

Международный консорциум «Электронный университет»

*Московский государственный университет
экономики, статистики и информатики*

Евразийский открытый институт

Кафедра Естествознания, физики и электроники

С.И. Алексеев

Экология

Москва, 2006

УДК – 502
ББК – 20.1
А – 474

Алексеев С.И. ЭКОЛОГИЯ. – М.: Московский государственный университет экономики, статистики и информатики. 2006. – 119 с.

© Алексеев С.И., 2006
© Московский государственный университет
экономики, статистики и информатики, 2006

Содержание

Список используемых сокращений	4
Предисловие	5
Тема 1. Экологическая политика РФ	6
Тема 2. Экосистемный подход к описанию природных процессов.....	12
Тема 3. Энергетика экосистемы.....	22
Тема 4. Биоэнергетические циклы	26
Тема 5. Биотические компоненты экосистем.....	40
Тема 6. Абиотические компоненты экосистем	48
Тема 7. Современное состояние природных систем Земли	52
7.1. Проблемы гидросферы	52
7.2. Проблемы атмосферы	61
7.3. Проблемы литосферы	67
Тема 8. Экологические проблемы РФ	70
8.1. Проблемы воды	71
8.2. Проблемы почвы.....	73
8.3. Проблемы леса	73
8.4. Проблемы энергоресурсов	74
8.5. Региональные экологические проблемы	75
Тема 9. Мониторинг экосистем	82
Тема 10. Глобальные модели	94
10.1. Научное прогнозирование	94
10.2. Глобальные прогнозы 80-х гг.	96
10.3. Компьютерное моделирование.....	99
Глоссарий	102
Литература	111
Темы рефератов.....	113
Список вопросов по предмету.....	115
Контрольные вопросы	118

Список используемых сокращений

РФ	Российская Федерация
ПХД	Производственно-хозяйственная деятельность
ЧС	Чрезвычайная ситуация
ЖКХ	жилищно-коммунальное хозяйство
ОС	окружающая среда
ЧПП	чистая первичная продукция
ООН	Организация Объединенных Наций
БЭР	биологический эквивалент рентгена
ТЭС	тепловая электрическая станция
АЭС	атомная электрическая станция
ЧАЭС	Чернобыльская АЭС
ПДК	предельно допустимая концентрация
ПДК _{рз}	ПДК в рабочей зоне
ПДК _{мр}	ПДК максимальная разовая
ПДК _{сс}	ПДК среднесуточная
ПДК _в	ПДК в воде
ПДК _{вр}	ПДК в воде для рыболовства
БПК	биологическая потребность в кислороде
ХПК	химическая потребность в кислороде
ПДК _п	ПДК в пахотном слое почвы
ПДК _{пр}	предельно-допустимая ПДК
ДОК	допустимое остаточное количество
ВДК	временно-допустимая концентрация
ОБУВ	ориентировочно безопасный уровень воздействия
ПДВ	предельно-допустимый выброс
ПДУ	предельно-допустимый уровень
ПДС	предельно-допустимый сброс
СЗЗ	санитарно-защитная зона
МПР	министерство природы России
ЕГСЭМ	единая государственная система экологического мониторинга
ПЭМ	производственный экологический мониторинг
ЦСИ	центр сбора и предварительного анализа информации
ЦСПП	центр сбора, анализа информации и планирования природоохранной деятельности
РИАЦ	региональный информационно-аналитический центр
ОИАЦ	отраслевой информационно-аналитический центр
ГИС	географические информационные системы
БД	базы данных
ВНП	валовый национальный продукт

Предисловие

Предметом данного курса является изучение:

- экологического подхода к анализу процессов в биосфере, его концепций, основных понятий и законов;
- сведений о состоянии природных систем и регионах с очень острой экологической ситуацией;
- сведений о мониторинге окружающей среды, его ступенях и системах;
- способов улучшения качества окружающей среды и основ экологического права;
- методов моделирования экосистем, анализа динамики и устойчивости процессов в экосистемах.

Задачи дисциплины «Экология»:

- изучение основных терминов и понятий экологии;
- изучение особенностей экосистемного подхода к описанию природных процессов;
- изучение современного состояния природных систем Земли;
- изучение региональных экологических проблем;
- изучение методов решения экологических проблем;
- изучение глобальных моделей и вариантов будущего мира.

Целью изучения курса экологии является формирование у будущих специалистов знаний о фундаментальных экологических закономерностях, необходимых для принятия различного рода решений; уяснение особенностей экологии как науки, сформировавшейся и базирующейся на соединении биологических концепций с концепциями, методами и инструментами физики, химии, математики, информатики и других естественных наук.

Тема 1.

Экологическая политика РФ



Понятие экологии. Направления экологии. Предмет и задачи курса. Цель изучения курса. Экологическая политика РФ. Факторы дестабилизации природной среды. Стратегическая цель государственной экологической политики РФ. Задачи, принципы, направления экологической политики РФ и средства обеспечения ее реализации.

Мы живем в эпоху кризиса трех «Э» – экономика, энергетика, экология, – каждое из которых является важнейшим объектом жизнедеятельности человека и поэтому требует изучения.

Экологический кризис все более препятствует переходу человечества к устойчивому развитию: сокращение природного капитала планеты, сопровождающееся ростом социального неравенства, загрязнение окружающей среды и рост экологически обусловленных нарушений здоровья населения. Значительную часть беженцев составляют люди, спасающиеся от экологических катастроф.

Термин «экология» (от греч. «oikos» – дом, жилище; «logos» – учение) был предложен в 1866 г. немецким ученым Э. Геккелем для обозначения одного из разделов биологической науки, изучающего взаимоотношения растений и животных со средой обитания. В дальнейшем этот термин приобрел более широкое значение. Свое развитие как отдельная наука экология получила в XX веке, когда воздействие человека на природу стало так велико, что потребовало детального изучения законов взаимодействия человека и природы.



Определение

Современная всеобщая экология – это научное направление, рассматривающее некую значимую совокупность природных и отчасти социальных явлений и предметов.

В настоящее время экология разделилась на ряд научных отраслей и дисциплин, подчас далеких от первоначального понимания экологии как биологической науки об отношениях живых организмов с окружающей средой. Однако в основе всех современных направлений экологии лежат фундаментальные идеи *биоэкологии*.



Определение

В свою очередь биоэкология сегодня – это тоже совокупность различных научных направлений. Так например, выделяют *аутэкологию*, исследующую индивидуальные связи отдельного организма со средой; *популяционную экологию*, занимающуюся отношениями между организмами, которые относятся к одному виду и живут на одной территории; *синэкологию*, комплексно изучающую группы, сообщества организмов и их взаимосвязи в природных системах (экосистемах).

Выделяется экология *теоретическая*, вскрывающая общие законы жизни, и экология *прикладная*, призванная помочь применить эти законы в хозяйственной практике людей.

Прикладная экология, основанная прежде всего на разных отраслях биологии, тесно связана с другими естественными науками – физикой, химией, геологией, географией, математикой. К современным ее направлениям относятся учение о биосфере (теоретическое направление), географическая экология, экология промышленная (инженерная), экология сельскохозяйственная, экология человека (социальная), которые составляют прикладную экологию, и в свою очередь разделяются на более узкие направления.

Современная кризисная ситуация требует экологизации всех наук и сфер человеческой деятельности, то есть учета законов и требований экологии.

Прикладная экология, кроме того, неотделима от морали, права, экономики, так как только в союзе с ними можно коренным образом изменить отношение людей к природе.

Экологическая политика РФ

Без РФ невозможно решение глобальных и региональных экологических проблем благодаря ее размерам, значительной доли территории с ненарушенными природными системами, природно-охранному опыту и природно-ресурсному, интеллектуальному и промышленному потенциалам.

К числу основных глобальных факторов дестабилизации природной среды, которые либо проявляются в РФ, либо оказывают на нее негативное воздействие, относятся:

- *ресурсный фактор* (рост потребления природных ресурсов при их сокращении);
- *демографический фактор* (рост населения планеты при сокращении пригодных для обитания территорий);
- *биосферный фактор* (деградация основных компонентов биосферы, в результате чего снижается способность природы к самоподдержанию и обеспечению существования человеческой цивилизации);
- *климатический фактор* (возможные изменения климата и истощение озонового слоя Земли);
- *биологический фактор* (сокращение биологического разнообразия);
- *фактор ущерба* (возрастание экологического ущерба от стихийных бедствий и техногенных катастроф);
- *фактор координации* (недостаточный уровень координации действий мирового сообщества в области решения экологических проблем).

К числу основных факторов дестабилизации природной среды, которые проявляются в РФ, относятся:

- *экономический фактор* (чрезмерная зависимость экономики от природных ресурсов);
- *фактор законности* (высокая доля «теневой» экономики в использовании природных ресурсов);
- *фактор эффективности* (неэффективные механизмы природопользования и охраны окружающей среды);

- *фактор менеджмента* (резкое сокращение управленческих (прежде всего контрольных) функций государства в области природопользования и охраны окружающей среды);
- *фактор уровня организации и производства* (низкий организационный и технологический уровень производства и ЖКХ);
- *фактор изношенности* (высокая степень изношенности основных фондов);
- *фактор кризиса* (последствия экономического кризиса);
- *фактор жизненного уровня* (снижение уровня жизни населения);
- *фактор культуры* (низкий уровень культуры населения);
- *фактор сознания* (низкий уровень экологического сознания);
- *фактор образования* (низкий уровень экологического образования).

Стратегическая цель государственной экологической политики РФ

Стратегической целью экологической политики РФ является поддержание целостности природных систем и их жизнеобеспечивающих функций для стабильного развития общества, здоровья населения и обеспечение экологической безопасности страны.

Задачи государственной экологической политики РФ:

- сохранение и восстановление природных систем, их биологического разнообразия и способности к саморегуляции;
- обеспечение устойчивого природопользования;
- обеспечение равного доступа к природным ресурсам;
- обеспечение благоприятного состояния окружающей среды.

Принципы государственной экологической политики РФ:

- *принцип развития* (невозможно развитие человеческого общества при деградации природы);
- *принцип распределения* (справедливое распределение природных благ);
- *принцип равенства* (равный доступ к природным ресурсам)
- *принцип приоритетности* (при использовании природных ресурсов приоритетным является поддержание жизнеобеспечивающих функций биосферы);

- *принцип упреждающего действия* (предотвращение негативных экологических последствий различных видов ПХД до их реализации);
- *принцип предосторожности* (отказ от ПХД, связанной с воздействием на природные системы, последствия которой непредсказуемы или недостаточно надежно спрогнозированы);
- *принцип возмещения* (любой ущерб, нанесенный природным системам, должен быть возмещен);
- *принцип платности* (любое природопользование должно быть платным);
- *принцип открытости* (экологическая информация должна быть открытой для населения);
- *принцип демократизма* (участие гражданского населения в подготовке, обсуждении, принятии решений и их реализации).

Направления экологической политики РФ:

- сохранение и восстановление природной среды, а именно биологического и ландшафтного разнообразия, достаточного для саморегуляции природных систем;
- устойчивое природопользование: неистощимое использование возобновимых и рациональное использование невозобновимых природных ресурсов;
- предотвращение и снижение экологических последствий чрезвычайных ситуаций: выявление и минимизация экологических рисков для природной среды и здоровья населения, связанных с ЧС природного и техногенного характера;
- предотвращение распространения чужеродных видов и генетически измененных организмов (контроль за их ввозом и распространением на территории страны);
- предотвращение экологического терроризма (террактов, вызывающих ухудшение экологической обстановки и деградации природной среды) и ликвидация его последствий.

Средства обеспечения реализации экологической политики РФ:

- развитие системы государственного управления охраной ОС и природопользованием;
- нормативно-правовое обеспечение экологической политики;

- экономические и финансовые механизмы;
- экологический мониторинг и информационное обеспечение;
- научное обеспечение;
- экологическое воспитание и просвещение;
- развитие гражданского общества как условие реализации государственной экологической политики;
- территориальная экологическая политика;
- международное сотрудничество.

Тема 2.

Экосистемный подход к описанию природных процессов



Понятие экосистемы. Схема экосистемы. Структура экосистемы. Типы совокупностей организмов. Уровни организации материи. Типы экосистем. Компоненты экосистем. Взаимодействие компонентов. Трофические уровни. Пищевые цепи. Питательные вещества и их виды. Гипотеза Геи. Устойчивость экосистем. Принцип Ле Шателье. Стресс. Стрессоры. Правило стабильности экосистемы. Динамика экосистем. Сукцессии.

Ключевым понятием экологии является понятие «**экосистема**». Экосистема представляет собой совокупность организмов, взаимодействующих между собой и с окружающей средой.

Любая экосистема состоит из двух блоков: один блок представлен комплексом взаимосвязанных живых организмов (биоценозом), а второй – факторами среды (биотопом или экотопом). В.Н. Сукачев разработал схему экосистемы (биогеоценоза), представленную на рис. 1.

Схема состоит из элементов (блоков и звеньев). Звено схемы является предельным элементом деления. Блок схемы состоит из звеньев. Представленная схема содержит два блока (биотоп, биоценоз) и шесть звеньев (гидротоп, климатоп, эдафотоп, фитоценоз, зооценоз, микробиоценоз).

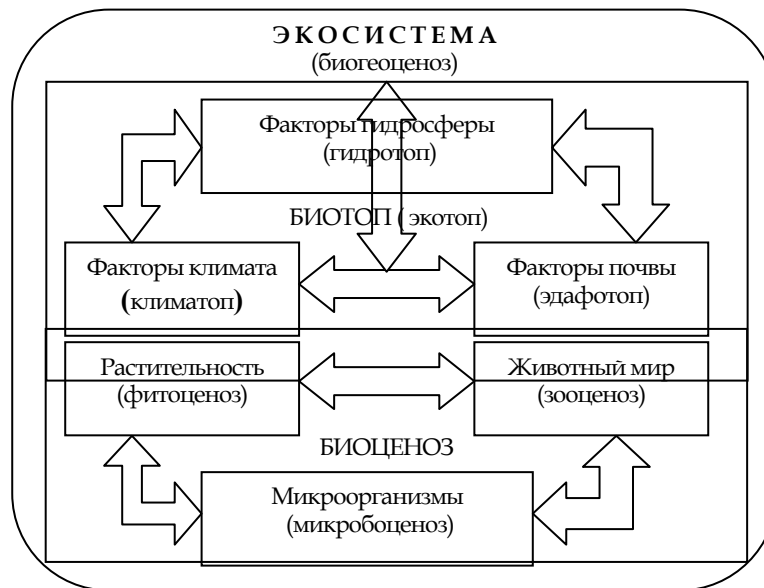
Биогеоценоз включает все представленные в схеме блоки и звенья. В то же время экосистема может не содержать некоторые элементы: например, экосистема «ствол дерева (в стадии разложения)» не включает звенья «эдафотоп» и «фитоценоз». Существование экосистемы без растений, подпитывающих энергетику экосистемы, со временем прекращается. Биогеоценоз в этом смысле является потенциально бессмертным.



В качестве совокупностей организмов выделяют вид, популяцию и сообщество. **Вид** – это совокупность особей, способных скрещиваться между собой в естественных условиях. Виды, явно преобладающие по численности в экосистеме называют **доминантами**. Также в экосистемах выделяют виды, которые являются основными образователями среды. Такие виды называют **эдификаторами**. **Популяция** – группа организмов одного вида, проживающих на одной территории. **Сообщество** – совокупность живых организмов различных видов, проживающих на одной территории.

При рассмотрении экосистем применяют среднегрупповые статистические характеристики, используя вероятностное оценивание. Место организма в природной системе и его жизнедеятельность, включающая отношения к факторам окружающей среды, видам пищи, времени и способу питания, местам охоты, размножения, укрытия и т. п., называют **экологической нишей**. Содержание понятия «экологическая ниша» значительно превосходит содержание понятия «местообитание». Согласно Ю. Одуму **местообитание** – это «адрес» организма, а экологическая ниша – его «профессия».

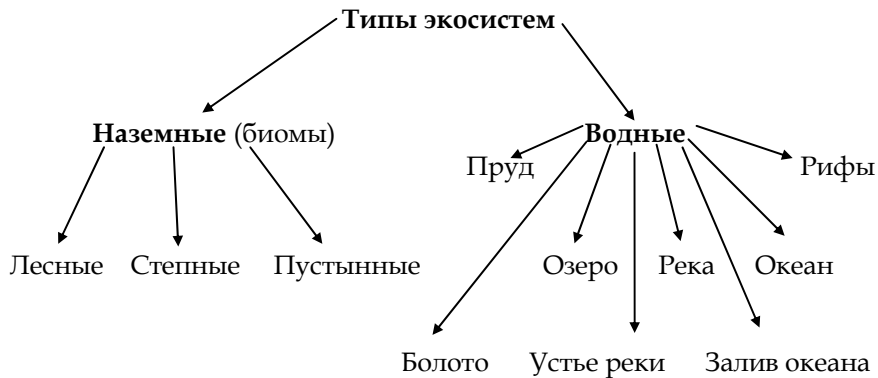
Рис. 1. Экосистема



Область экологии распространяется на живые организмы, представленные в иерархической структуре организации материи, начиная с уровня отдельного организма (нижний уровень) и заканчивая экосферой (верхний уровень).

Различают следующие типы экосистем: наземные и водные экосистемы, эстуарии и экотоны.

