, в которых очистка происходит в искусственно созданных условиях. К первым относятся поля фильтрации и биологические пруды, ко вторым биофильтры и аэротенки.

Поля фильтрации – это земельные участки, искусственно разделенные на секции, по которым равномерно распределяется сточная вода, фильтрующаяся через поры грунта. Профильтрованная вода собирается в дренажных трубах и канавах и стекает в водоемы. На поверхности почвы образуется биологическая пленка из аэробных микроорганизмов, способных минерализовать органические вещества. Кислород может осуществляться в результате жизнедеятельности анаэробных микроорганизмов.

Биологические пруды – это специально созданные неглубокие водоемы, где протекают естественные биохимические процессы самоочищения воды в аэробных и анаэробных условиях. Пруды сооружаются как для первичной биологической очистки, так и для доочистки сточных вод после биофильтров и аэротенков. Насыщение воды кислородом происходит

вследствие естественной атмосферной аэрации и фотосинтеза, но может применяться и искусственная аэрация.

Биофильтры – сооружения, в которых создаются условия для интенсификации естественных биохимических процессов. Это резервуары с фильтрующим материалом, дренажем и устройством для распределения воды. Сточная вода с помощью распределительных устройств периодически разливается по поверхности загрузки, профильтровывается и отводится во вторичный отстойник. На поверхности фильтра постепенно созревает биопленка из различных микроорганизмов, которые выполняют ту же функцию, что и на полях фильтрации, т.е. минерализуют органические вещества. Отмершая биопленка смывается водой и задерживается во вторичном отстойнике.

Аэротенк – это резервуар, в который поступают сточная вода после механической очистки, активный ил и непрерывно воздух. Хлопья активного ила представляют собой биоценоз аэробных микроорганизмов-минерализаторов (бактерий, простейших, червей и др.) Для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов необходима постоянная аэрация воды. Из аэротенка сточная вода в смеси с активным илом поступает во вторичные отстойники, где ил осаждается. Основная масса его возвращается в аэротенк, а вода подается в контактные резервуары для хлорирования – обеззараживания.

Обеззараживание является заключительным этапом обработки сточных вод перед сбросом в водоем. наибольшее распространение получил способ дезинфекции воды путем хлорирования газообразным хлором Cl_2 или хлорной известью $CaCl(OCl)$. Применяют также электролизные установки для получения гипохлорита натрия $NaClO$ из поваренной соли $NaCl$. Возможно обеззараживание и другими бактерицидными веществами.

Обработка осадков, образующихся в процессе очистки сточных вод, производится с целью снижения их влажности и объема, обеззараживания и подготовки к утилизации. На решетках задерживаются грубые отбросы (тряпки, бумага, остатки продуктов и пр.), которые вывозят на свалки или после дробления направляют в специальные сооружения. Песок из песколовков поступает на песковые площадки для обезвоживания, а затем вывозится и используется по назначению. Для обработки осадков из отстойников используют самостоятельную группу сооружений: иловые площадки, метантенки, аэробные стабилизаторы, установки для обезвоживания и сушки. Наиболее широко распространены метантенки.

Метантенки – это герметически закрытые резервуары, где анаэробные бактерии в термофильных условиях ($t^\circ=30-43^\circ C$) сбраживают сырой осадок из первичных и вторичных отстойников. В процессе брожения выделяются газы: CH_4 , водород H_2 , углекислый газ CO_2 , аммиак NH_3 и др., которые могут затем использоваться для разных целей.

Осадки сточных вод, выгружаемые из метантенков, имеют влажность 97% и неудобны для утилизации. Для уменьшения их объема применяют обезвоживание на иловых площадках или вакуум-фильтрах, центрифугах и

других сооружениях. В результате обезвоженный осадок уменьшается в объеме в 7-15 раз и имеет влажность 50-80%.

Аэробная стабилизация осадков осуществляется в резервуарах, где органическая часть длительное время минерализуется аэробными микроорганизмами при постоянной продувке воздухом.

Сжигание осадков применяется, если они не подлежат другим видам обработки и утилизации. Мировой опыт показывает, что 25% образующихся на очистных сооружениях осадков используется в сельском хозяйстве, 50% размещается на полигонах и около 25% сжигается. В связи с ужесточением санитарных требований к качеству осадков, уменьшается возможность использования их в сельском хозяйстве. Специалисты все больше обращаются к сжиганию осадков.

Утилизация и ликвидация твердых отходов. Обезвреживание и утилизация твердых бытовых и промышленных отходов – последняя ступень очистки. Методы обезвреживания твердых отходов делятся на ликвидационные (решают санитарно-гигиенические задачи) и утилизационные (решают задачи экологии и экономики).

Выделяют **биологические** методы (разрушение органической части микроорганизмами), **термические** (сжигание на мусороперерабатывающих предприятиях,

пиролиз), **химические** (гидролиз), **механические** (прессование с применением связующих на полигонах). Выбор метода для конкретного города зависит от местных условий и осуществляется на основе технико-экономического сравнения.

Большая часть твердых промышленных отходов токсична, поэтому их следует захоронить в толще глины.

Особо твердые промышленные отходы принимают на полигон в герметически упакованных металлических контейнерах, которые следует захоронить в глубоких котлованах. Кроме технологического паспорта, с каждой партией направляются два акта: в одном подтверждается герметичность упаковки контейнера, а в другом указывается название отходов, их количество и причины списания с учета. Контейнеры автокраном спускают на дно котлована. Каждый контейнер со всех сторон засыпают слоем глины (0,5 м). Сверху располагают следующий ряд контейнеров. Размеры котлованов по низу 10x4 м, по верху – 18x12 м, глубина – 4 м в глине, сверху они также засыпаются слоем глины.

В будущем большая доля потребности в сырье для промышленности должна удовлетворяться продуктами переработки промышленных и бытовых отходов.

Вопросы и задания

Что называется мониторингом?

Какие виды мониторинга вам известны?

Охарактеризуйте основные методы очистки газовых выбросов в атмосферу.

Назовите главное отличие между процессами абсорбции и адсорбции?

Перечислите основные процессы, характеризующие механическую очистку сточных вод.

Назовите основные методы утилизации и ликвидации твердых отходов.

Лекция № 7

НОРМАТИВНЫЕ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

В законе Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды» установлены требования к нормированию качества среды обитания и уровней воздействия на окружающую среду. нормативы качества окружающей природной среды определяют научно обоснованную меру сочетания жестких экологических требований общества к качеству среды обитания и возможностей природопользователей соблюдать их в хозяйственной деятельности.

В основу нормативов качества положены три показателя:

- медицинский (пороговый уровень угрозы здоровью человека, его генетической программе);
- технологический (способность экономики обеспечить выполнение установленных пределов воздействия на человека и условия его жизнедеятельности);
- научно-технический (способность технических средств обеспечить контроль за соблюдением пределов воздействия по всем параметрам).

Нормы и нормативы качества окружающей среды подразделяются на: санитарно-гигиенические, экологические, производственно-хозяйственные и временные.

7.1 Виды норм и нормативов качества окружающей среды

Санитарно-гигиенические нормативы

К санитарно-гигиеническим нормативам относятся гигиенические и санитарно-защитные нормативы.

Под **гигиеническими нормативами** понимают предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосфере, водоемах и почве, уровни вредных физических воздействий – вибраций, шума, электромагнитного и радиоактивного излучения, не оказывающих какого-нибудь вредного воздействия на организм человека в настоящее время и в отдаленном будущем, а также на здоровье последующих поколений.

Санитарно-защитные нормативы предназначены для защиты здоровья человека от вредного воздействия источников загрязнения и обеспечения достаточной чистоты пунктов водопользования. Их используют при образовании санитарных зон источников водоснабжения, пунктов водопользования, санитарно-защитных зон предприятий.

Экологические нормативы определяют предел антропогенного воздействия на окружающую среду, превышение которого может создать угрозу сохранению оптимальных условий совместного существования

человека и его внешнего окружения. Они включают в себя эколого-гигиенические и эколого-защитные нормативы, а также предельно допустимые нормативные нагрузки на окружающую среду.

При установлении **эколого-гигиенических нормативов** следует читать, что многие живые организмы более чувствительны к загрязнениям, чем человек, для которого установлены существующие нормативы, и поэтому целесообразно определять их на уровне, обеспечивающем нормальную жизнедеятельность живых организмов.

Эколого-защитные нормативы направлены на сохранение генофонда Земли, восстановление экосистем, сохранение памятников всемирного культурного и природного наследия и т.п. Они используются при организации охранных зон заповедников, природных национальных парков, биосферных заповедников, зеленых зон городов и т.п.

Производственно-хозяйственные нормативы предназначены для ограничения параметров производственно-хозяйственной деятельности конкретного предприятия с точки зрения экологической защиты природной среды. К ним относятся технологические, градостроительные, рекреационные и другие нормативы хозяйственной деятельности.

Технологические нормативы включают: предельно допустимый выброс (ПДВ) вредных веществ в атмосферу, предельно допустимый сброс (ПДС) загрязняющих веществ в водоемы и предельно допустимое количество сжигаемого топлива (ПДТ). Эти нормативы устанавливаются для каждого источника поступления загрязнений в окружающую среду и тесно связаны с профилем работы, объемом и характером загрязнений конкретного предприятия, цеха, агрегата. В связи с этим они могут быть разными даже в рамках одного предприятия. Область регламентированного воздействия ПВД, ПДС и ПДТ на качество окружающей среды весьма широка. С помощью этих нормативов лимитируются отходы и выбросы, производимые в результате осуществления отдельных видов работ на предприятиях, шумовое загрязнение воздушной среды, расход топлива и пр. В то же время данные нормативы, характеризуя предельно допустимое количество загрязнений, поступающих в окружающую среду в зоне расположения источников, оборудованных системами обезвреживания, не позволяют дать оценку самим системам обезвреживания.

Градостроительные нормативы разрабатывают для обеспечения экологической безопасности при планировке и застройке городов и других населенных пунктов.