Рис. 2. Типы экосистем



Определение

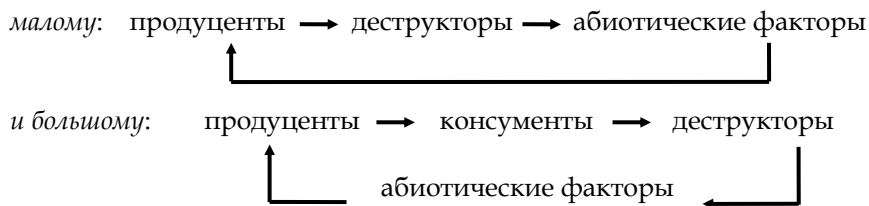
Экотон представляет собой переходную область между двумя экосистемами, а **эстуарии** – область, где морская вода встречается с речной. Эти разновидности экосистем отличаются большим разнообразием видов живых организмов.

Экосистемы имеют в своем составе *биотические* (живые организмы) и *абиотические* (факторы среды) компоненты (см. рис. 3).

Рис. 3. Компоненты экосистем



Взаимодействие компонентов экосистем осуществляется по двум циклам:

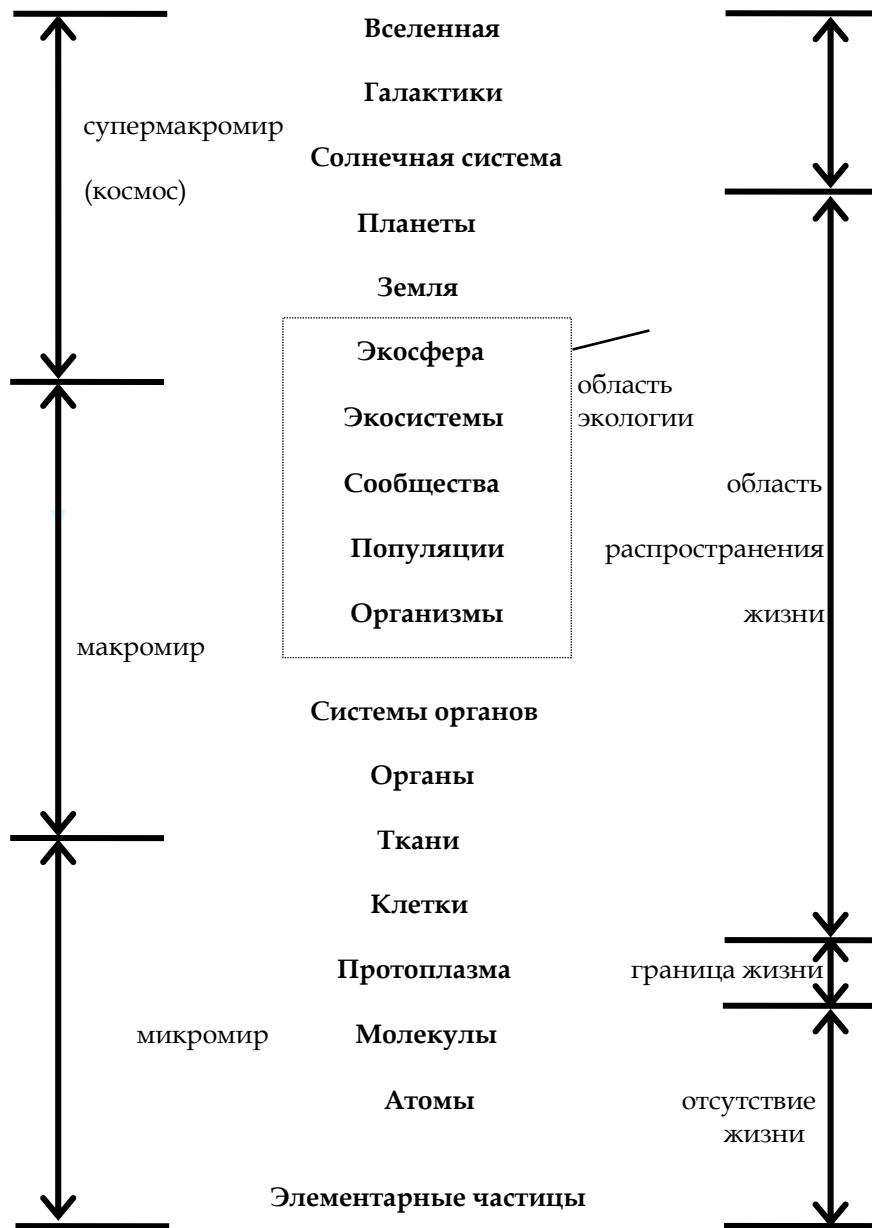


Любой этап взаимодействий сопровождается потреблением и преобразованием солнечной энергии, а также выделением тепловой энергии в окружающую среду.

Взаимосвязи между организмами классифицируются по «интересам», на базе которых организмы строят свои отношения. Самые распространенные типы связей строятся:

- на интересах питания: организм питается другим организмом или продуктами жизнедеятельности (трофический тип);
- на использовании местообитаний: связи возникают между организмами, жизнедеятельность которых протекает в одном месте (топический тип);
- на транспортных интересах: один организм переносит другой организм или его зачатки (форический тип);
- на производственных интересах: одни организмы пользуются продуктами жизнедеятельности других организмов для строительства гнезд или убежищ (фабрический тип).

Рис. 4. Уровни организации материи



Взаимоотношения между организмами классифицируются по принципу влияния одних организмов на другие в процессе их контакта. Различают следующие типы взаимоотношений: симбиоз, или мутуализм (отношения выгодны обоим участникам), хищничество и паразитизм (отношения выгодны одному из участников и невыгодны другому), конкуренция (отношения невыгодны обоим участникам), комменсализм (отношения выгодны одному из участников, а другому безразличны), аменсализм (отношения невыгодны одному из участников, а другому безразличны), нейтрализм (организмы сосуществуя практически не влияют друг на друга). Взаимоотношения между организмами в экосистемах можно также представить в виде следующей таблицы (где «+» означает выгоду, «-» – невыгоду, «0» – безразличие):

Таблица 1

Типы взаимоотношений между организмами

Тип взаимоотношений	Выгода одному	Выгода другому
<i>симбиоз или мутуализм</i>	+	+
<i>хищничество и паразитизм</i>	+	-
<i>конкуренция</i>	-	-
<i>комменсализм</i>	+	0
<i>аменсализм</i>	-	0
<i>нейтрализм</i>	0	0

При изучении структуры экосистем наибольшее внимание уделяется анализу трофических (пищевых) связей между популяциями живых организмов. Различают два трофических уровня:

- *автотрофный* (верхний уровень), характерный для растений, которые на основе фотосинтеза простые неорганические вещества преобразуют в сложные органические соединения;
- *гетеротрофный* (нижний уровень) характерный для животных, которые преобразуют и разлагают сложные органические соединения в простые.

В экосистемах происходит постоянное взаимодействие автотрофных и гетеротрофных подсистем, что приводит к круговороту веществ в природе.

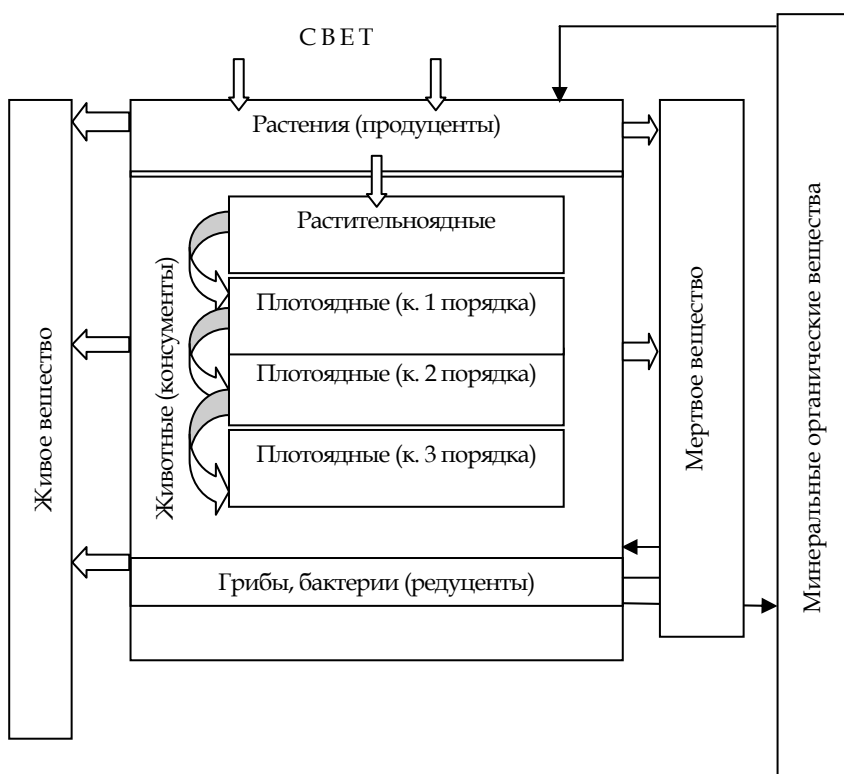
Питательные вещества принято делить на микроэлементы (Fe, Cu, Zn, Cl, J) и макроэлементы (C, O, H, N, P, S, Ca, Mg, K), ко-

торые требуются организму соответственно в малых и больших количествах.

Функциональная структура экосистемы (цепь питания) и круговорот веществ в ней представлена на рис. 5.

Главное свойство цепи питания – осуществление биологического круговорота веществ и высвобождение запасенной в органическом веществе энергии. Цепь питания может быть неполной: в ней могут отсутствовать растения (детритная цепь) или деструкторы (пастбищная цепь). Экосистемы с более длинными цепями питания являются более надежными и устойчивыми, в таких экосистемах круговорот веществ также более интенсивен.

Рис. 5. Функциональная структура экосистемы



Взаимодействие между частями и целым в экосистемах исследуется двумя путями:

- изучение свойств отдельных частей и перенос их свойств на свойства целого;
- изучение системы в целом.

Первый путь эффективен в том случае, если удастся разделить систему на отдельные независимые части.

Исследование свойств системы как целого необходимо потому, что эти свойства могут отсутствовать у частей системы (в соответствии с принципом системной эмерджентности) и в силу этого не могут быть определены.

Экосистема – открытая система, поэтому живые организмы и окружающая среда оказывают взаимное влияние друг на друга, обмениваясь веществом и энергией.

Самая большая экосистема Земли – биосфера – также является продуктом жизнедеятельности организмов. Существуют различные гипотезы о том, что образовалось раньше: атмосфера, обогащенная кислородом или живые организмы. Согласно гипотезе Геи, выдвинутой в 1970 году физиком Джеймсом Лавлоком и микробиологом Линн Маргулис, образование кислорода в атмосфере в целом явилось результатом жизнедеятельности простейших живых организмов, которые в анаэробных (бескислородных) условиях стали выделять в окружающее пространство кислород. Эта гипотеза подтверждается многочисленными фактами из истории развития органического мира, хотя и противоречит традиционной гипотезе о том, что жизнь на Земле возникла лишь после того, как сформировалась атмосфера с достаточным для существования живых организмов содержанием кислорода.

Обмен энергией и веществом между экосистемой и средой проявляется в усвоении абиотических (неорганических) и биотических (органических) факторов среды. Процессы обмена в целом носят устойчивый характер и соответствуют принципу *гомеостаза*, сформулированному американским физиологом Уолтером Кенноном, согласно которому все важнейшие параметры системы поддерживаются на постоянном уровне, благодаря наличию в системе обратных связей. Принцип гомеостаза, примененный к биосфере, означает, что природные системы способны поддерживать устойчивое динамическое равновесие, испытывая давление со стороны живых организмов (в частности антропогенное давление).

Различают следующие виды устойчивости экосистем:

- *инертность* (выносливость) экосистемы – способность живых систем сопротивляться различным нарушениям или изменениям;
- *упругость* экосистемы – способность живых систем самовосстанавливаться после действия внешних нарушений (при условии, что они не были катастрофическими);
- *постоянство* экосистемы – способность живых систем сохранять свои размеры.



В природных экосистемах выполняется принцип Ле Шателье: при возникновении внешних возмущений, нарушающих состояние окружающей среды, в биоте должны возникать процессы, компенсирующие это возмущение.

Реакцию живых организмов на любое сильное воздействие называют *стрессом*

(от англ. «напряжение»). *Стрессоры* – факторы приводящие организмы в состояние стресса.

К стрессорам относятся:

- резкое изменение температуры;
- радиоактивное излучение;
- шумовое загрязнение;
- голодание.

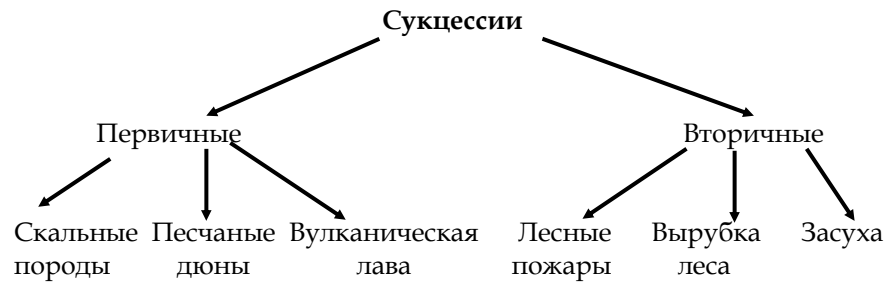
Правило стабильности экосистемы: *чем выше видовое разнообразие экосистемы, тем выше стабильность экосистемы*, т. к. такая экосистема имеет больше способов реагировать на различные стрессы.

При анализе динамики экосистем используется понятие сукцессии экосистем.



Сукцессии («наследование» при биологическом развитии) – процесс, при котором сообщества видов растений и животных замещаются с течением времени серией различных и, как правило, более сложных сообществ. Иными словами, **сукцессия** – это последовательная смена биоценозов, преемственно возникающих на одной и той же территории в результате влияния природных или антропогенных факторов.

Рис. 6. Виды сукцессий



Первичные сукцессии развиваются в течение нескольких сотен лет на участках, лишенных почв; *вторичные* – в пределах ста лет на участках с нарушениями почвы.

Тема 3.

Энергетика экосистем



Энергия космоса и Земля. Роль Солнца. Основные потребители солнечной энергии на Земле. Фотосинтетически активная радиация. Фотосинтез. Энергетические факторы, определяющие возможность жизни на Земле. Хемосинтез. Трофическая структура и экологические пирамиды. Закон пирамиды энергий. Правило биологического усиления. Правило «метаболизм и размеры особей».

Живым организмам для осуществления процессов жизнедеятельности постоянно требуется подпитка энергией. Солнце ее обеспечивает. Энергия солнечной радиации, достигающая земной поверхности, расходуется на следующие процессы:

Нагревание (42%);
Испарение (23%);
Ветер и волны (1%);
Фотосинтез (0,023%).

При этом 34% энергии отражается обратно в Космос.

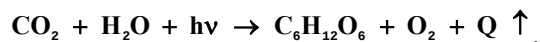
При фотосинтезе связывается только энергия с определенными длинами волн: 380-710 нм, которую называют фотосинтетически активной радиацией (ФАР). Спектр ФАР близок к спектру видимой части спектра:

Таблица 2

Цвет	Границы, нм	Цвет	Границы, нм
Фиолетовый	380-450	Желто-зеленый	550-575
Синий	450-480	Желтый	575-585
Голубой	480-510	Оранжевый	585-620
зеленый	510-550	красный	620-760

Энергия ФАР составляет около 40% солнечной радиации, достигающей земной поверхности.

Растения являются первичными поставщиками энергии для других организмов в цепях питания. Процесс фотосинтеза состоит в том, что в результате сложных химических реакций такие вещества, как вода и диоксид углерода, соединяются в молекулы сахара (в частности глюкозы) с выделением свободного кислорода:



Суть фотосинтеза – в увеличении свободной энергии в органическом веществе за счет преобразования энергии фотона солнечного света в энергию химических связей органического вещества.

Итак, растения непрерывно усваивают из атмосферного воздуха огромное количество диоксида углерода, стабилизируя газовый баланс атмосферы. Общее количество запасаемой растениями энергии ежегодно оценивается величиной $2 \cdot 10^{20}$ МДж.

Следовательно, *первым важнейшим энергетическим фактором, определяющим возможность жизни на Земле, является солнечная энергия.*

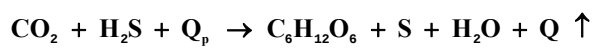
Кроме того, синтез органического вещества может осуществляться бактериями. Источником углерода для них является диоксид углерода, восстанавливающийся за счет молекулярного водорода или водорода, входящего в состав сероводорода. Считается, что фотосинтез бактерий был первичным биологическим процессом на Земле. Синтез органического вещества может осуществляться бактериями как с использованием солнечного света, так и без него.



Определение

Процесс синтеза органического вещества без участия солнечного света называется **хемосинтезом**.

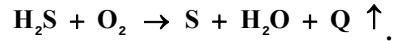
В случае хемосинтеза поставщиком энергии (Q_p), требуемой для протекания реакции, является тепло. Кислород в реакциях хемосинтеза не выделяется:



Особую группу бактерий, участвующих в процессах хемосинтеза (так называемых хемосинтетиков), образуют *нитрифицирующие бактерии*. Они получают необходимую энергию за счет окисления аммиака до азотистой кислоты:



Некоторые сине-зеленые водоросли синтезируют углеводы в отсутствии солнечного света, получая энергию за счет окисления сероводорода до серы:



Последние две реакции определяют источник тепловой энергии для процессов хемосинтеза.

Итак, *вторым важнейшим энергетическим фактором, определяющим возможность жизни на Земле является тепловая энергия.*

Организм, получая энергию, расходует ее или накапливает внутри себя. Мерой накопления энергии в организме является его вес. В различные периоды жизнедеятельности количество энергии, расходуемое организмом, различно: в период роста, беременности и т. п. траты энергии минимальные, в период зрелости – максимальные. Выделение энергии с экскрементами возрастает от консументов высших порядков до продуцентов и достигает у гусениц некоторых насекомых порядка 70%. В среднем наибольшее количество энергии расходуется на дыхание (сюда в конечном итоге следует отнести процессы поддержания жизнеспособности организма), которое в сумме с неувоенной организмом пищей составляет около 90%, что определяет правило перехода энергии между трофическими уровнями – *правило десяти процентов, или закон пирамиды энергий*, сформулированный в 1942 году Р. Линдеманом. Согласно этому закону, с одного трофического уровня экологической пирамиды переходит на другой, более высокий ее уровень (по «лестнице»: продуцент-консумент-редуцент) в среднем около 10% поступившей на предыдущий уровень экологической пирамиды энергии.

Обратный поток, связанный с потреблением веществ и энергии верхнего уровня экологической пирамиды нижними уровнями, намного слабее и составляет менее 0,5%. Поэтому говорить о круговороте энергии в биоценозе не приходится.

В соответствии с законом пирамиды энергий энергетическая ценность животной пищи на порядок выше энергетической ценности растительной пищи.

Приведенное правило также лимитирует количество трофических уровней в цепях питания, которое обычно не превосходит 4-5.

Наибольшие потери энергии происходят при переходе с первого трофического уровня на второй: от растений к травоядным животным.

Для повышения К.П.Д. использования пищи можно сократить основную составляющую нерационального использования

энергии – затраты на дыхание. Это достигается уменьшением двигательной активности животных, обеспечением стабильных параметров микроклимата их содержания, снижением числа пищевых добавок, вызывающих аппетит.

Если энергия при переходе на более высокий уровень экологической пирамиды десятикратно теряется, то накопление веществ, в том числе токсичных и радиоактивных, увеличивается в примерно такой же пропорции. Этот факт зафиксирован в *правиле биологического усиления*. Величины потребленной энергии и накопленной массы веществ на различных уровнях экологической пирамиды находятся в *обратнопропорциональной зависимости*. Таким образом, переходу с более высокого энергетического уровня на более низкий соответствует переход с более низкого уровня накопленной массы веществ на более высокий, т. е. пирамиды энергий и вещества являются взаимно-обратными (см. рис. 7).

Рис. 7. Правило биологического усиления



При неизменном потоке энергии в пищевой цепи более мелкие организмы с высоким удельным метаболизмом создают относительно меньшую биомассу, чем крупные, т. е. размер особи пропорционален величине накапливаемой этой особью биомассы, поскольку при измельчении особи увеличивается относительная доля энергии, затрачиваемой организмом на поддержание обмена веществ с окружающей средой. Это правило носит название «метаболизм и размеры особей», или правило Ю. Одума. Оно не реализуется в водных биоценозах, в которых мелкие водные организмы поддерживают свой обмен веществ за счет внешней энергии непосредственно окружающей их среды.

Любая относительно замкнутая биосистема с проходящим через нее потоком энергии в ходе саморегуляции развивается в сторону устойчивого состояния. Это суждение являет собой принцип стабильности, характерный не только для ценозов нижних уровней иерархии, но и для всей биосферы в целом. В соответствии с этим принципом формулируется правило биоценотической надежности: надежность ценоза зависит от его энергетической эффективности в данных условиях среды.

Тема 4.

Биогеохимические циклы



Круговорот веществ. Типы круговоротов. Круговорот углерода, азота, фосфора, серы, кислорода.

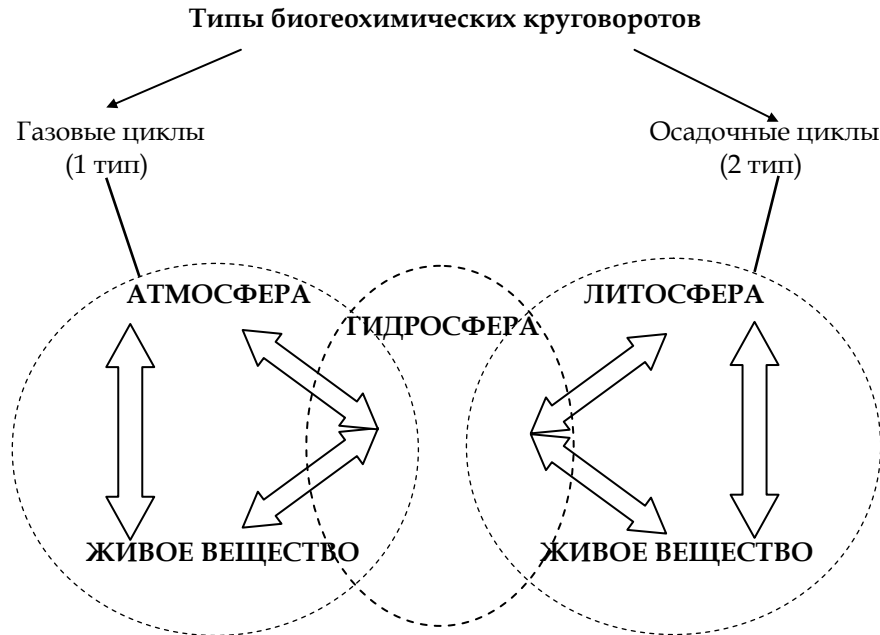
Важное свойство биосферы – наличие в ней механизмов, обеспечивающих круговорот веществ и связанную с ним неисчерпаемость отдельных химических элементов и их соединений. При отсутствии круговорота, например, за короткое время был бы исчерпан основной «строительный материал» живого – углерод, который практически единственный способен образовывать межэлементные связи и создавать огромное количество органических соединений. Только благодаря круговоротам обеспечивается непрерывность процессов в биосфере. Как отмечал академик-почвовед В. Р. Вильямс, единственный способ сделать какой-то процесс бесконечным – пустить его по пути круговоротов.

Действительно, все вещества на нашей планете находятся в процессе биогеохимического круговорота. Эти процессы идут уже сотни миллионов лет. Но поскольку Земля – конечное физическое тело, то любые химические элементы (в чистом виде или в виде соединений) так же физически конечны. За миллионы лет их ассимиляции фотосинтетиками они должны были, казалось бы, оказаться исчерпанными, полностью связанными в мертвой органике, превратиться в косную материю. Но эти процессы происходят и в настоящее время. Более того, человек постоянно стремится к их интенсификации, повышая продуктивность создаваемых им экологических систем.

Биогеохимические круговороты веществ происходят между атмосферой, литосферой, гидросферой и живыми организмами.

Существует два типа биогеохимических круговоротов: круговороты газообразных веществ и осадочные циклы (см. рис. 8).

Рис. 8. Типы биогеохимических круговоротов



Особенности биогеохимических круговоротов веществ 1-го типа:

- перемещение и преобразование веществ происходит между живыми организмами, атмосферой и гидросферой; процессы быстротечны;
- (несколько часов, дней). Основными являются круговороты следующих веществ: С, О, Н, N.

Особенности биогеохимических круговоротов веществ 2-го типа:

- перемещение и преобразование веществ происходит между живыми организмами, земной корой и гидросферой;
- процессы длятся несколько сотен, миллионов лет;
- основными являются круговороты следующих веществ: S, P.

Выделяют два основных круговорота: *большой* (геологический) и *малый* (биотический). Большой круговорот происходит в течение сотен тысяч или миллионов лет. Он заключается в том, что горные породы подвергаются разрушению, выветриванию, а продукты выветривания, в том числе растворенные в воде питательные вещества

ва, сносятся потоками воды в Мировой океан. Здесь они образуют морские напластования и лишь частично возвращаются на сушу с осадками, с извлеченными человеком из воды организмами. Крупные медленные геотектонические изменения, процессы опускания материков и поднятия морского дна, перемещение морей и океанов в течение длительного времени приводят к тому, что эти напластования возвращаются на сушу и процесс начинается вновь.

Малый круговорот является частью большого и заключается в том, что питательные вещества почвы, вода, углерод аккумулируются в веществе растений, расходуются на построение тела и осуществление жизненных процессов как их самих, так и организмов-консументов. Продукты распада органического вещества попадают в распоряжение почвенной микрофлоры и мезофауны (бактерий, грибов, червей, моллюсков, простейших и др.) и вновь разлагаются до минеральных компонентов, доступных растениям и вновь вовлекаемых ими в поток вещества.

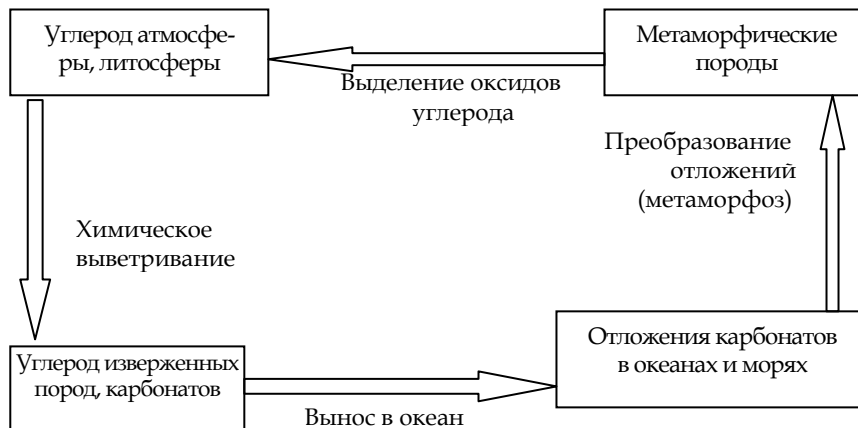


Определение

Круговорот химических веществ из неорганической среды через растительные и животные организмы обратно в неорганическую среду с использованием солнечной энергии или энергии химических реакций носит название **биогеохимического цикла**.

Круговорот углерода. Большой круговорот углерода можно представить в виде упрощенной схемы без учета вмешательства человека в этот круговорот, изображенной на рис. 9.

Рис. 9. Большой круговорот углерода (упрощенная схема)



Биотический круговорот углерода является составной частью большого круговорота и связан с жизнедеятельностью организмов. Углерод, содержащийся в виде CO_2 в атмосфере, служит сырьем для фотосинтеза растений и далее поступает вместе с веществом, в котором он аккумулирован, в пищевые цепи: в распоряжение консументов разных уровней, а далее – редуцентов. При дыхании организмов CO_2 возвращается в атмосферу. Определенная часть углерода накапливается в виде мертвой органики, частично переходит в ископаемое состояние. Так, залежи каменного угля или торфа – это органическое вещество – продукт процессов фотосинтеза растений прошлых геологических эпох. В связи с тем, что солнечную энергию, аккумулированную в ископаемом топливе, человек интенсивно высвобождает при сжигании этого топлива, возникает так называемый биолого-технический круговорот углерода, поскольку при сжигании топлива диоксид углерода дополнительно поступает в атмосферу.

Основная масса углерода аккумулирована в карбонатных отложениях дна океана, кристаллических породах, в каменном угле и нефти. Именно этот углерод принимает участие в медленном геологическом круговороте. Жизнь на Земле и газовый баланс атмосферы поддерживаются участвующими в малом круговороте относительно небольшими количествами углерода, содержащегося в растительных и животных тканях. Однако в настоящее время человек интенсивно замыкает на себя круговорот веществ, в том числе углерода. Так, например, суммарная биомасса всех домашних животных превышает биомассу диких животных.

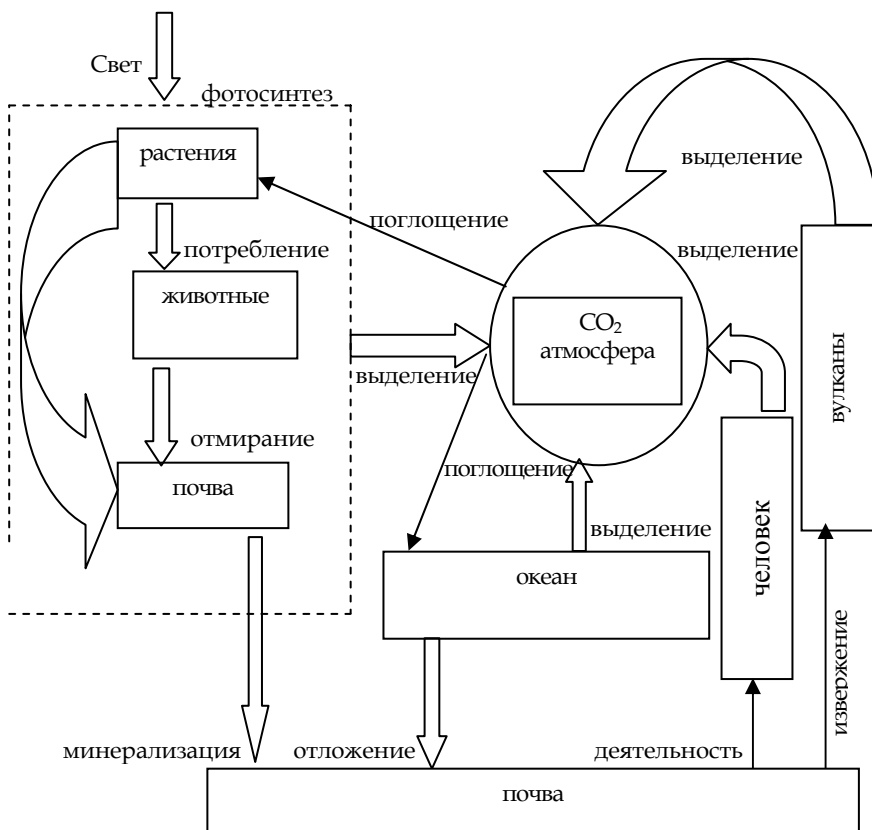
Таблица 3

Распределение углерода в биосфере

Элемент биосферы	Масса 10^{11} т	Масса %	Вид
Атмосфера	23,5		Оксиды углерода
Дно океана	130000		Карбонатные отложения
Кристаллические породы	100000		Соединения углерода
Уголь и нефть	34000		Соединения углерода
Растения	5		Соединения углерода
Животные	0,05		Соединения углерода
Всего		100	

Более детальная схема круговорота углерода с учетом солнечной активности и деятельности человека имеет следующий вид (рис. 10).

Рис. 10. Схема круговорота углерода с учетом антропогенного давления



Площади культивируемых растений приближаются к площадям естественных биогеоценозов, и многие культурные экосистемы по своей продуктивности, непрерывно повышаемой человеком, значительно превосходят природные.

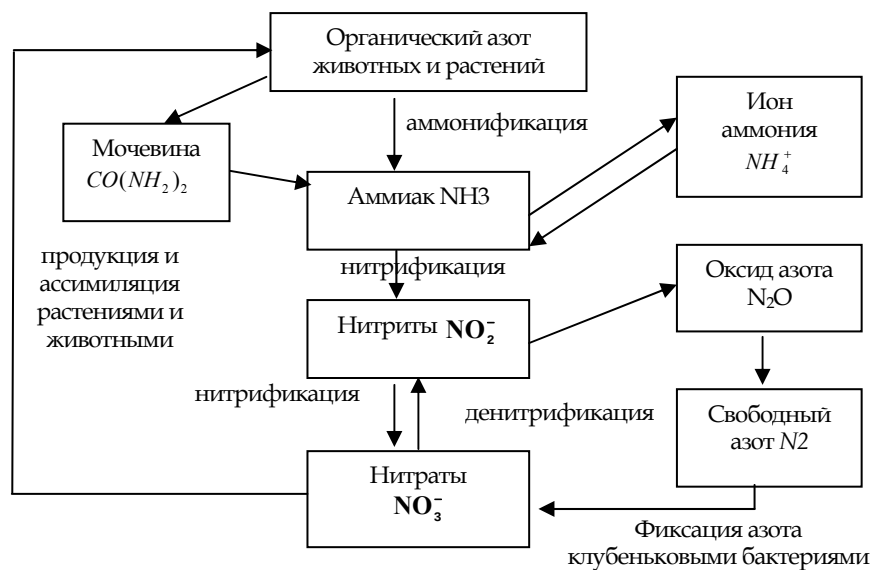
С другой стороны, поступление диоксида углерода в атмосферу в результате сжигания энергоносителей ведет к глобальным изменениям в биосфере – прежде всего в отношении теплового баланса. Стойкое увеличение содержания углекислого газа в атмосфере в связи со сжиганием

топлива подтверждается прямыми наблюдениями и расчетами. За последнее столетие содержание CO_2 увеличилось на 10 %, причем основная доля приходится на последние десятилетия. В атмосфере задерживается около половины «антропогенного» диоксида углерода, а остальное поглощается водами Мирового океана и, отчасти, живыми (в первую очередь, автотрофными) организмами. Считается, что наземные экосистемы ежегодно ассимилируют около 12 % диоксида углерода, т. е. общее время его переноса в круговороте составляет 8 лет.

Круговорот азота

Схема круговорота азота представлена на рис. 11. Первым источником данного элемента является атмосфера, из которой он поступает в почву, а затем в растительные организмы в результате превращения в усвояемое соединение – нитраты (NO_3). Нитраты являются продуктом деятельности организмов-азотофиксаторов. К ним относятся отдельные виды бактерий, сине-зеленых водорослей и грибов. Частично нитраты образуются при грозовых разрядах и при фотохимических реакциях в атмосфере, откуда с осадками они попадают в почву.

Рис. 11. Круговорот азота



Второй источник азота для растений – результат разложения органических веществ и, в частности, белков (протеинов) особой группой организмов-аммонификаторов. При этом в начале образуется аммиак (NH_3), который в результате деятельности бактерий-нитрификаторов преобразуется в нитриты (NO_2) и нитраты (NO_3). Часть азота усваивается растениями в виде ионов аммония и мочевины, образующихся в результате разложения органических веществ.