Рекреационные нормативы определяют правила пользования природными комплексами в целях обеспечения условий для полноценного отдыха и туризма.

В тех случаях, когда по тем или иным объективным причинам не представляется возможным разработать гигиенические или технологические нормативы, устанавливают **временные нормативы**. По мере роста научных знаний, развития и совершенствования техники и технологии их регулярно

пересматривают в сторону ужесточения с тем, чтобы воздействие на природу было минимальным.

7.2 Виды нормативов при оценке качества воздушной среды, водных ресурсов, почвы, шума

Оценка качества воздушной среды осуществляется на основе следующих нормативов.

- предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны ПДК_{р.з.}, мг/м³. При ежедневной восьми-, семи- и шестичасовой работе (кроме выходных дней) или при другой продолжительности рабочего дня, но не более 41 ч в неделю, эта концентрация в течение всего рабочего дня не должна вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, которые могут быть обнаружены современными методами исследований, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни человека.
- Предельно допустимая среднесуточная концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест ПДК_{с.с.}, мг/м³, которая не должна вызывать отклонений в состоянии здоровья настоящего и последующих поколений при неопределенно долгом (в течение нескольких лет) вдыхании.
- Временно допустимая концентрация (ориентировочный безопасный уровень воздействия) загрязняющего вещества в воздухе рабочей зоны ВДК_{р.з.}, мг/м³. Числовые значения этого показателя для различных веществ определяются расчетным путем и действуют в течение 2 лет.
- Временно допустимая концентрация (ориентировочный безопасный уровень воздействия) вредного вещества в атмосфере ВДК_{а.в.}, мг/м³, размер которой устанавливается расчетным путем и действует в течение 3 лет.
- Предельно допустимый выброс загрязняющих веществ в атмосферу ПДВ, кг/сут (г/ч). Этот показатель должен обеспечивать соблюдение санитарно-гигиенических нормативов в воздухе населенных мест при наиболее неблагоприятных для рассеивания метеорологических условиях. Он определяется расчетным путем на 5 лет.
- Временно согласованный выброс ВСВ, кг/сут (г/ч) устанавливается в том случае, если по объективным причинам нельзя определить ПДВ для источника выброса в данном населенном пункте. Срок действия этого норматива не более 5 лет.
- Предельно допустимое количество сжигаемого топлива ПДТ, т/ч. Этот показатель должен обеспечивать соблюдение санитарно-гигиенических нормативов по продуктам сгорания топлива в воздухе населенных мест при неблагоприятных для рассеивания метеорологических условиях. ПДТ устанавливается расчетным путем на срок не более 5 лет.

Оценка качества водных ресурсов осуществляется с помощью системы основных показателей.

- Предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в воде водоема ПДК_{в.}, мг/л, при которой не должно оказываться прямого или

косвенного вредного воздействия на организм человека в течение всей его жизни, а также на здоровье последующих поколений и не должны ухудшаться гигиенические условия водопользования.

- Предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в воде водоемов, используемых для рыбохозяйственных целей, ПДК_{в,р}, мг/л. Для подавляющего большинства нормируемых веществ величина этого показателя всегда значительно меньше ПДК_в, в связи с тем, что токсические соединения могут накапливаться в организме рыб в весьма значительных количествах без влияния на их жизнедеятельность.
- Временно допустимая концентрация (ориентировочно безопасный уровень воздействия) загрязняющих веществ в воде водоемов ВДК_в, мг/л. Нормативы, определяемые этим показателем, устанавливаются расчетным путем на срок 3 года.
- Предельно допустимый сброс ПДС, г/ч (кг/сут), регламентирующий массу загрязняющего вещества в сточных водах, сбрасываемых в водоем. Применение этого показателя должно обеспечивать соблюдение санитарно-гигиенических нормативов, установленных для водных объектов. Величина ПДС определяется расчетным путем на период, установленный органами по регулированию использования и охране вод. После этого она подлежит пересмотру в сторону уменьшения вплоть до прекращения сброса загрязняющих веществ в водоемы.

Оценка качества почвы проводится по нормативам, установленным в соответствии со следующими основными показателями.

- Предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в пахотном слое почвы ПДК_п, мг/кг. При такой концентрации не должно оказываться прямого или косвенного отрицательного воздействия на контактирующие с почвой воду, воздух и, следовательно, здоровье человека, а также на самоочищающую способность почвы.
- Временно допустимая концентрация (ориентировочно допустимая концентрация) вредного вещества в пахотном слое почвы ВДК_п, мг/кг, устанавливается расчетным путем и действует в течение 3 лет.

Оценка шумового загрязнения окружающей среды осуществляется с помощью следующих показателей.

- Предельно допустимый уровень шума ПДУШ, дБ·А. Шум с таким уровнем при ежедневном систематическом воздействии в течение многих лет не должен вызывать отклонений в состоянии здоровья человека и мешать его нормальной трудовой деятельности.
- Допустимый уровень шума (допустимый уровень звукового давления) ДУШ, дБ·А, при котором длительное систематическое вредное воздействие шума на человека не проявляется или проявляется незначительно.