Возвращение азота в атмосферу происходит в результате деятельности бактерий-денитрификаторов, разлагающих нитраты до свободного азота и кислорода.

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

Несмотря на то, что в составе воздуха 78 % азота, непосредственно ассимилировать его высшие организмы-продуценты не могут. Азот входит в состав жизненно важных структур организма – аминокислот белка, а также нуклеиновых кислот. В целом в живых организмах содержится примерно 3 % всего активного фонда азота. Растения ежегодно потребляют около 1 % имеющегося в активном фонде азота, т. е. время его круговорота составляет 100 лет. От растений-продуцентов азотсодержащие соединения переходят к консументам, от которых после отщепления аминов от органических соединений азот выделяется в виде аммиака или мочевины, причем мочевина также превращается в аммиак в результате гидролиза. В дальнейшем в процессах окисления азота аммиака (нитрификации) образуются нитраты, способные ассимилироваться корнями растений. Часть нитритов и нитратов в процессе денитрификации восстанавливается до молекулярного азота, поступающего в атмосферу. Все эти химические превращения возможны в результате жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, в частности, свободноживущих аэробных и анаэробных бактерий, сине-зеленых и пурпурных водорослей. Так, хемосинтетики нитрозомонас превращают аммиак в нитриты, а нитробактер – в нитриты и нитраты.

Особенно значима в круговороте азота роль симбиотических клубеньковых бактерий, локализующихся на корнях растений преимущественно семейства бобовых. Бактерии рода азотобактер или

ризобиум способны путем ферментативного расщепления молекул N_2 фиксировать атмосферный азот и делать его доступным корневым системам растений.

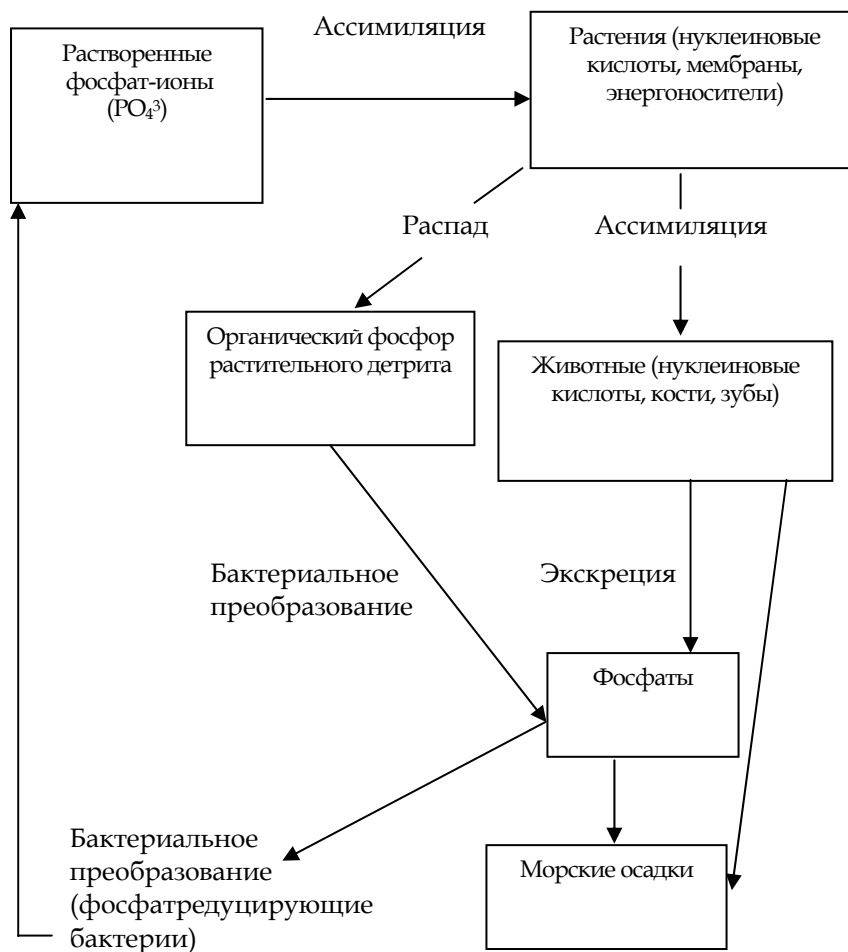
Круговорот азота в настоящее время подвергается сильному воздействию со стороны человека. С одной стороны, массовое производство азотных удобрений и их использование приводит к избыточному накоплению нитратов. Азот, поступающий на поля в виде удобрений, теряется из-за отчуждения урожая, выщелачивания и денитрификации. С другой стороны, при снижении скорости превращения аммиака в нитраты аммонийные удобрения накапливаются в почве. Возможно подавление деятельности микроорганизмов в результате загрязнения почвы отходами промышленности. Однако все эти процессы носят достаточно локальный характер.

Гораздо большее значение имеет поступление оксидов азота в атмосферу при сжигании топлива на теплоэлектростанциях и на транспорте. Азот, «фиксированный» в промышленных выбросах, токсичен, в отличие от азота биологической фиксации. При естественных процессах оксиды азота появляются в атмосфере в малых количествах в качестве промежуточных продуктов, но в городах и промышленных районах их концентрации становятся опасными. Они раздражают органы дыхания, а под воздействием ультрафиолетового излучения возникают реакции между оксидами азота и углеводородами с образованием высокотоксичных и канцерогенных соединений.

Круговорот фосфора

Иной цикл характерен для фосфора (упрощенная схема которого приведена на рис. 12) в круговороте которого отсутствует газообразная фаза. После неоднократного потребления его организмами на суше и в водной среде он в конечном счете выводится в донные осадки. Возвращение фосфора с организмами океана не компенсирует его потребности на суше. Не компенсируются эти потребности и в результате использования природных минеральных соединений. В данном случае односторонний процесс, заканчивающийся осадочным циклом, грозит дефицитом фосфора для организмов. Последний в значительной мере восполняется человеком через внесение минеральных удобрений, представляющих в основном продукты переработки морских осадочных пород.

Рис. 12. Упрощенная схема круговорота фосфора

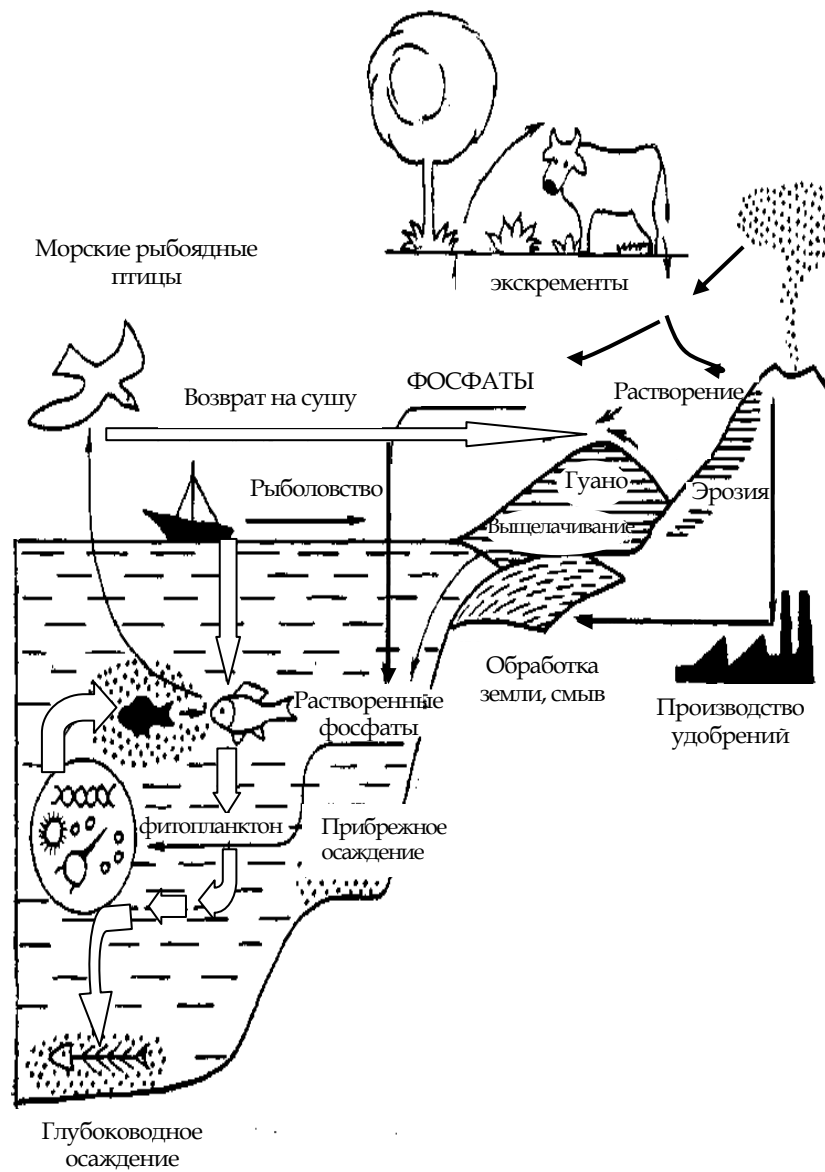


Биогенный круговорот фосфора. У живых организмов фосфор входит в состав нуклеиновых кислот, клеточных мембран, систем переноса энергии костных тканей. Фосфор усваивается растениями из почвы в форме растворенных фосфат-ионов. Далее он переходит по пищевой цепи к животным и возвращается в почву в виде фосфатов либо непосредственно – выводимый животными,

либо опосредованно – в результате бактериального преобразования органических соединений, содержащихся в остатках отмирающих растений. Фосфаты при посредстве фосфатредуцирующих бактерий образуют растворимые фосфат-ионы, доступные растениям.

Большой круговорот фосфора. Этот тип круговорота более сложный (рис. 13). Основные запасы фосфора сосредоточены в горных породах, подвергающиеся эрозии. В процессе эрозии образуются растворимые фосфаты, которые частично локализуются в почве, а также частью выщелачиваются и сносятся в воду, где отлагаются в мелководных и глубоководных осадках. Возврат фосфора в почву или в поверхностные воды происходит различными путями, например, за счет подъема океанических глубинных вод (*апвеллинга*). В пищевых цепях водных экосистем фосфор переходит от фитопланктона к рыбам, а далее – к морским птицам, возвращающим его на сушу. Последний перенос привел, в частности, к огромным скоплениям экскрементов птиц (*гуано*). В атмосфере фосфор практически отсутствует, если не считать кратковременно присутствующих пылевидных форм, и поэтому круговорот фосфора происходит только в системе литосфера – гидросфера.

Рис. 13. Большой круговорот фосфора
с учетом антропогенной нагрузки (по Н.Ф. Реймерсу)



Сбалансированный круговорот фосфора означает, что его вынос с суши компенсируется возвратом на сушу, причем вынесенный фосфор не выключается из доступных фондов за счет образования, например, нерастворимых соединений.

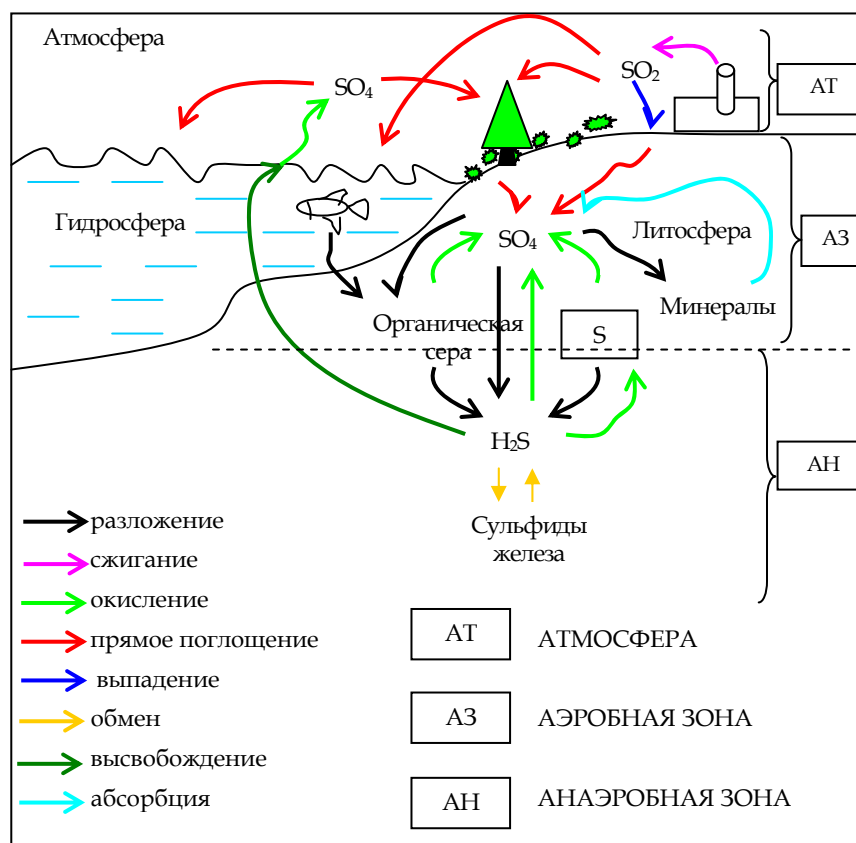
Антропогенная деятельность активно изменяет круговорот фосфора. При этом баланс в глобальном аспекте может существенно не нарушаться, а локальные изменения могут быть весьма значительными.

Важнейшей формой влияния человека на круговорот фосфора является вовлечение в использование отложений (минералов, фосфатов, апатитов) для производства миллионов тонн фосфорных удобрений, а также детергентов (моющих средств). Большая часть фосфора, внесенного с удобрениями в почву, смывается и исключается из круговорота. При этом значительная доля фосфора возвращается на сушу в результате вылова рыбы, часть которой также идет на производство удобрений. Дефицит фосфора пока не угрожает, поскольку запасы фосфорсодержащих пород велики, но избыточное поступление фосфора в воду в результате смыва удобрений и сброса промышленных и бытовых сточных вод приводит к резкому повышению продуктивности водных экосистем. Скачкообразный рост массы фитопланктона (аэробного комплекса) приводит к связыванию кислорода и обеднению им воды, что негативно сказывается прежде всего на рыбе.

Круговорот серы. Этот цикл охватывает воду, почву и атмосферу. Основные резервы серы находятся в почве и в отложениях. Содержание серы в воздухе относительно невелико. На рис. 14 представлен этот круговорот, ключевым звеном которого являются процессы аэробного окисления сульфида (сероводорода) до сульфата (SO_4), анаэробного восстановления сульфата до сульфида. Эти реакции осуществляются соответствующими группами бактерий. Благодаря окислительно-восстановительным процессам происходит обмен серы между фондом доступного сульфата в аэробной зоне почвы и фондом сульфидов железа, расположенным глубоко в почве и в осадках (в анаэробной зоне). В результате микробного восстановления глубоководных отложений к поверхности воды движется сероводород, что типично, например, для Черного моря. Выделяющийся из воды сульфид окисляется до сульфата атмосферным кислородом.

Сульфат – основная форма серы, которая доступна автотрофам. Сера входит в состав аминокислот.

Рис. 14. Схема круговорота серы



Круговорот серы находится под сильным влиянием антропогенной деятельности, в первую очередь, в результате сжигания ископаемого топлива. В органических энергоносителях всегда содержится то или иное количество серы, выделяющейся в виде диоксида, который, как и оксиды азота, токсичен для живых организмов. Диоксид серы способен интенсивно поглощаться надземным ассимиляционным аппаратом растений и в сильной степени подавлять процесс фотосинтеза вплоть до некроза и полной гибели листьев.

Диоксид серы может реагировать с водяными парами атмосферы, образуя диоксид серы и далее – сернистую кислоту.

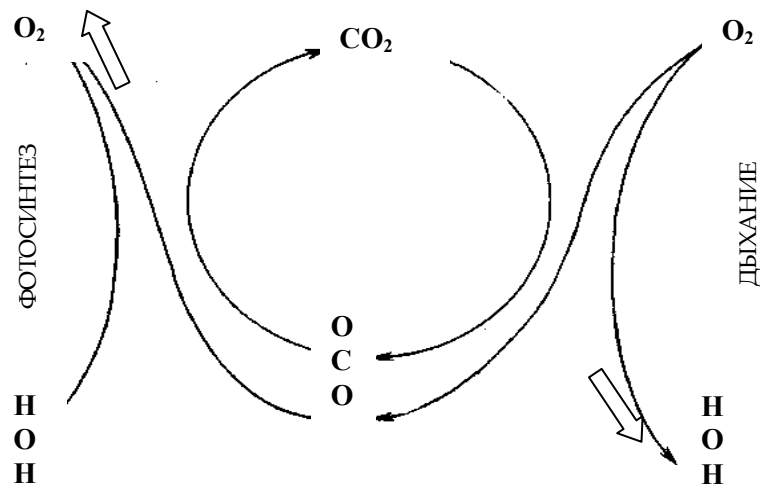
Кроме того, большое количество серы как в элементарной форме (например, коллоидная сера), так и в виде сложных соединений (например, купоросов) используется в качестве средств уничтожения вредителей и болезней растений, что приводит к загрязнению почв на больших площадях, а также к проникновению серы в грунтовые и поверхностные воды.

Сера является одним из наиболее опасных загрязнителей.

Круговорот кислорода. Основная масса кислорода на Земле находится в связанном состоянии в молекулах воды, оксидах, солях и иных твердых соединениях. Доступный для фотосинтеза кислород содержится в атмосфере (приблизительно 10^{15} т) и проходит через растительные компоненты биосферы в течение 2,5 тыс. лет

В процессе фотосинтеза выделяется свободный кислород, O_2 один из атомов которого поступает от углекислого газа, а другой – от воды.

Рис. 15. Круговорот кислорода



Процессы фотосинтеза обогащают атмосферу кислородом, процессы дыхания, которые сопровождают жизнедеятельность, напротив, ведут к изъятию свободного кислорода и уменьшению его количества в атмосфере.

Тема 5.

Биотические компоненты экосистем



Биотическая структура экосистемы. Категории организмов. Взаимоотношения между организмами. Краевой эффект. Формы жизни. Чистая первичная продукция. Биоразнообразие. Причины сокращения биоразнообразия. Понятие ареала вида. Пути сохранения биоразнообразия.

В каждой экосистеме два основных компонента: организмы, с одной стороны, и факторы окружающей их неживой среды – с другой. Всю совокупность организмов (растений, животных, микробов) называют биотой экосистемы. Пути взаимодействия разных категорий организмов – это ее биотическая структура.

Несмотря на громадное разнообразие экосистем – от дождевых тропических лесов до пустынь – всем им, по мнению экологов, свойственна примерно одинаковая биотическая структура. Другими словами, все они включают одни и те же основные категории организмов, взаимодействующих друг с другом стереотипным образом. Эти категории следующие: *продуценты, консументы, детритофаги и редуценты*.

Продуценты – это в основном зеленые растения, осуществляющие фотосинтез, т. е. процесс превращения воды и двуокиси углерода (поглощаемой из воздуха или воды) в сахар с выделением в качестве побочного продукта кислорода, для чего необходима световая энергия. Из сахаров и минеральных элементов питания (биогенов), получаемых из почвы или воды, растения синтезируют все сложные вещества, входящие в состав их организма.

Консументы – это самые разнообразные организмы, потребляющие органику как источник вещества и энергии, – от микроскопических бактерий до громадных синих китов. К ним относятся такие не похожие друг на друга существа, как простейшие, черви, рыбы, моллюски, насекомые и прочие членистоногие, пресмыкающиеся, птицы и, наконец, млекопитающие, включая человека. С точки

зрения структуры экосистем их можно подразделить на ряд подгрупп в соответствии с различиями в источниках пищи.

Животные, питающиеся непосредственно продуцентами, называются *первичными консументами*. Их самих употребляют в пищу *вторичные консументы*. Бывают консументы третьего, четвертого и более высоких порядков, причем некоторые виды животных соответствуют нескольким таким уровням. Например, когда человек ест овощи, он первичный консумент, когда питается говядиной – вторичный, а если он ест рыбу, питающуюся другими животными, которые в свою очередь употребляют в пищу водоросли, то человек выступает в роли консумента третьего порядка.

Первичные консументы, т. е. животные, питающиеся только растениями, называются растительноядными, или **фитофагами**. Консументы второго и более высоких порядков – **плотоядные**. Виды, с равным успехом употребляющие в пищу как растения, так и животных, относятся к всеядным, или **эврифагам**.

Если одно животное охотится на другое и в конечном счете убивает и съедает его, первое называют **хищником**, а второе – **жертвой**. При этом говорят, что между ними существуют взаимоотношения «хищник – жертва».

Еще одна важная группа консументов – **паразиты**, т. е. организмы, которые тесно связаны со своими «жертвами» и питаются ими в течение длительного времени, но, как правило, не убивают (по крайней мере сразу), хотя обычно причиняют им вред. Растение или животное, выступающее при этом в роли жертвы, называется **хозяином**. В данном случае говорят о взаимоотношениях «хозяин – паразит». Паразитами могут быть самые разнообразные организмы. Наиболее известный пример – глисты, но к высокоспециализированным паразитам относятся также бактерии и другие микроорганизмы, вызывающие болезни растений и животных. Возбудители ряда заболеваний растений и животных, включая человека (например, эпидермофитии стопы), – паразитические грибы. Паразиты могут прикрепляться к хозяевам и жить как внутри, так и на поверхности их организма.

Мертвые растительные и животные остатки, например опавшие листья, гибнущие в неблагоприятные сезоны побеги трав, фекалии и т. д., называются **детритом**. Существует множество специализированных на питании им организмов; такие консументы называются **детритофагами**. Примерами могут служить грифы,

земляные черви, многоножки, раки, термиты, муравьи, жуки-дровосеки и т. д. Как и в случае с обычными консументами, различают первичных детритофагов, питающихся непосредственно детритом, вторичных и т. д.

Наконец, значительная часть детрита в экосистеме, в частности, опавшие листья и валежная древесина, в своем исходном виде не поедается животными, а гниет и разлагается в процессе питания грибов и бактерий. Большинство видов бактерий не относится к болезнетворным, а представляет собой безвредных детритофагов.

Грибы и бактерии выделяют в особую подгруппу детритофагов и называют **редуцентами**. Однако в любой экосистеме все детритофаги и редуценты играют одну и ту же роль. Они питаются мертвым органическим веществом и при этом разлагают его. Бактерии и грибы – первичные детритофаги. Они в свою очередь служат пищей таким организмам, как простейшие, клещи, насекомые и черви, живущие в почве и в воде. Многие грибы (например, трюфели) используются в пищу человеком. Когда грибы и другие редуценты отмирают, они сами превращаются в детрит и служат источником энергии и питательных веществ для других детритофагов и редуцентов.

В природе сообщества организмов распределены крайне неравномерно, однако, наиболее заселенными являются переходные области, располагаемые между различными экосистемами, называемые экотонами. К экотону можно отнести, например, заросли кустарника, отделяющие лес от поля. Фауна экотонов и в видовом отношении и численно богаче фауны соседних биоценозов, поскольку здесь происходит в той или иной степени смешение видов. В этом состоит проявление так называемого *краевого эффекта*.

На Земле существует от 10 до 100 млн. различных форм жизни. Из них только 1,4 млн. классифицированы и поименованы. Поскольку никто даже приблизительно не знает истинное число имеющихся в природе видов, неизвестно, сколько их уже утрачено. Однако почти наверняка можно сказать, что число вымерших видов возрастает. Этот вывод следует из темпов исчезновения мест их обитания.

Болота и переувлажненные земли, может быть, находятся даже в большей опасности, чем тропические леса. Подобно тропическим лесам, это места интенсивной биологической активности, включая нерестилища многих видов рыб. Причины исчезновения болот: они либо

вычерпаны, либо засыпаны, либо осушены, либо изрыты, не считая тех, которые деградировали, вероятно, из-за загрязнений.

Эмпирически выявлено, что при исчезновении даже более 90 % площади ареала сохраняется 50 % существующих в нем видов.



Определение

Ареалом вида принято считать область распространения на земной поверхности этого вида. Ареалы бывают *сплошные* и *прерывистые* (дизъюнктивные) в соответствии с особенностями занимаемой территории, в частности климатическими особенностями. Границы ареалов могут изменяться под действием как естественных (например, увеличение численности), так и антропогенных (например, распашка, вырубка) факторов.

Эти расчеты очень спорны. Но, как и в случае с другими данными, общая тенденция ясна. Нет сомнений, что темпы исчезновения видов нарастают. По приближенным оценкам, ежедневные потери составляют от 10 до 100 видов. По мнению экологов, на Земле не было такого всплеска вымирания уже 65 млн. лет, с конца мелового периода, когда исчезли динозавры. Причины сокращения видов отражены на рис. 15.

Изучение исчезновения видов является одним из способов определения человеческого влияния на биосферу. Другой способ был предложен экологами Стэнфордского университета несколько лет назад. Они рассчитали, какая доля биологической активности планеты используется человеком для своих нужд. Их результаты оказались поразительными. Было установлено, что на удовлетворение потребностей человека идет 25 % продуктов фотосинтеза, произведенных на Земле в целом (на суше и в океане), и 40 % – произведенных на суше.

Человек потребляет непосредственно в виде пищи, корма для животных и топлива лишь около 3 % ЧПП (чистая первичная продукция), произведенной на суше. Еще 36 % ЧПП суши используется косвенно: в результате потерь урожая, сжигания и сведения лесов, опустынивания и превращения природных ареалов в места обитания человека. Этот расчет не учитывает уменьшения объема первичной продукции из-за загрязнения окружающей среды, так как этот эффект пока невозможно оценить в глобальном масштабе. Люди контролируют около 40 % ЧПП суши, но влияние людей может распространяться на гораздо большую ее часть через загрязнения.

Если вышеприведенная оценка хотя бы приблизительно верна, то возникают вопросы о следующем удвоении численности населения и капитала уже через 20-130 лет. Каким станет мир, если человек будет потреблять 80% ЧПП? А если 100%?

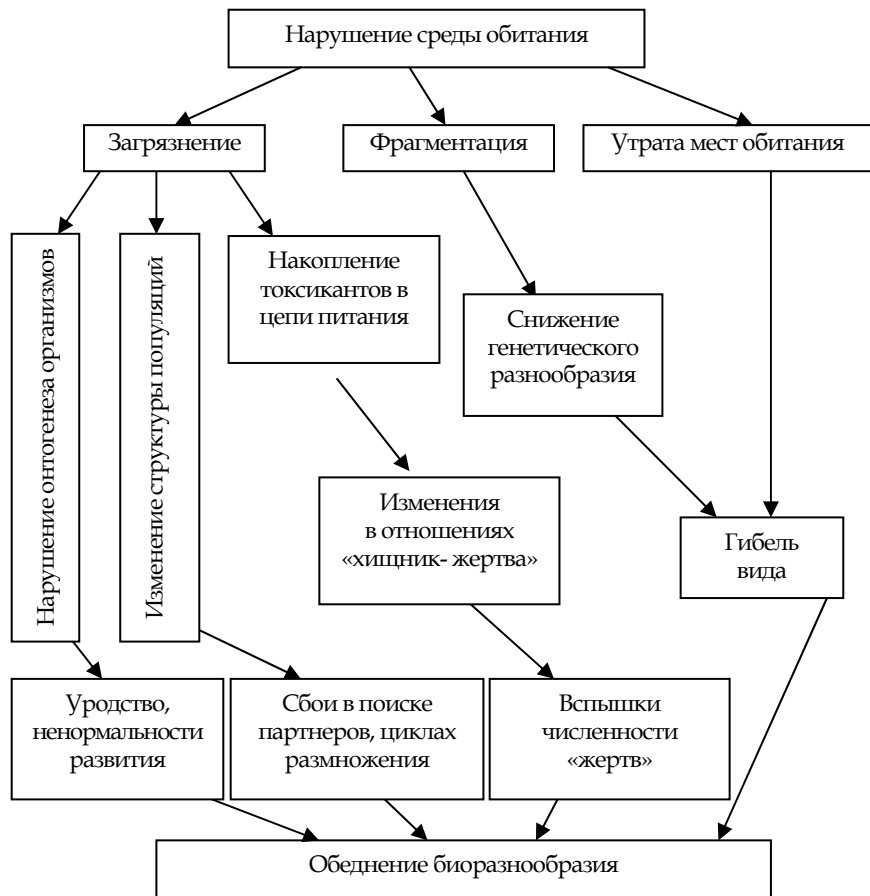
Никто не знает точного ответа на этот вопрос. Некоторые экологи утверждают, что мир, где человек станет использовать 100% ЧПП, будет похож на Голландию или Англию, где нет настоящей дикой природы, ландшафт находится под контролем человека, многие дикие виды уничтожены, нет пространства для расширения и возможностей для исправления ошибок, но вместе с тем это вполне пригодный для жизни человека мир. Другие ученые отмечают, что Голландия и Англия импортируют продукты питания, корма, древесину и волокно и поэтому потребляют гораздо больше, чем вся ЧПП, получаемая на их территории. Отдельные страны могут себе это позволить, но не мир в целом.

Биоразнообразие рассматривают как основное условие устойчивости любой экосистемы и биосферы в целом. Это свойство настолько универсально, что сформулировано в качестве закона (его автор У.Р. Эшби): *«Чем больше биологическое разнообразие биоценоза, тем выше его устойчивость к изменению экологических факторов»*.

К сожалению, практически вся деятельность человека подчинена упрощению экосистем: уничтожение отдельных видов или резкое уменьшение их численности; создание агроценозов на месте сложных природных систем. Например, полностью исчезли с лица земли степи как тип экосистем и ландшафтов, резко уменьшились площади лесов (до появления человека они занимали примерно 70% суши, а сейчас – не более 20-23%). Идет дальнейшее, невиданное по масштабам, уничтожение лесных экосистем, особенно наиболее ценных и сложных тропических, спрямление русел рек, создание промышленных районов и т. п.

Простые экосистемы с малым разнообразием удобны для эксплуатации, они позволяют в короткое время получить значительный объем нужной продукции (например, с сельскохозяйственных полей), но за это приходится расплачиваться снижением устойчивости экосистем, их распадом и деградацией среды.

Рис. 15. Причины исчезновения видов



Биологическое разнообразие относится к наиболее объективным факторам оценки состояния окружающей среды и устойчивости экосистем. Под ним понимается разнообразие живых организмов, а также экосистем и экологических процессов, звеньями которых они являются. Выделяют три уровня биологического разнообразия:

- генетическое разнообразие, которое подразумевает многообразие генов внутри одного вида;
- видовое разнообразие;
- разнообразие экосистем, определяющих разнообразие мест обитания, биотических сообществ и экологических процессов в биосфере.

Все названные уровни биологического разнообразия тесно связаны между собой и составляют единую систему. Так, снижение генетического разнообразия вида, например, вследствие деления ареала обитания на части, может привести к гибели вида, а значит уменьшится биологическое разнообразие данного региона. Биологическое разнообразие связано с устойчивостью экосистем и биосферы в целом к всевозможным возмущениям, в том числе вызываемым деятельностью человека. Экологическое значение биоразнообразия состоит, прежде всего, в создании своеобразных механизмов «свободного рынка» в биосфере, обеспечивающих замыкание с высокой точностью глобальных биохимических круговоротов.

Снижение биологического разнообразия приводит к разрушению сложившихся экологических связей и деградации природных сообществ, к их неспособности самоподдерживаться и в конечном счете – к их уничтожению.

Причинами утраты биоразнообразия являются следующие факторы:

- мутации;
- естественный отбор;
- элиминация, или неизбежное сокращение популяций, в результате которого происходит утрата части генетического разнообразия (дрейф генов).

В каждый из них вносят свой вклад техногенные факторы:

- радиационные и химические гено-токсичные воздействия;
- изменения среды в результате загрязнения;
- изъятие ресурсов;
- изменение ландшафта (появление искусственных преград, ограничивающих поток генов между популяциями).

Современная скорость уменьшения биологического разнообразия примерно в тысячу раз превосходит естественную природную, особенно в регионах влажных тропических лесов, за счет их интенсивной вырубки и лесных пожаров. При этом проблема состоит не только в ликвидации лесов, но также и в разрушении экосистем рек, болот, гор и пустынь, биологическое разнообразие которых непрерывно уменьшается. Степень уничтожения лесов, а значит и утраты мест обитания, наиболее высока во влажных тропических лесах, а также в Латинской Америке. При сохранении современных темпов уничтожения тропических лесов (ежегодно погибает

лесов общей площадью, в 4 раза превосходящей площадь Швейцарии) от 4 до 8% видов, обитающих во влажных тропических лесах, обречены на вымирание к 2015 г., а от 17 до 35% – к 2040 г.



Специалисты считают, что при сохранении современных тенденций в течение последующих 25 лет будут обречены на вымирание 15% видов, обитающих на Земле.

Естественные и искусственные преграды, расчленения места обитания на отдельные фрагменты, «запирают» животных на небольших «островках», пригодных для существования. Если нет коридоров для сообщения между остатками прежнего массива, то вид обречен на медленное вымирание. Непродуманная акклиматизация приводит к качественным изменениям экосистем, поскольку акклиматизированный вид, не находя на новом месте обитания естественных врагов, начинает бурно размножаться, вытесняя другие виды. В таких случаях акклиматизация ведет к снижению биологического разнообразия.

Снижение биологического разнообразия вызывает чрезмерная антропогенная нагрузка, превышающая способность экосистемы самовосстанавливаться.

Пути сохранения биоразнообразия:

- стабилизация среды на основе экологических приоритетов регионального развития;
- стабилизация генофонда путем восстановления численности популяций исчезающих видов;
- консервация генетического материала;
- нормирование хозяйственного использования и соглашения о торговле редкими видами;
- охрана биотопов в составе ландшафтного планирования;
- соглашения о мигрирующих видах.

Биологическое разнообразие отнесено Конференцией ООН по окружающей среде и развитию (1992 г.) к числу трех важнейших экологических проблем, по которым приняты специальные заявления или конвенции. Такие конвенции приняты также по сохранению лесов и по предотвращению изменений климата.

Значимость разнообразия для природных систем в значительной мере действительна и для социальных структур. Всякое стремление к упрощению социальной структуры общества, перевод ее на однообразие, авторитаризм дает кратковременный положительный результат, за которым неминуемо следуют негативные последствия.

Тема 6.

Абиотические компоненты экосистем



Абиотические факторы среды. Антропогенные факторы. Закон минимума. Закон толерантности. Лимитирующие факторы экосистем. Синергетический эффект.