7.3 Разработка нормативов вредных выбросов и контроль содержания загрязняющих веществ в окружающей среде

Для достижения определенного уровня качества окружающей среды устанавливают объективные нормы и нормативы. Однако из-за

ограниченности материальных и финансовых ресурсов на сегодняшнем этапе развития экономики страны возможно лишь поэтапное достижение нормативных значений качества окружающей среды.

Регламентирование содержания загрязнений в атмосферном воздухе осуществляется на основе нормативов в атмосферном воздухе населенных мест – ПДК_{м.р.} и ПДК_{с.с.}. Для вредных веществ, влияние которых на организм человека не до конца еще изучено, установлены временно допустимые концентрации вредных веществ ВДК_{а.в.}, регламентирующие их содержание в атмосферном воздухе.

Если в атмосферном воздухе одновременно присутствует несколько веществ, обладающих эффектом суммации (совмещенного действия), то их суммарная концентрация не должна превышать единицы при расчете по формуле

$$C_1/\text{ПДК}_1 + C_2/\text{ПДК}_2 + \dots + C_n/\text{ПДК}_n \leq 1,$$

где C_1, C_2, \dots, C_n – фактические концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе; $\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$ – предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе.

Эффектом однонаправленного действия (суммации) обладают, например, следующие сочетания вредных веществ: ацетон и ацетофенол; ацетон и фталевый ангидрид; ацетон и фенол; ацетон, фурфурол, формальдегид и оксид углерода; диоксид азота, формальдегид, гексан и др.

7.4 Экологическая сертификация материалов

Экологическая сертификация материалов (ЭСМ), используемых в производстве изделий легкой промышленности и сервиса, можно производить на основе анализа химического состава и токсичности компонентов, входящих в состав материалов.

Для ЭСМ предлагается критерий экологической опасности материалов, который определяется по формуле:

=

где Y_i – доля i -го химического компонента в материале; K_i – класс опасности i -го химического вещества, входящего в состав материала.

Тогда, чем больше КЭО, тем более экологически опасный материал. Все вещества по классу опасности делятся на 4 класса:

- 1 – чрезвычайно опасные;
- 2 – высоко опасные;
- 3 – умеренно опасные;
- 4 – мало опасные.

Исходя из этого, если $KЭО \leq 0,25$ – экологически опасные вещества; $0,33 \geq KЭО > 0,25$ – экологически умеренно опасные вещества; $0,5 \geq KЭО > 0,33$ – экологически высоко опасные вещества; $KЭО > 0,5$ – экологически чрезвычайно опасные вещества.

7.5 Расчет допустимых показателей загрязняющих веществ в производственных сточных водах, поступающих в систему канализации

Расчет допустимых концентраций загрязняющих веществ, содержащихся в производственных сточных водах и удаляемых на очистных сооружениях производится в следующей последовательности:

1) определение допустимой концентрации загрязняющих веществ, в очищенных городских сточных водах

$$C_{(\text{гор})} = n(\text{ПДК} - C_{\text{фак}}) + C_{\text{ас}}(\text{мг/л}),$$

где ПДК – концентрация загрязняющих веществ в контрольном створе водного объекта (1 и 2 категории водопользования); $C_{\text{фак}}$ – фактическая концентрация вещества в водном объекте до сбора в него сточных вод очистных сооружений, мг/л; n – кратность смещения очистных вод в водой данного водного объекта.

2) определение допустимой концентрации загрязняющих веществ в смеси производственных и бытовых сточных вод, поступающих на очистные сооружения

$$C_{\text{пр+быт}} = C_{\text{Д(гор)}} \cdot \varepsilon,$$

где ε – эффективность очистки сточных вод, %.

Величина $C_{(\text{пр+быт})}$ должны быть меньше допустимой концентрации для биологической очистки $C_{\text{биол}}$.

Если $C_{\text{Д(пр+быт)}} > C_{\text{биол}}$, тогда необходимо взять $C_{\text{Дом(пр+быт)}} = C_{\text{биол}}$ и определить $C_{(\text{гор})} = C_{\text{биол}}(1 - \varepsilon)$.

3) величина допустимой концентрации загрязняющих веществ, поступающих в производственных сточных водах, определяется по формуле

$$C_{\text{доп(произв)}} =$$

где Q – расход городских сточных вод, м³/сут.; q – расход производственных сточных вод, содержащих данное загрязняющее вещество, м³/сут.; $C_{\text{быт}}$ – концентрация загрязняющего вещества в бытовых сточных водах, поступающих на очистку.

Если вещества имеют одинаковый лимитирующий показатель вредности (ЛВП), то концентрация и в сточной воде C_i , поступающей в систему канализации должна удовлетворять соотношению:

7.6 Определение предметно-допустимых сбросов (ПДС) вредных веществ со сточными водами

ПДС – масса вещества в сточных водах, максимально-допустимая к отведению в водный объект со сточными водами в единицу времени (обеспечивающая качество воды).