К абиотическим факторам наземной среды относятся:

1. **Свет.** Поступающая от Солнца лучистая энергия распределяется по спектрам следующим образом. На видимую часть спектра с длиной волны 400-750 нм приходится 48% солнечной радиации. Наиболее важную роль для фотосинтеза играют оранжево-красные лучи, на которые приходится 45% солнечной радиации. Инфракрасные лучи с длиной волны более 750 нм не воспринимаются многими животными и растениями, но являются необходимым источником тепловой энергии. На ультрафиолетовую часть спектра – менее 400 нм – приходится 7% солнечной энергии.
2. **Ионизирующее излучение** – это излучение с очень высокой энергией, способное выбивать электроны из атомов и присоединять их к другим атомам с образованием пар положительных и отрицательных ионов. Источник ионизирующего излучения – радиоактивные вещества и космические лучи. Доза излучения (1 рад) – это такая доза излучения, при которой на 1 г ткани поглощается 100 эрг энергии. Единица дозы излучения, которую получает человек, называется бэр (биологический эквивалент рентгена); 1 бэр равен 0,01 Дж/кг.

Таблица 4

Дозы излучения

Источник излучения	Доза, бэр
Фоновое облучение за год	0,1
Допустимое облучение за год	0,5
Телевизор, компьютер	0,5
Рентгенография зубов	3
Рентгенография желудка	25
Лучевая болезнь (легкая)	100
Лучевая болезнь (тяжелая)	450
Допустимые аварийные облучения населения	10

В течение года человек в среднем получает дозу 0,1 бэр и, следовательно, за всю жизнь (в среднем 70 лет) 7 бэр.

3. *Влажность атмосферного воздуха* – параметр, характеризующий процесс насыщения его водяными парами. Разность между максимальным (предельным) насыщением и данным насыщением называется дефицитом влажности. Чем выше дефицит, тем суше и теплее, и наоборот. Растения пустынь приспосабливаются к экономному расходованию влаги: у них длинные корни и уменьшенная поверхность листьев. Пустынные животные способны к быстрому и продолжительному бегу для длинных маршрутов на водопой. Внутренним источником воды у них служит жир, при окислении 100 г которого образуется 100 г воды.
4. *Осадки* являются результатом конденсации водяных паров. Они играют важную роль в круговороте воды на Земле. В зависимости от характера их выпадения выделяют гумидные (влажные) и аридные (засушливые) зоны.
5. *Газовый состав атмосферы*. Важнейшим биогенным элементом атмосферы, который участвует в образовании белков в организме, является азот. Кислород, поступающий в атмосферу в основном от зеленых растений, обеспечивает дыхание. Углекислый газ является естественным демпфером солнечного и ответного земного излучений. Озон выполняет экранирующую роль по отношению к ультрафиолетовой части солнечного спектра.

6. **Температура** на поверхности Земли определяется температурным режимом атмосферы и тесно связана с солнечным излучением. Для большинства наземных животных и растений температурный оптимум колеблется от 15 до 30°C. Некоторые виды моллюсков живут в горячих источниках при температуре до 53°C, а некоторые сине-зеленые водоросли и бактерии – до 70-90°C. Глубокое охлаждение вызывает у насекомых, некоторых рыб и пресмыкающихся полную остановку жизни – **анабиоз**. Так, зимой карась вмерзает в ил, а весной оттаивает и продолжает обычную жизнедеятельность. У животных с постоянной температурой тела, у птиц и млекопитающих состояние анабиоза не наступает. У птиц в холодные времена отрастает пух, у млекопитающих – густой подшерсток. Животные, у которых зимой корма недостаточно, впадают в спячку (летучие мыши, суслики, барсуки, медведи).

Абиотические факторы водной среды. На долю Мирового океана приходится 71% земной поверхности. Водная среда отличается от наземной плотностью и вязкостью. Плотность воды в 800 раз, а вязкость в 55 раз больше плотности воздуха. Наряду с этим важнейшими особенностями водной среды являются подвижность, температурная стратификация, прозрачность и соленость, от которых зависит фотосинтез бактерий и фитопланктона и своеобразие среды обитания гидробионтов.

Антропогенные факторы окружающей среды обязаны своим происхождением комплексной техногенной деятельности человека на Земле, включая его бытовую (сжигание мусора и отходов, строительство и т. д.) и производственную деятельность (все отрасли промышленной индустрии, сельское хозяйство, нефте-, газо- и горнодобывающие отрасли и т. д.).

В 1840 г. Ю. Либихом был сформулирован *закон минимума*, согласно которому развитие растений лимитируется не теми элементами питания, которые присутствуют в почве в изобилии, а теми, которых очень мало (например, цинк или бор). Закон минимума справедлив и для животных, и для человека. Здоровье человека определяется в том числе и специфическими веществами, которые присутствуют в организме в ничтожных количествах (витамины, микроэлементы).

Любому живому организму или сообществу организмов необходимы не вообще температура, влажность, пища и т. д., а их определенный режим, т. е. границы допустимых колебаний этих факторов. Диапазон между экологическим минимумом и экологическим максимумом составляет пределы устойчивости, т. е. толерантности данного организма – этот закон *толерантности* был сформулирован в 1910 г. В. Шелфордом.

Ценность концепции лимитирующих факторов в том, что она дает возможность исследования самых сложных экологических ситуаций. Если для организма характерен широкий диапазон толерантности к фактору, который присутствует в среде в умеренных количествах, то такой фактор не может быть лимитирующим. Напротив, если организм обладает узким диапазоном толерантности к какому-нибудь изменчивому фактору, то этот фактор заслуживает изучения, так как может быть лимитирующим.

В случае действия нескольких факторов часто наблюдается так называемый *синергетический эффект*, суть которого заключается в том, что эффект совместного действия превышает сумму эффектов действия каждого фактора в отдельности. Этот эффект является следствием взаимодействия факторов. Например, среди курящих процент заболевания раком легких составляет около 2%, а среди работающих с асбестом – 2,5%; тем не менее среди курящих работающих с асбестом он составляет 7%.

Для независимых факторов выполняется *принцип суперпозиции*, проявляющийся в том, что суммарный эффект равен сумме эффектов.

Тема 7.

Современное состояние природных систем Земли



Краткое
содержание

Проблемы гидросферы, атмосферы, деградации почв.
Рациональное и нерациональное природопользование.

7.1. Проблемы гидросферы

Гидросферой называют водную оболочку Земли, состоящую из океанов, морей, озер, рек, прудов, болот, подземных вод. Общее количество воды на Земле составляет 1386 млн км³ (табл. 5). Общая площадь океанов и морей в 2,5 раза превышает территорию суши. Средняя глубина всего Мирового океана равна 3704 м, а наибольшая – 11034 м. На 75% его площади преобладают глубины от 3 до 6 тыс. м.

Объем Мирового океана немногим более 0,1 % объема земного шара, а по массе всего 0,023 % от массы Земли. Толщина слоя океанической воды в среднем равна лишь 0,03 % земного диаметра.

Средняя соленость океанической воды 3,5 ‰ или 35 г/л. Пресная вода содержит солей не более 1 г/л. Из общего количества воды на Земле доля пресных вод составляет 2,5 ‰, или 35 млн км³. Это более 8 млн м³ пресной воды на каждого жителя планеты. Однако подавляющая часть пресной воды труднодоступна. Почти 70 % пресных вод заключено в ледниковых покровах полярных стран и в горных ледниках. Льды покрывают 16 млн км² суши, из них 14 млн км² находится в Антарктиде, в Российской Арктике – 55 тыс. км².

Горные ледники в умеренных и тропических широтах занимают 224 тыс. км². Общий объем льда на Земле 27 млн км³.

В верхней части земной коры на разной глубине под почвой находятся обширные запасы подземных вод. Точное количество воды подсчитать трудно. Пресные воды, как правило, залегают на глубине до 150-200 м, ниже они переходят в солоноватые и рассолы. Объем подземных пресных вод примерно в 100 раз больше, чем объ-

ем поверхностных пресных вод, содержащихся в озерах, реках и болотах. В реках одновременно содержится лишь 0,006 % пресных вод.

Площадь всех озер (соленых и пресных) на земном шаре несколько превышает 2 млн км². Наибольшее скопление крупных озер находится в областях древнего оледенения и тектонических разломов земной коры. Так в Северной Америке образовались Великие озера. Самый крупный по площади зеркала пресноводный водоем мира (82680 км²) – озеро Верхнее. Однако по объему воды (11600 км³) и максимальной глубине (406 м) оно значительно уступает Байкалу (24000 км³ и 1741 м) и Танганьике (18900 км³ и 1435 м).

Таблица 5

Запасы воды на Земле

Ресурс воды	Объем, тыс. км ³	Доля ресурса, %	
		от общего запаса воды	от запаса пресной воды
Мировой океан	1 338 000	96,5	—
Подземные воды	23400	1,7	—
в том числе пресные	10530	0,76	30,1
Ледники и снежный покров	24064,10	1,74	68,7
Подземные льды	300	0 022	0,86
Воды озер	176,40	0,013	—
пресные	91	0,007	6,26
соленые	85,40	0,006	—
Воды болот	11 47	0,0008	0,03
Воды в руслах рек	2,12	0,0002	0,006
Биологическая вода	1,120	0 0001	0,003
Воды атмосферы	12,90	0,001	0,04
Общий запас воды	1 385984,61	100	—
Запас пресной воды	35029,21	2,53	100

Самая крупная водная экосистема Европы – Ладожское озеро – имеет площадь 17700 км², объем воды 908 км³ при наибольшей глубине 230 м.

Общая площадь болот на земном шаре приблизительно 3 млн км², или 2 % суши. Почти 60 % болот расположено в России, меньше всего болот – в Австралии (около 0,05 % площади).

Вода в атмосфере – это, главным образом, водяной пар и его конденсат (капельки воды и ледяные кристаллы). Чем выше температура воздуха, тем больше водяного пара он может содержать.

Биологическая вода – это вода, содержащаяся в живых организмах и растениях, в которых в среднем ее находится 80 %. Общая масса живого вещества биосферы 1400 млрд т. Отсюда масса биологической воды равна 1120 млрд т, что соответствует 1120 км³.

Вода – это единственное вещество на Земле, существующее в природе во всех трех агрегатных состояниях: жидком, твердом и газообразном.



Определение

Мировой океан занимает 71% площади планеты. Сегодня истощение его ресурсов – свершившийся факт, который выражается в уменьшении количества ресурсов и их биоразнообразия. Важнейшей экологической проблемой является загрязнение Мирового Океана. Под **загрязнением Океана** понимают введение человеком прямо или косвенно вещества или энергии в морскую среду, которые наносят ущерб живым ресурсам, представляют собой опасность для здоровья людей, создают помехи морской деятельности, приводят к ухудшению качества морской воды.

Различают следующие виды загрязнений Океана: *химическое, биологическое, механическое, физическое.*

Химическое загрязнение связано со стоками промышленных предприятий, которые содержат ртутные соединения и по цепям питания попадают в пищу людям, употребляющим морскую продукцию.

Главными загрязнителями морской воды являются наземные источники: промышленность, строительство, коммунальное и сельское хозяйство. Основными загрязняющими веществами Океана являются:

- нефть;
- сточные воды;
- химические вещества;
- мусор;
- пластмассы;
- радиоактивные отходы.

Эти вещества либо ядовиты, либо медленно разлагаются, либо накапливаются в живых организмах. Нефть является самым устойчивым к разложению загрязняющим веществом. Ежегодно в Океан поступает до 10 млн. т нефти.

Разлив 1 т нефти приводит к образованию пятна площадью около 12 км².

В нефтяных пленках накапливаются пестициды (ядохимикаты), ионы металлов.

Последствия нефтяного загрязнения:

- нарушается обмен в системе гидросфера-атмосфера;
- нарушается процесс фотосинтеза;
- гибель икры, рыбной молоди;
- появление уродливых нежизнеспособных особей;
- гибель водоплавающих птиц;
- накопление канцерогенов в цепях питания;
- изменяется структура сообществ организмов;
- уменьшается биоразнообразие экосистем.

Биологическое загрязнение океанических вод связано с наличием микроорганизмов в сточных водах (в том числе речных), которые накапливаются в морепродуктах.

Механическое загрязнение – это продукты жизнедеятельности человека: целлофановые пакеты, бумага, банки, бочки, шины автомобилей и т. д.

Физическое загрязнение связано с радиоактивным и тепловым загрязнением. Примером последнего является сброс электростанциями нагретых вод в океан.

Потребление воды промышленностью и сельским хозяйством в настоящее время достигло огромных размеров. По оценкам специалистов, безвозвратное водопотребление составляет около 150 км³ в год, т. е. 1 % устойчивого стока пресных вод. По расчетам, потребность в воде на Земле до 2000 года будет возрастать в среднем на 3,1 % в год. В настоящее время люди ежегодно расходуют 3000 км³ пресной воды. Больше всего воды потребляет сельское хозяйство.

Выращивание 1 т пшеницы требует 1500 т воды, риса – 7000 т, хлопка – 10000 т.

В промышленности вода используется для приготовления растворов, охлаждения и нагревания жидкостей и газов, очистки рас-

творов и газовых смесей, для транспортировки сырья, для теплоэнергетических целей, для удаления отходов, мытья оборудования, тары, помещений и др. Потребность в воде в промышленности очень велика (табл. 6).

Таблица 6

Потребность в воде в промышленности

Производство, 1 т	Расход воды, т
Сода кальцинированная	10
Сталь, чугун	17
Кислота серная	60
Кислота азотная	130
Шелк вискозный	350
Медь	500
Каучук синтетический	2500

Для работы теплоэлектростанции мощностью 300 тыс. кВт требуется более 300 км³ воды в год.

Средний химический комбинат ежедневно расходует (т. е. потребляет и отводит) 1-2 млн м³ воды. В крупных городах с населением свыше 3 млн человек суточный расход воды достигает 2 млн м³, а годовой – 1 км³. Качество воды – это совокупность физических, химических, биологических и бактериологических показателей, обуславливающих пригодность воды для использования в промышленном производстве, быту и т. п. При этом к качеству потребляемой воды предъявляются достаточно высокие требования, что вызывает необходимость сложных технологических процессов водоочистки и водоподготовки.

Требования к качеству воды, используемой на производственные цели, устанавливаются в каждом конкретном случае в зависимости от назначения воды и особенностей технологического процесса.

Основными источниками загрязнения природных вод являются:

1. Атмосферные воды, содержащие вымываемые из воздуха загрязнители промышленного происхождения. При стекании по склонам атмосферные и талые воды дополнительно увлекают с собой органическое и минеральное вещество. Особенно опасны стоки с городских улиц, промышленных площадок, несущие нефтепродукты, мусор, фенолы, кислоты и др.

2. Городские сточные воды, включающие преимущественно бытовые стоки, содержащие фекалии, детергенты (поверхностно-активные моющие средства), микроорганизмы.
3. Промышленные сточные воды.

С развитием промышленности и увеличением потребления воды растет и количество жидких отходов – сточных вод. Еще в 60-х годах ежегодно в мире образовывалось около 700 млрд м³ сточных вод. Примерно 1/3 из них – промышленные сточные воды, загрязненные различными веществами. Только половина промышленных жидких отходов подвергалась очистке тем или иным способом. Другая половина сбрасывалась в водоемы без какой-либо очистки.

При технологических процессах появляются следующие виды сточных вод:

1. Реакционные воды, загрязненные как исходными веществами, так и продуктами реакции.
2. Воды, содержащиеся в сырье и исходных продуктах (свободная или связанная вода).
3. Промывные воды – после промывки сырья, продуктов, тары, оборудования.
4. Водные экстрагенты и абсорбенты.
5. Охлаждающие воды, не соприкасающиеся с технологическими продуктами и использующиеся в системах оборотного водоснабжения.
6. Бытовые воды – из предприятий питания, прачечных, душевых, туалетов, после мытья помещений и т. д.
7. Атмосферные осадки, стекающие с территории промышленных предприятий, загрязненные различными химическими веществами.

В сточных водах гидролизной промышленности присутствуют спиртовые и фурфурольные компоненты, последрождевая бражка, сивушные, эфирно-альдегидные и скипидарные фракции, различные кислоты.

Предприятия целлюлозно-бумажной промышленности в большом количестве сбрасывают в воду целлюлозное волокно и растворенные органические вещества: углеводы, смолы, жиры. Все они легко окисляются при участии аэробных микроорганизмов, что связано с интенсивным потреблением кислорода, растворенного в воде, и пересыщением водоемов органикой.

Загрязненные сточные воды образуются при обработке целлюлозной и бумажной массы, при промывке и сгущении целлюлозы, при конденсировании сдувок, разгонке скипидара-сырца, удалении шламов, «мокрой» окорке древесины. При сульфитном способе производства целлюлозы один из наиболее обычных сбросов – сульфитный щелок. Стоки могут иметь кислую, нейтральную или щелочную реакцию (табл. 7), что в любом случае связано с изменением естественного pH водоема.

Загрязняются моря. Считается, что Средиземное море самое грязное на Земле. В результате выбросов сточных вод 80 % рыбы погибло. Загрязнено и Балтийское море, в которое впадает 200 рек и на берегах которого протяженностью 200 тыс. км расположено 60 крупных городов. В Азовском море в $\frac{2}{3}$ акватории содержится недостаточно кислорода для жизни рыб.

Таблица 7

Характеристика стоков предприятий ЦБП¹

Вид производства	Стоки вод на тонну продукции, м ³	Среда	Цвет стока
Сульфитная небеленая целлюлоза	130-155	Кислая	Темно-коричневый
Сульфитная беленая целлюлоза	425-500	Нейтрально-щелочная	Коричневый
Картон	30-60	Нейтральная	Коричневый
Бумага	50-60	Слабокислая	Бесцветный
Сульфатная небеленая целлюлоза	101-116	Щелочная	Темно-коричневый

В результате аварий судов, промывки резервуаров танкеров, утечек нефти при добыче ее в шельфовой зоне ежегодно в воды Мирового океана попадает до 12-15 млн т нефти. Каждая тонна нефти покрывает тонкой пленкой примерно 12 км² водной поверхности и загрязняет до миллиона тонн морской воды. Нефтяная пленка вызывает гибель оплодотворенной икры, нарушает процессы

¹ По В. Ф. Максиму и др., 1986.