ПДС может устанавливаться для:

взвешенных веществ;
минеральных веществ;
органических веществ;
БПК

$$\text{ПДС} = q \cdot C_{\text{доп}},$$

где q – объемный расход вод, м³/ч; $C_{\text{доп}}$ – концентрация вредных веществ в стоках предприятия, г/м²; $C_{\text{доп}}$ – рассчитывается в зависимости от концентрации вредных веществ в водоеме $C_{\text{фак}} \leq \text{ПДК}$.

а) для водоемов хоз. питьевого и рыбохозяйственного назначения:

$$C_{\text{доп}} \leq C_{\text{фак}} + 0,25 \text{ г/м}^3$$

б) для водоемов культурно-бытового и других рыбохозяйственных целей:

$$C_{\text{доп}} \leq C_{\text{фак}} + 0,75 \text{ г/м}^3$$

в) для всех видов водопользования

$$C_{\text{доп}} \leq 1,05 C_{\text{фак}}$$

Для БДК(20°C) $C_{\text{доп}} = 3 \text{ мг/л}$ или 6 мг/л .

Для веществ, обладающих однонаправленным действием (ЛВП), должно выполняться условие:

если условие не выполняется, необходимо уменьшить концентрацию (произвести доочистку сточных вод) веществ C_i .

Вопросы и задания

Какова цель экологического нормирования?

Что такое ПДК ?

Что такое ПДВ, ПДС, ПДТ ?

В воздухе присутствуют одновременно фенол ($0,009 \text{ мг/м}^3$) и ацетон ($0,342 \text{ мг/м}^3$); соответствующие им ПДК равны $0,01$ и $0,35 \text{ мг/м}^3$. Допустим ли такой уровень загрязнения?

Как рассчитать ПДС загрязняющего вещества?

Лекция № 8

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УЩЕРБОВ, ПРИЧИНЯЕМЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Экономическая оценка ущерба от загрязнения окружающей среды предполагает денежную оценку негативных изменений в широком спектре последствий – ухудшение здоровья человека, вынужденного дышать загрязненный воздух, пить воду, содержащую вредные примеси и есть продукты, «обогащенные» нитратами; изменение возможностей развития и воспитания личности вследствие исчезновения привычного ландшафта и природы, а также исторических и архитектурных памятников, несших информацию о национальной культуре; хозяйственные убытки от ускорения коррозии металла, снижения продуктивности сельхозугодий, гибели рыбы в водоемах и т.п. Экономическая оценка ущерба от загрязнения окружающей природной среды складывается из следующих затрат: дополнительных затрат общества в связи с изменениями в окружающей природной среде; затрат на возвращение окружающей природной среды в прежнее состояние; дополнительных затрат будущего общества в связи с безвозвратным изъятием части дефицитных ресурсов. При оценке ущерба окружающей природной среде учитываются затраты на снижение загрязнений; затраты на восстановление окружающей среды; дополнительные затраты из-за изменения качества окружающей среды; затраты на компенсацию риска для здоровья людей; затраты на дополнительный природный ресурс для обезвреживания потока загрязнителей. На рис. 8. представлена структура расходов, вызываемых загрязнением окружающей природной среды.

Объекты влияния

Элементы дополнительных расходов

Рис. 8. Структура расходов, вызываемых загрязнением окружающей природной среды

Безусловно, такая комплексная стоимостная оценка сопряжена с огромными трудностями.

Такой подход оценки ущерба требует огромного количества информации и практически не применяется на практике. В существующих методиках используется подход, основанный на упрощенной процедуре, базирующейся на приведении различных примесей к «монозагрязнителю», т.е. агрегированному виду. Рассмотрим его более подробно.

8.2 Экономическая оценка ущерба от загрязнения атмосферного воздуха

Расчет годовых величин экономического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха определяется по формуле:

где - денежная оценка единицы выбросов в усл. т., руб./усл.; -коэффициент, позволяющий учесть региональные особенности территории, подверженной вредному воздействию (табл.8.1); f - поправка, учитывающая характер рассеяния примеси в атмосфере; A_i - коэффициент приведения примеси вида i к монозагрязнителю, усл. т/т (табл. 8.2.); m_{it} – объем выброса i -ого вида примеси загрязнителя.

Таблица 8.1

Значения показателя относительной опасности загрязнения атмосферного воздуха над территориями различных типов

Тип загрязняемой территории	Значение
1	2
Курорты, санатории, заповедники, заказники	10
Пригородные зоны отдыха, садовые и дачные участки	8
Населенные места с плотностью населения n чел./га (при плотности >300 чел./га коэффициент равен 8)	$(0,1 \text{ га/чел}) n$
Территории промышленных предприятий (включая защитные зоны) и промышленных узлов	4
Леса:	0,2
1-я группа	0,1
2-я группа	0,025
3-я группа	0,25
Пашни: Южные зоны (южнее 50^0 с.ш.)	0,15
Центрально-Черноземный район, Южная Сибирь	0,1
Прочие районы	0,5
Сады, виноградники	0,5

Пастбища, сенокосы	0,05
--------------------	------

При получении указанной оценки для региона, т.е. для всех источников в регионе в целом, следовало просуммировать эти оценки по сотням (а при более детальном подходе – по тысячам) источников, действующих в городе. Однако реально доступная информация не настолько точна и детализирована по источникам, чтобы соответствующее резкое усложнение расчетов можно было бы считать оправданным. Поэтому для безразмерного коэффициента, характеризующего относительную степень опасности загрязнения воздуха над территорией данного типа, рекомендуется использовать средневзвешенное значение с учетом площадей отдельных видов.

Таблица 8.2

**Значения величины A_i для некоторых веществ,
выбрасываемых в атмосферу**

Название вещества	Значение A_i усл. т/т
Окись углерода	1
Сернистый ангидрид	22
Сероводород	54,8
Окислы азота в перерасчете по массе на NO_2	41,1
Аммиак	10,4
Летучие низкомолекулярные углеводороды по углероду (ЛНУ)	3,16
Ацетон	5,55
Фенол	310
Серная кислота	49
Ацетальдегид	41,6
3,4 - бензапирен	$12,6 \cdot 10^5$

Пример. Определите экономическую оценку ущерба от загрязнения атмосферного воздуха выбросами от стационарных источников за три года, если известно, что на территории рассматриваемого региона населенные пункты с плотностью населения более 300 чел./га занимают 5%, заповедники – 12%, пригородные зоны отдыха и дачные участки – 10%, леса 1-й группы – 16%, леса 2-й группы – 20%, промышленные предприятия – 4%, пашни (Центрально-Черноземный район) – 19%, пастбища и сенокосы – 14%. Приоритетные загрязняющие вещества указаны в табл. 8.3. выясним, как изменяется величина экономической оценки ущерба от загрязнения атмосферного воздуха.

Таблица 8.3

Исходные данные для расчета

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

Для решения данной задачи необходимо из нормативных таблиц найти коэффициента приведения к монозагрязнителю. Эти коэффициента следует перемножить на объемы выбросов и результаты произведения сложить. Таким образом будет получена величина загрязнения атмосферного воздуха с учетом вредности (в виду «монозагрязнителя») в тыс. усл. т. Результаты такого расчета приведены в таблице 8.4.

Значения показателя относительной опасности загрязнения атмосферного воздуха в данном регионе следует рассчитать как средневзвешенное коэффициентов для территорий разных типов. Поскольку из условий задачи известно процентное соотношение территорий разных типов в рассматриваемом регионе, то этот расчет будет провести весьма несложно:

$$= (5\%8 + 12\%10 + 10\%8 + 16\%0,2 + 20\%0,1 + \rightarrow \\ \rightarrow 4\% 4 + 19\% 0,15 + 14\% 0,05)/100\% = 2,65.$$

Таблица 8.4

Расчет объема загрязнения в виде «монозагрязнителя»

Наименование загрязняющего вещества	Коэффициент приведения	Приведенные объемы выбросов по годам, тыс. усл.т.		
		1998 г.	1999 г.	2000 г.
Окись углерода	1,00	120	130	160
Сероводорода	54,8	2959,2	1972,8	1644
Окислы азота	41,1	739,8	986,4	1274,1
ЛНУ	3,16	271,76	284,4	246,48
Окислы алюминия	33,8	1419,6	1622,4	1791,4
Объем выбросов с учетом вредности (в виде «монозагрязнителя»)	5510,36	4996,00	5115,98	

Допустив, что $f = 1$, $a = 20$ руб./усл. т (в ценах после 1.01.98 г.), получаем следующие значения годовых экономических оценок ущерба от загрязнения атмосферного воздуха в регионе:

$$Z_{\text{атм.}} (1998) = 292,05 \text{ млн руб.}; \quad Z_{\text{атм.}} (1999) = 264,79 \text{ млн руб.};$$

$$Z_{\text{атм.}} (2000) = 271,15 \text{ млн руб.}$$

Расчеты показывают, что величина ущерба от загрязнения атмосферного воздуха в 1999 г. снизилась на 27,21 млн. руб., а затем в 2000 г. поднялась на 6,36 млн. руб.

8.3 Экономическая оценка ущерба от загрязнения водоемов

Экономическая оценка ущерба водоема проводится по формуле:

где p_t – денежная оценка единицы сбросов в усл. т, руб./усл. т; k – коэффициент, позволяющий учесть особенности водоема, подверженного вредному воздействию (табл. 8.5.); D_i – коэффициент приведения примеси вида i к монозагрязнителю, усл.т/т (8.6); V_n – объем сброса i -ого вида примеси загрязнителя.