фотосинтеза и выделения кислорода, осуществляемого фитопланктоном, т. е. нарушается газообмен между атмосферой и гидросферой. *Альbedo* (величина отражения потока солнечного тепла, поступающего к поверхности Земли) покрытой нефтяной пленкой поверхности воды выше, чем чистой воды, вследствие чего водные организмы-фотосинтетики получают меньше энергии. А ведь основная доля общего запаса органического углерода и общей валовой продукции фотосинтеза приходится на зеленые растения океана, в первую очередь фитопланктон. Океан называют иногда «легкими планеты» – столь велика его роль в процессе круговорота кислорода и углерода. Моря и океаны отравляются не только нефтепродуктами, они загрязняются также веществами, поступающими с речным стоком. В них попадают промышленные и бытовые отходы, содержащие соли различных металлов, яды, огромное количество пестицидов, удобрений, моющих средств, радиоактивных веществ. Считается, что в водоемы поступает свыше 500 тыс. различных веществ. Тяжелые металлы (свинец, ртуть, цинк, медь, кадмий) и другие токсичные вещества прогрессивно накапливаются в пищевых цепях, конечное звено которых – человек. Известны, например, массовые отравления ртутью, которая попадала в организм людей вместе с рыбой, а также отравление кадмием при использовании для бытовых целей загрязненных вод.

Из загрязняющих веществ очень опасны детергенты, или синтетические моющие средства. Выброшенные в водоемы, они сильно пенятся. Слой пены может достигать значительной толщины и препятствовать доступу кислорода в воду.

Источником загрязнения водных экосистем является и сельское хозяйство: повышение урожайности, продуктивности земель связано с применением удобрений и ядохимикатов (пестицидов), которые, попадая на поверхность почвы, смываются в водоемы; животноводство связано с образованием больших масс мертвой органики (навоза, подстилки), мочевины, которые могут оказаться в водных объектах.



Определение

Сточные воды содержат биогенные элементы: азот и фосфор. В результате их действия происходит размножение фитопланктона, в первую очередь сине-зеленых, зеленых и красных водорослей, а также интенсивное развитие высших водных растений. Эти организмы, рождаясь, отмирают, и масса органического вещества



Определение

возрастает. Поскольку названные организмы являются аэробными и дышат кислородом, растворенным в воде, в скором времени они оказываются в условиях дефицита кислорода. Вода становится непригодной для жизни, в ней начинают преобладать анаэробные процессы. Этот процесс носит название эвтрофикации. **Эвтрофикация** (или эвтрофирование) – это повышение биологической продуктивности водных объектов в результате накопления в воде биогенных элементов под действием антропогенных или естественных (природных) факторов.

Анаэробные процессы представляют собой вторичное загрязнение воды. Эвтрофикация может быть также следствием того, что азотные и фосфорные удобрения смываются с полей и в воду попадают легкоокисляемые минеральные соединения.

Питательные вещества могут попадать в водоемы и при сбросе хозяйственно-бытовых сточных вод. В них содержатся соединения азота, фосфора, калия.

Большую опасность представляют загрязнения вод *радиоактивными веществами*.

Взвешенные твердые частицы способствуют образованию стабильных водных суспензий, при этом ухудшаются прозрачность и внешний вид воды, снижается активность фотосинтеза водных растений.

Загрязняют воду теплые сточные воды от предприятий теплоэнергетики: поскольку при этом меняется температурный режим в водном объекте, а затем может возникать несоответствие его санитарным требованиям.

Загрязнение рек, озер, морей и даже океанов принимает такие размеры, что во многих районах превышает их способность к самоочищению. Уже сейчас в некоторых странах начинает ощущаться нехватка пресной воды.

Загрязнение водных систем представляет большую опасность, чем загрязнение атмосферы, по следующим причинам:

- процессы регенерации, или самоочищения, протекают в водной среде гораздо медленнее, чем в воздухе;
- источники загрязнения водоемов более разнообразны;
- естественные процессы, осуществляющиеся в водной среде и подвергающиеся действию загрязнений, более чувствительны сами по себе и имеют большее значение для обеспечения жизни на Земле, чем те, которые протекают в атмосфере.

7.2. Проблемы атмосферы

Атмосфера – газовая оболочка Земли, массой около $5,9 \cdot 10^{15}$ т., со слоистой структурой: состоит из нескольких сфер, между которыми располагаются переходные слои – паузы.

Прилегающий к земной поверхности наиболее плотный слой воздуха – *тропосфера*. Толщина слоя в средних широтах составляет около 10 км над уровнем моря, на полюсах меньше (на 30%), над экватором больше (на 30%). В тропосфере более 80% массы земной атмосферы. Неравномерный нагрев земной поверхности приводит к образованию в тропосфере вертикальных потоков воздуха, при этом температура, влажность, давление и т. д. нестабильны. Температура в тропосфере уменьшается с высотой на $0,6^\circ$ на каждые 100 м.

Выше тропосферы находится *стратосфера*. Между ними расположена тропопауза. Стратосфера имеет протяженность около 40 км. Воздух в ней разрежен, влажность невысокая. Температура воздуха от границы тропосферы до высоты 30 км постоянная (около -50°C), а затем начинает повышаться и на высоте 50 км достигает 10°C . В стратосфере под воздействием космического излучения и коротковолновой части ультрафиолетового излучения Солнца из молекул воздуха образуется озон.

Стратопауза отделяет стратосферу от лежащей выше мезосферы. Выше мезосферы расположена термосфера (или ионосфера), между которыми имеется мезопауза. Для термосферы характерно непрерывное повышение температуры с увеличением высоты. На высоте 150 км – 240°C , 200 км – 500°C , 500 км – 1500°C . В термосфере газы очень разрежены, их молекулы движутся с большой скоростью, почти не сталкиваясь между собой.

В атмосфере протекает множество реакций, в которых участвуют кислород, озон, азот, оксид азота, пары воды, диоксид углерода. Ионизация происходит в основном на высоте 75 км.

Атмосфера состоит в основном из кислорода и азота. На высоте 120 км кислород почти весь становится атомарным. Выше 500 км и азот находится в атомарном состоянии. Кислородно-азотный состав сохраняется примерно до высоты 600 км, выше которой начинает преобладать гелий. Гелиевая корона Земли достигает высоты 1600 км, а выше 3000 км преобладает водород.

Главные источники загрязнения атмосферы: естественный и антропогенный.

Естественное загрязнение. Ежегодно на Землю выпадает порядка 3 млн т. космической пыли от остатков сгоревших метеоритов при их прохождении в атмосфере. Природная пыль образуется в результате разрушения и выветривания горных пород и почвы; вулканических извержений; лесных, степных и торфяных пожаров; испарения с поверхности морей. Одним из источников пыли в нижних слоях атмосферы являются безводные пустыни и степи. Кроме того, она образуется аэропланктоном, спорами растений, плесневыми и другими грибами, продуктами гниения, брожения и разложения растений и животных.

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

Атмосферная пыль способствует конденсации водяных паров и образованию осадков, поглощает солнечную радиацию и защищает организмы от солнечного излучения, играет огромную роль в химии планеты, как утверждал В. И. Вернадский.

Биологическое разложение веществ на Земле, в том числе жизнедеятельность почвенных бактерий, ведет к образованию и вынесению в атмосферу сероводорода, аммиака, углеводородов, оксидов азота, оксида и диоксида углерода.

Антропогенное загрязнение. Источники: теплоэнергетика, промышленность, нефте- и газопереработка, транспорт, испытания термоядерного оружия. *Выбросы промышленности:* зола, пыль, оксид цинка, силикаты, хлорид свинца; диоксид и триоксид серы, сероводород, меркаптан; альдегиды, углеводороды, смолы; оксид и диоксид азота, аммиак; озон, оксид и диоксид углерода; фтороводород, хлороводород, кремнефторид натрия, радиоактивные газы, аэрозоли.

Выбросы автомобилей: выхлопные газы, содержащие около 200 веществ, в том числе канцерогенные углеводороды и тетраэтилсвинец; бензиновые двигатели выбрасывают больше несгоревших углеводородов и продуктов их неполного окисления (оксида углерода и альдегидов), чем дизели.

Автомобиль мощностью 75 л.с. с пробегом 15 тыс. км потребляет 4400 кг кислорода, 1500 л бензина, 3300 кг углекислого газа, 500 кг оксида углерода, 90 кг углеводородов, 30 кг оксидов азота.

Выбросы ТЭС (тепловых электростанций): газы, содержащие оксиды серы и азота, золу, металлы.

Выбросы предприятия черной металлургии: газы, включающие пыль, оксиды серы и металлов.

Производство 1 т	Выбросы, кг
Чугун	Пыль- 4,5 Оксид серы- 2,7 Марганец- 0,3 Соединения мышьяка, фосфора, сурьмы, свинца, ртути, редких металлов, смолистые вещества.

Выбросы предприятия цветной металлургии: запыленные газы, содержащие диоксид серы, фтористые газы и металлы. Из тонны пыли, выделяемой в атмосферу при плавке медных руд, можно извлечь до 100 кг меди и немного меньше свинца и цинка.

Выбросы нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности: углеводороды (в том числе стирол, дивинил, толуол, изопрен), сероводород и другие газы.

Выбросы заводов, производящих строительные материалы: пыль, фториды, диоксиды серы и азота.

Рассмотрим влияние некоторых из вышеперечисленных выбросов на состояние атмосферы.

Наибольшее загрязнение атмосферного воздуха приходится на долю оксидов углерода, соединений серы и азота, углеводородов и промышленной пыли. За год в атмосферу Земли выбрасывается 200 млн т оксида углерода, более 20 млрд т диоксида углерода, 150 млн т диоксида серы, 53 млн т оксидов азота, свыше 250 млн т пыли, 120 млн т золы, более 50 млн т различных углеводородов.

Прогрессирует насыщение биосферы тяжелыми металлами. За всю историю человеческого общества выплавлено около 20 млрд т железа. Количество железа в составе сооружений, машин, оборудования и т. д. сейчас исчисляется 6 млрд т., т. е. 14 млрд т рассеяно в окружающей среде. Другие металлы рассеиваются еще больше.

Выбросы предприятий химической промышленности: пыль, содержащая неорганические и органические вещества, газы.

Количество солнечной энергии, поступающей на Землю и отражаемой от нее в атмосферу, в различных широтах неодинаково. В результате этого атмосфера в разных районах земного шара нагревается неравномерно. Особенно большие различия температуры у поверхности наблюдаются между полярными и экваториальными областями. Эта неравномерность нагревания служит главной причиной общей циркуляции атмосферы, представляющей собой сложную систему воздушных течений над Землей. Благодаря такой циркуляции усредняется состав основных компонентов воздуха, а воздушные течения переносят водяной пар, а также загрязнения от океанов в континентальные районы.

Кроме крупномасштабных воздушных течений в нижних слоях атмосферы возникают многочисленные местные циркуляции, связанные с особенностями нагревания атмосферы в отдельных районах. Вследствие образования различных течений в атмосфере перемешиваются большие массы воздуха и на значительные расстояния перемещаются соединения, выделяемые теми или иными источниками на поверхности Земли.

Загрязняющие атмосферу вещества подразделяют на первичные и вторичные. Первичные содержатся непосредственно в выбросах предприятий и поступают с ними от различных источников, а вторичные являются продуктами трансформации первичных, или так называемого встречного синтеза, причем эти продукты во многих случаях значительно более опасны, чем первичные вещества. В загрязненной атмосфере образуются аэрозоли, количество которых уменьшается с увеличением относительной влажности воздуха.

Загрязнение уменьшает прозрачность атмосферы и видимость, появляются неприятные запахи.

Запыленность атмосферы оказывает влияние на отражательную способность Земли. Допустимая суммарная запыленность составляет 1,5 т/га, а в отдельных промышленных районах она достигает 60 т/га. Запыленность сокращает доступ солнечного излучения растениям и животным, способствует увеличению отраженного излучения и уменьшению излучения, достигающего Земли, что приводит к похолоданию климата. В то же время пыль, попадающая на поверхность ледников, поглощает солнечную энергию, способствуя их таянию.

Основную роль в изменении прозрачности воздуха играет накопление в атмосфере диоксида углерода. Ежегодно количество CO_2 в атмосфере возрастает на 0,4 % от общего его содержания. В настоящее время объемная доля CO_2 в атмосфере составляет 0,033 %. Диоксид углерода поглощает инфракрасное (тепловое) излучение, что при определенной концентрации может привести к глобальному повышению температуры (*парниковый эффект*).

При сжигании топлива выделяется в год $14,2 \cdot 10^{16}$ кДж теплоты, которая рассеивается в окружающей среде, изменяя температурный режим. По расчетам при ежегодном росте производства энергии на 6 % в середине XXI в. начнется повышение средней планетарной температуры.

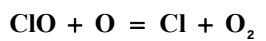
Количество озона в атмосфере невелико ($2 \cdot 10^{-6}$ % по объему), но он играет важную роль в предохранении земной поверхности от ультрафиолетовой части солнечного спектра. Разрушение озонового слоя происхо-

диг в результате окисления озоном различных веществ, в том числе продуктов сгорания топлива самолетов и ракет. Это грозит увеличением дозы ультрафиолетового излучения, достигающего земной поверхности. По некоторым данным, разрушение озонового слоя на 50 % повлечет за собой увеличение дозы ультрафиолетового облучения в 10 раз.

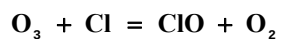
Процесс истощения озонового слоя наблюдается с начала 70-х гг. В последнее время получило распространение название *озоновые дыры*. Если сконцентрировать весь озон в условном сплошном слое, то его толщина не превысит 3 мм. Содержание озона максимально в верхних слоях тропосферы в приполярных областях, минимально – вблизи экватора.

Главной причиной сокращения озона является высокая концентрация в атмосфере монооксида хлора (ClO).

Атомарный хлор реагирует с озоном, преобразуя его в обычный кислород:



Высвобождающиеся атомы хлора вновь реагируют с озоном, вызывают цепную реакцию $\text{ClO} \rightarrow \text{Cl} \rightarrow \text{ClO}$, результатом которой является уничтожение озона:



Прежде чем хлор окажется связанным с каким-либо другим элементом, например водородом, может произойти разрушение многих тысяч молекул озона.

Основным источником хлора в атмосфере считаются фреоны – фтор- и фторхлоруглеводороды, широко используемые в качестве холодильных агентов (от лат. *фригус* – холод). Они используются не только в холодильных установках, но и в многочисленных бытовых аэрозольных баллонах с красками, лаками, инсектицидами. Молекулы фреонов отличаются стойкостью и способны практически без изменений переноситься с атмосферными массами на огромные расстояния. На высоте 20 км (зона максимального содержания озона) они подвергаются воздействию ультрафиолетовых лучей и распадаются с образованием атомарного хлора.

Запас кислорода уменьшается более чем на 10 млрд т. ежегодно в результате увеличения сжигания ископаемого топлива и уменьшения фотосинтетической активности растений, обусловленной загрязнением окружающей среды. Однако если сжечь все запасы ископаемого топлива, то будет использовано лишь 3 % запасов кислорода.

Проблема загрязнения атмосферы серосодержащими веществами является более острой. Наиболее сильно загрязнено северное полушарие Земли, в атмосфере которого находится 90 % серы антропогенного происхождения.

Диоксид серы оказывает вредное действие на растения, угнетая жизнедеятельность клеток. Листья растений покрываются бурыми пятнами, а потом засыхают. В атмосфере SO_2 окисляется до SO_3 . Соединяясь с водой, SO_3 образует серную кислоту, которая с металлами, имеющимися в атмосфере, образует сульфаты. Диоксид серы существует в атмосфере от нескольких часов до нескольких дней. Переносу SO_2 на расстояния и его рассеиванию в верхних слоях тропосферы способствует строительство высоких дымовых труб, это снижает локальное загрязнение атмосферы. В результате такого приема увеличивается время пребывания серосодержащих соединений в воздушной среде. Диоксид серы (в сочетании с водяным туманом) является главным компонентом сернистого смога, который иногда называют смогом лондонского типа, поскольку впервые от него сильно пострадали в 1952 г. жители этого города.

Существенный ущерб качеству воды и почвы наносят так называемые *кислотные осадки* (дождь и снег). В результате сгорания угля, нефти, газа большая часть содержащейся в них серы превращается в диоксид серы, а атмосферный азот реагирует с кислородом, образуя оксиды азота. Далее в результате соединения с атмосферной влагой эти оксиды образуют серную и азотную кислоты, выпадающие с осадками.

Кислотность обычной дождевой воды равна 5,6. Известны случаи, когда кислотность осадков достигала 2,3 (кислотность сока лимона). Такие осадки отрицательно воздействуют на хвою и листву деревьев, на зеленый ассимиляционный аппарат травянистых растений, приводят к закислению воды, уничтожающему популяции многих водных организмов (особенно беспозвоночных, фито- и зоопланктона).

Соединения, содержащие серу, не только вымываются из атмосферы при выпадении осадков, но и удаляются из нее под действием гравитационных сил в сухом виде.

Другая серьезная проблема связана с присутствием сульфатов в атмосфере. Частицы сульфатов рассеивают свет, ухудшают видимость и оказывают отрицательное воздействие на организм человека. На интенсивность рассеивания света влияет и влажность воздуха. Сульфат и гидросульфат аммония – гигроскопичные вещества, поэтому повышение влажности воздуха способствует поглощению влаги этими веществами и усилению рассеивания света.