Таблица 8.5

Значения коэффициента для различных водохозяйственных участков

Наименование бассейнов, рек и створов	Значение	Наименование бассейнов, рек и створов	Значение
1	2	3	4
Балтийское море		Черное море	
Финский залив	1,8	Дунай	1,8
Нева	1,6	Тиса	1,9
Нарва	1,4	Прут	2,1
Луга	1,3	Днестр	2,2
Рижский залив	1,8	Днепр (исток – г. Киев)	1,8
Западная Двина	1,4	Припять	1,4
Куршский залив	1,6	Березина	2,0
Неман	1,3	Десна	1,5
Вислинский залив	1,7	Днепр (г. Киев Каховский г/у)	2,2
Вента	1,4	Днепр (Каховский г/у устье)	2,5
Ладожское озеро	2,5	Южный Буг	2,3
Онежское озеро	2,5	Реки Крымского полуострова	2,8
Ильмень-озеро	2,2.	Реки Черноморского побережья Кавказа	1,9
Чудско-Псковское озеро	2,2		
Азовское море		Каспийское море	
Дон (исток – устье р. Воронеж)	2,4	Волга (исток – г. Горький)	1,2
Воронеж	2,5	Ока	2,2
Дон (устье р. Воронеж – Цимлянский г/у)	1,7	Москва	2,9
Дон (Цимлянский г/у устье)	2,3	Волга (г. Горький – г. Куйбышев)	1,6
Северский Донец	2,8	Кама	1,7
Кубань (исток – г. Армавир)	1,9	Волга (г. Куйбышев – устье)	1,5
Кубаь (г. Армавир – устье)	2,6	Урал (устье)	
Миус	3,5		
Кальмиус	4,0		

Таблица 8.6

Относительная эколого-экономическая опасность для некоторых распространенных веществ, загрязняющих водоемы

Группы загрязняющих веществ	Показатель относительной эколого-экономической опасности, усл.т/т
А. Неорганические вещества	
Общие показатели	
Сульфаты, хлориды	0,05
Взвешенные вещества	0,10
Нитриты, азот аммонийный	0,20
Фосфаты, фосфор	2,00

Железо, марганец	2,50
Нитраты	12,50
Промышленные неорганические вещества	
Цинк, никель, висмут, свинец, вольфрам	25,00
Цианиды	50,00
Токсичные соединения: ртуть; мышьяк	145,00
Б. Органические вещества	
Общие показатели	
Химическая потребность в кислороде (ХП)	0,07
Биохимическая потребность в кислороде (БП полн.), органический углерод	1,00
Промышленная органика	
СПАВ (детергенты), этилен, метанол, ацетонитрил и др.	5,00
Нефть и нефтепродукты, жиры, масла	15,00
Формальдегид, бутиловый спирт	80,00
Высокотоксичная металлоорганика, пестициды, анилин, фенолы и др.	200,00

Пример. Определить экономическую оценку ущерба от загрязнения водоемов сбросами вредных веществ в регионе за три года, если известно, что на территории рассматриваемого региона находятся следующие водные объекты: Финский залив, реки Нева и Нарва. Приоритетные загрязняющие вещества указаны в табл. 8.7. Выяснить, как изменяется величина экономической оценки ущерба от загрязнения водоемов.

Таблица 8.7

Исходные данные для расчета

Наименование загрязняющего вещества	Объемы сбросов по годам, т		
	1998	1999	2000
Нитраты	160	130	90
БПК полн.	254	306	300
Нефть и нефтепродукты	380	240	290
Фосфор	586	490	308

Для решения данной задачи необходимо из нормативных таблиц найти коэффициенты приведения к монозагрязнителю. Эти коэффициенты следует перемножить на объемы сбросов и результаты произведения сложить. Таким образом будет получена величина загрязнения водных объектов с учетом вредности (в виде «монозагрязнителя») в водных усл. т. Результаты такого расчета приведены в табл. 8.8. Поскольку никаких данных, уточняющих загрязнение отдельных водоемов и водохозяйственных участков рек нет, то значение показателя относительной опасности загрязнения водоемов в данном регионе следует рассчитать как среднее арифметическое коэффициентов для разных водоемов, находящихся на территории региона.

Таблица 8.8

Расчет загрязнения в виде «монозагрязнителя»

Наименование загрязняющего веществ	Коэффициент приведения	Приведенные объемы сбросов по годам, усл. т		
		1996	1997	1998

Нитраты	12,50	2000	1625	1125
БП полн.	1,00	254	306	300
Нефть и нефтепродукты	15,00	5700	3600	4350
Фосфор	2,00	1172	980	616
Объем сбросов с учетом вредности (в виде «монозагрязнителя»)	9126	6511	6391	

$$= (1,8 + 1,6 + 1,4) / 3 = 1,6.$$

Допустив, что $p=6000$ руб./усл.т (в ценах после 1.01.98) получаем следующие значения годовых экономических оценок ущерба от загрязнения водоемов в регионе:

$$Z_{\text{водн.}}(1998) = 87,60 \text{ млн руб.}; \quad Z_{\text{водн.}}(1999) = 62,50 \text{ млн руб.};$$

$$Z_{\text{водн.}}(2000) = 61,35 \text{ млн руб.}$$

Расчеты показывают, что величина ущерба от загрязнения водных объектов постоянно снижалась, причем годовое снижение ущерба в 1999 г. составило 25,1 млн. руб., а в 2000 г. – 1,15 млн руб.

8.4 Экономическая оценка ущерба от загрязнения земель

Ущерб от ухудшения и разрушения почв и земель под воздействием антропогенных факторов выражается прежде всего в деградации почв и земель, загрязнении земель химическими веществами, захламлении земель несанкционированными свалками, другими видами несанкционированного размещения отходов.

Экономическая оценка величины ущерба от деградации почв и земель определяется по формуле:

$$Y_{\text{зем}} = H_c \cdot S \cdot K_э \cdot K_{\text{ос}},$$

где H_c – норматив стоимости земель, тыс.руб./га (табл.8.9); S – площадь почв и земель, деградировавших в отчетном периоде времени, га; $K_э$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории (табл. 8.10); $K_{\text{ос}}$ – коэффициент для особо охраняемых территорий (табл. 8.11).

Таблица 8.9

Нормативы стоимости освоения новых земель взамен изымаемых сельскохозяйственных угодий для несельскохозяйственных нужд

Типы и подтипы изымаемых сельскохозяйственных угодий	Руб./га
I зона Республики Карелия, Коми; Архангельская, Мурманская области; Ненецкий АО	127
II зона Республики Марий-Эл, Удмуртская; Брянская, Владимирская, Вологодская, Ивановская, Калужская, Тверская, Кировская, Костромская, Новгородская, Пермская, Псковская, Смоленская, Ярославская области; Коми-Пермяцкий АО	124

III зона Чувашская Республика Чаваш; Нижегородская Орловская, Рязанская, Тульская области	156
IV зона Республики Мордовия, Татарстан; Белгородская, Воронежская, Самарская, Курская, Липецкая, Пензенская, Тамбовская, Ульяновская области	206
V зона Республика Калмыкия Хальмг-Тангч, Астраханская Волгоградская, Саратовская области	174
VI зона Республика Адыгея, Краснодарский край	270
VII зона Республики Дагестан, Ингушская, Кабардино-Балкарская, Карачаево- Черкесская, Северная Осетия, Чечня; Ставропольский край; Ростовская область	259
VIII зона Республика Башкортостан, Курганская, Оренбургская, Свердловская, Челябинская области	147
IX зона Республика Алтай, Алтайский край, Новосибирская, Омская, Томская и Тюменская области; Ханты-Мансийский, Ямало-Ненецкий АО	177
X зона Республики Бурятия, Тува, Хакасия; Красноярский край; Иркутская, Читинская области; Агинский Бурятский АО, Таймырский (Долгано- Ненецкий АО, Усть- Ордынский Бурятский АО, Эвенский АО)	188
XI зона Республика Саха (Якутия); Приморский, Хабаровский края; Камчатская, Магаданская, Сахалинская области; Еврейская АО, Корякский АО, Чукотский АО	51
XII зона Калининградская, Ленинградская области и г. Санкт-петербург	81
XIII зона Московская область и г. Москва	130

Таблица 8.10

**Коэффициенты (K_3) экологической ситуации
и экологической значимости территории**

Экономические районы Российской Федерации	K_3
--	-------

Северный	1,4
Северо-Западный	1,3
Центральный	1,6
Волго-Вятский	1,5
Центрально-Черноземный	2,0
Поволжский	1,9
Северо-Кавказский	1,9
Уральский	1,7
Западно-Сибирский	1,2
Восточно-Сибирский	1,1
Дальневосточный	1,1

Таблица 8.11

Коэффициенты (K_n) для особо охраняемых территорий

Почвы и земли в пределах особо охраняемых территорий	K_n
Земли природно-заповедного фонда	3
Земли природоохранного, оздоровительного и историко-культурного назначения	2
Земли рекреационного назначения	1,5
Прочие земли	1,0

Экономическая оценка ущерба от загрязнения земель химическими веществами проводится по формуле:

где S_i – площадь земель, загрязненных химическим веществом i -го вида в отчетном году, га; $K_{хим}$ – повышающий коэффициент при загрязнении земель несколькими (n) химическими веществами

Экономическая оценка ущерба от захламления земель несанкционированными свалками производится по формуле:

где S_j – площадь земель, захламленных в отчетном периоде отходами j -ого вида, га.

Экономическая оценка ущерба от загрязнения окружающей среды предполагает денежную оценку негативных изменений в окружающей среде. Экономическая оценка ущерба от загрязнения окружающей природной среды складывается из следующих затрат: дополнительных затрат общества в связи с изменениями в окружающей природной среде; затрат на возвращение окружающей природной среды в прежнее состояние; дополнительных затрат будущего общества в связи с безвозвратным изъятием части дефицитных ресурсов. При оценке ущерба окружающей природной среде учитываются затраты на снижение загрязнений; затраты на восстановление окружающей среды; дополнительные затраты из-за изменения качества окружающей среды; затраты на компенсацию риска для здоровья людей; затраты на дополнительный природный ресурс для обезвреживания потока загрязнителей.

Экономическая оценка ущерба от загрязнения окружающей среды рассчитывается по видам загрязнений: от загрязнения атмосферного воздуха, загрязнения водной среды, захламления и загрязнения земель, загрязнения окружающей среды физическими факторами. Особенным образом определяется экономическая оценка ущерба биоресурсам.