Выбросы диоксида серы с отходящими газами промышленности наносят большой экономический ущерб, так как безвозвратно теряется огромное количество ценного для народного хозяйства вещества. Учитывая то, что мировые разведанные запасы серы близки к истощению, необходима разработка эффективных методов улавливания и переработки газов, содержащих SO_2 , на серу, серную кислоту и сульфаты. Наибольшее количество диоксида серы выбрасывается с отходящими газами предприятий теплоэнергетики, черной и цветной металлургии, химической и нефтехимической промышленности, промышленности стройматериалов, транспорта и др.

7.3. Проблемы литосферы

Литосфера – верхняя твердая оболочка Земли, постепенно с глубиной переходящая в сферы с меньшей плотностью вещества. Включает земную кору и верхнюю мантию Земли. Мощность литосферы 50-200 км, в том числе земной коры – до 50-75 км на континентах и 5-10 км на дне океана. Верхние слои литосферы (до 2-3 км, по некоторым данным – до 8,5 км) называются *литобiosферой*. В некоторых книгах понятия «литосфера» и «земная кора» рассматриваются как синонимы.

Химический состав земной коры на глубинах 10-20 км в основном (более 99 %) следующий (в массовых долях, %):

Кислород 49,13	Калий 2,35
Кремний 26,00	Магний 2,35
Алюминий 7,45	Водород 1,00
Железо 4,20	Титан 0,61
Кальций 3,25	Углерод 0,35
Натрий 2,40	Хлор 0,20

Природные химические соединения элементов земной коры называются *минералами*. Из них и состоят многочисленные типы горных пород. Основными группами горных пород являются магматические, осадочные и метаморфические.



Определение

Магматические породы – это результат застывания вулканической магмы, разлившейся по поверхности суши или внедрившейся в глубь земной коры.

На глубине 15-30 км магматические породы представлены в основном гранитом. Подсчитано, что в 100 т гранита содержится в среднем 5 т железа, 0,54 т титана, 80 кг марганца, 30 кг хрома, а также никель, ванадий, медь, вольфрам.



Определение

Осадочные породы – это преимущественно поверхностные образования, возникшие при разрушении и перетолжении других, ранее сформировавшихся горных пород.

Метаморфические (от греч. *метаморфоз* – превращение) **породы** – это продукты изменения магматических и осадочных пород в результате воздействия физико-химических процессов, в основном – высоких температур и давлений.

Литосфера не является застывшим, неподвижным образованием. В ней постоянно происходят длительные (многовековые перемещения материков) и кратковременные (землетрясения) физические процессы, вулканические извержения.

Человек практически не воздействует на литосферу, хотя верхние горизонты земной коры подвергаются сильной трансформации в результате эксплуатации месторождений полезных ископаемых. Существуют проекты (отчасти реализованные) захоронения в недрах жидких и твердых промышленных отходов. Такие захоронения, а также подземные ядерные испытания могут инициировать так называемые «наведенные» землетрясения.

Наибольшей трансформации подвергается самый верхний, поверхностный горизонт литосферы в пределах суши. Суша занимает 29,2 % поверхности земного шара и включает земли различной категории, из которых важнейшее значение имеет плодородная почва. При неправильной эксплуатации в результате эрозии, засоления, загрязнения промышленными и иными отходами почвы безвозвратно уничтожаются. Под влиянием деятельности людей возникает ускоренная эрозия, когда почвы разрушаются в 100-1000 раз быстрее, чем в естественных условиях. В результате такой эрозии за последнее столетие утрачено 2 млрд га или 27 % плодородных земельных угодий.

Площади пахотных земель постоянно сокращаются из-за горнопромышленных разработок, расширения селитебных зон (территорий, предназначенных для жилья), промышленного и гидротех-

нического строительства. Застроенные земли занимают более 150 млн га. Полностью урбанизированная поверхность, где дождевая вода не проникает в почву, составляет около 50 млн га.

Во время *пыльных бурь* (крайней формы почвенной эрозии) с каждого слоя пашни толщиной 1 см сносится до 30 кг/га азота, 22 кг/га фосфора, более 30 кг/га калия.

Разрушению почв и интенсификации эрозионных процессов способствует вырубка лесных экосистем – средообразователей, площадь которых за последние 10 тыс. лет сократилась вдвое.



Основными загрязняющими почву веществами являются металлы и их соединения, радиоактивные вещества, удобрения и пестициды.

Главные источники загрязнения почвы следующие:

1. *Жилые дома и бытовые предприятия*: мусор, пищевые отходы, фекалии, строительный мусор, отходы отопительных систем.
2. *Промышленные предприятия*: твердые и жидкие промышленные отходы
3. *Теплоэнергетика*: шлаки от сжигания угля, сажа, несгоревшие частицы, оксиды серы.
4. *Сельское хозяйство*: удобрения, ядохимикаты.
5. *Транспорт*: оксиды азота, свинец, углеводороды и другие вещества.

Самоочищение почв, как правило, – медленный процесс. Токсичные вещества накапливаются, что способствует изменению химического состава почв. В почвах накапливаются соединения металлов: железа, ртути, свинца, меди и др. Ртуть поступает в почву с пестицидами (ядохимикатами) и промышленными отходами. Суммарные неконтролируемые выбросы ртути составляют 4-5 тыс т в год, а из каждой тонны добываемого свинца до 25 кг поступает в окружающую среду. Огромное количество свинца выделяется в атмосферу и с выхлопными газами автомобилей.

За столетие (1870-1970 гг.) на земную поверхность осело свыше 20 млрд т шлаков, 3 млрд т золы. Выбросы цинка, сурьмы составили по 600 тыс. т, мышьяка – 1,5 млн т, кобальта – свыше 0,9 млн т, никеля – более 1 млн т.

Тема 8.

Экологические проблемы РФ



Особенности России: природно-территориальные, социально-экономические, демографические. Причины увеличения заболеваний Проблемы воды, почвы, леса, энергоресурсов. Экологическая ситуация на территории РФ. Региональные экологические проблемы. Причины проблем. Экологические проблемы крупных городов и сельских районов. Рекреационные районы.

Для России характерны экологические проблемы, как свойственные всему миру, так и специфические, обусловленные ее природными и социально-экономическими особенностями.

Рассмотрим последние подробнее:

- природно-территориальные
Большая территория (11,5 %) общей поверхности суши.
Неравномерное распределение населения по территории при низкой средней плотности населения.
Большое природное разнообразие.
- социально-экономические
Тяжелое наследие прежних затратно-экстенсивных методов хозяйствования: нерациональное использование природных ресурсов; накопление отходов; загрязнение окружающей среды.
Неустановившиеся общественно-правовые нормативы.
Пренебрежительное отношение к законам.
Бедность большинства населения.
Использование ресурсов и ландшафтов без должного контроля.
- демографические
Отрицательный прирост населения.
Высокая детская смертность.

Ухудшение генетического фонда населения.

Снижение продолжительности жизни.

К демографическим проблемам можно отнести увеличение заболеваний. Их причины:

- загрязнение воздушной среды;
- потребление недоброкачественной воды (68% населения пользуется водой из поверхностных источников);
- использование недоброкачественных продуктов (5-10% продуктов питания содержат тяжелые металлы, 8-10% – недоброкачественны по бактериологическим показателям);
- дефицит витаминов и минеральных веществ (наблюдается в рационе более 52% населения);
- дефицит белков (25% населения).

8.1. Проблемы воды

Россия богата водными ресурсами. Среднегодовой сток всех рек России составляет около 10% мирового стока. Основными водопотребителями являются промышленность (50%) и сельское хозяйство (20%).

Таблица 8

Распределение вод

Регион	Население, %	Сток, %
Каспийский и Азово-Черноморский	80	9
Северный и Восточный	10	15

Таблица 9

Изъятие вод

Река	Изъятие, % стока	Изъятие, км ³ /год
Волга	9,5	22
Дон	26,7	7,5
Урал	34,2	2,7
Кубань	43,1	5,6
Терек	60,2	5,0
Обь	3	11,7

Таблица 10

Дефицит стока

Море	Дефицит стока, км ³ /год	Дефицит стока, %
Каспийское	38	12
Азовское	12	29
Аральское	23	43

Главные проблемы водопотребления:

- неравномерное распределение и изъятие вод по территории страны;
- истощение запасов подземных вод (уровень подземных вод снизился на десятки метров);
- недопустимо высокое загрязнение вод поверхностным стоком вод (70% рек и озер России утратили свои качества как источники питьевого водоснабжения), которому способствуют бессистемные рубки леса;
- загрязнение вод от сплава древесины (потери составляют 3-5 %), наиболее ядовитыми отложениями являются фенол и его производные;
- загрязнение вод при транспортировке нефтепродуктов (нарушается процесс самоочищения природных систем);
- заиление, накопление тяжелых металлов и радиоактивных веществ;
- тепловое загрязнение;
- эвтрофикация вод;
- неэкономное использование водных ресурсов (в сельском хозяйстве используются неэффективные методы орошения, связанные с фильтрацией, заболачиванием или засолением почв; в быту расход достигает 500 л/сут на человека, что в 2 раза превышает уровень потребления воды в странах с нормированным водопользованием);
- неоправданно много воды, пригодной для питья, используется в промышленности (для канализации, орошения, мытья машин);
- неудовлетворительное обеспечение питьевой водой населения (70% населения пользуется водой из поверхностных источников).

8.2. Проблемы почвы

Площадь пахотных земель России составляет около 150 млн га. На одного россиянина приходится в 4 раза больше пахотной земли, чем в среднем по миру. Лесом покрыто 765 млн га, а с учетом болот и кустарников – 940 млн га.

Главные проблемы почвы:

- невысокое плодородие;
- низкая предшествующая культура земледелия (35% пахотной земли подвержено эрозии, 25% орошаемых земель нарушено: засолено, заболочено, подвержено эрозии);
- сохраняется тенденция потери гумуса (80% земель относится к категории с низким и средним содержанием гумуса);
- низкая урожайность при высоких затратах на земледелие;
- значительная площадь загрязнена промышленными выбросами (только аварий на ЧАЭС – 2 млн га);
- велики потери на отчуждения, не связанные с получением биологической продукцией (строительство ГЭС на европейской территории вывело из оборота 6 млн га земель, в том числе 50% пойменных).

Таблица 11

Страна	Повышение урожайности при внесении 1т удобрений, %
США, Китай	18
Индия	16
Россия	8

8.3. Проблемы леса

Россия богата лесами: на одного россиянина приходится около 5 га. В настоящее время главной проблемой является истощение лесов. При этом КПД использования заготовленной древесины составляет только 20-30%.

Главные причины потерь лесных ресурсов:

- недорубы: оставление частей деревьев на лесосеках;
- оставление срубленных деревьев на месте заготовки;

- неиспользование древесины второстепенных деревьев, пней, сучьев и т.п.;
- несовершенная технология транспортировки;
- несовершенная технология складирования;
- несовершенная технология лесопиления: при изъятии древесины практически не проводятся работы по восстановлению экосистем;
- недостаточное проведение лесовосстановительных работ: (лесопосадки проводятся на площади около 0,5 млн га/год);
- несовершенная технология обработки древесины: низкий КПД использования;
- необоснованно большие площади вырубаемых лесов: около 2 млн га/год;
- нерациональность лесозаготовок (2/3 всего объема древесины заготавливается в Европейско-Уральском регионе, хотя наибольшие запасы спелых лесов находятся в Сибирском и Дальневосточном регионах);
- лесные пожары уносят около 1,6 млн га/год.

8.4. Проблемы энергоресурсов

В настоящее время в России 2/3 энергии вырабатывается на ТЭС; работает 28 атомных реакторов, вырабатывающих около 11% энергии (до аварии на ЧАЭС число атомных реакторов достигало 46). Перспективными энергоносителями для России является природный газ (около 40% мировых запасов) и уголь (более 40% мировых запасов). Использование нефти и нефтепродуктов (5-6% мировых запасов) в качестве энергоносителей постепенно сокращается. Основные запасы угля являются высокозольными с повышенным содержанием серы и других примесей (до 50-60% при норме 9%). Использование таких углей усилит проблемы загрязнения окружающей среды.

Главные источники потерь энергетических ресурсов:

- несовершенные технологии добычи энергоресурсов: КПД извлечения нефти составляет около 30%;
- несовершенные технологии транспортировки энергоносителей;
- несовершенные технологии переработки энергоносителей.

Основные проблемы энергетики России связаны с недостаточным использованием ресурсосберегающих, малоотходных и природосберегающих технологий.

8.5. Региональные экологические проблемы

О неблагоприятной экологической ситуации во многих районах России свидетельствуют факты выделения «зон экологического бедствия» и зон «чрезвычайных экологических ситуаций». Выделение таких зон предусмотрено Законом Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды».



В соответствии с этим законом **зонами экологического бедствия** объявляются территории, где деятельность человека вызвала глубокие необратимые изменения окружающей природной среды, повлекшие за собой существенное ухудшение здоровья населения, нарушение природного равновесия, разрушение естественных экосистем, деградацию флоры и фауны.

К **зонам чрезвычайных экологических ситуаций** признано необходимым относить территории, где в результате хозяйственной и иной деятельности происходят устойчивые отрицательные изменения в окружающей природной среде, угрожающие здоровью населения, состоянию естественных экологических систем, генетических фондов растений и животных.

На начало 1993 г. имелось более 290 заявок с мест о присвоении их территориям и пунктам статуса в разной степени экологически напряженной ситуации. На этих территориях проживает около 34 млн. человек, а площадь их близка к 10% от территории РФ. Некоторые из таких территорий представлены в таблице 12.

Таблица 12

**Территории Российской Федерации
с напряженной экологической ситуацией²**

Территории с неблагоприятными экологи- ческими ситуациями	Причины ситуации
Кольский полуостров	Нарушение земель горными разра- ботками, истощение и загрязнение вод суши, загрязнение атмосферы, деградация экосистем, нарушение режима охраняемых территорий
Московский регион	Загрязнение атмосферы, истощение и загрязнение вод суши, потери про- дуктивных земель, загрязнение почв, деградация лесных массивов
Северный Прикаспий	Нарушение земель разработками нефти и газа, истощение и загрязне- ние вод суши, загрязнение моря, по- тери продуктивных земель, деграда- ция лесных массивов
Среднее Поволжье и Прикамье	Истощение и загрязнение вод суши, нарушение земель горными разра- ботками, эрозия почв, оврагообразо- вание, загрязнение атмосферы, обез- лесение, деградация лесных массивов
Промышленная зона Урала	Нарушение земель горными разрабoт- ками, загрязнение атмосферы, истоще- ние и загрязнение вод суши, загрязне- ние почв, утрата продуктивных земель, деградация лесных массивов, радиоак- тивное загрязнение
Нефтегазопромысловые районы Западной Сибири	Нарушение земель разработками неф- ти и газа, загрязнение почв, деградация оленьих пастбищ, истощение рыбных ресурсов и промысловой фауны, нару- шение режима особо охраняемых тер- риторий

² Т. А. Акимова, В. В. Хаскин, 1994.

Таблица 12 (продолжение)

Территории с неблагоприятными экологическими ситуациями	Причины ситуации
Кузбасс	Нарушение земель горными разработками, загрязнение атмосферы, истощение и загрязнение вод суши, загрязнение почв, утрата продуктивных земель, дефляция почв
Районы озера Байкал	Загрязнение вод, атмосферы, истощение рыбных ресурсов, деградация лесных массивов, оврагообразование, нарушение мерзлотного режима почвогрунтов, нарушение режима особо охраняемых природных территорий
Норильский промышленный район	Нарушение земель горными разработками, загрязнение воздуха и вод, нарушение мерзлотного режима почвогрунтов, нарушение режима охраняемых лесов, снижение природно-рекреационных качеств ландшафтов
Калмыкия	Деградация естественных кормовых угодий, эрозия почв
Новая Земля	Радиоактивное загрязнение
Зона аварии на ЧАЭС	Радиационное поражение обширной территории, загрязнение атмосферы, истощение и загрязнение вод суши, загрязнение почв
Рекреационные зоны побережий Черного и Азовского морей	Истощение и загрязнение вод суши, загрязнение морей, атмосферы, снижение и потеря природно-рекреационных качеств ландшафта, нарушение режима особо охраняемых территорий

Кроме перечисленных в таблице, Н. Ф. Реймерс называет некоторые другие районы или объекты с неблагоприятной или крайне неблагоприятной экологической ситуацией. Некоторые из этих объектов полностью расположены на территории России, другие (моря, океаны) контактируют и с другими странами. В их числе можно назвать следующие.

Черное море. Многими экспертами его состояние оценивается как критическое. Основными причинами такого состояния является загрязнение фенолами и поверхностно-активными веществами. В отдельных природных акваториях предельно допустимые концентрации этих загрязнителей превышаются в 30-50 раз. Значительные площади поверхности покрыты нефтяной пленкой. Специфической проблемой Черного моря является наличие в глубинных горизонтах практически безжизненной сероводородной зоны. Эта зона отмечается обычно с 90-метровой глубины. Имеются сведения, что она постепенно поднимается к поверхности. В целом воды Черного моря, особенно в зонах с интенсивной антропогенной нагрузкой, имеют пониженную способность к самоочищению.

Балтийское море. Экологическое состояние моря оценивается как кризисно-критическое, а местами и как катастрофическое. Основные причины: сильное загрязнение (особенно фенолами и нефтяной пленкой) и перепромысел биологических ресурсов. Использование последних превысило допустимый 10-процентный уровень. Такие ранее широко распространенные виды, как треска и продукт ее питания мойва, находятся на грани исчезновения. Требуются срочные меры по спасению этого водного объекта.

Балтийское море. Это море, которое, кроме того что испытывает колоссальные антропогенные нагрузки, обладает замедленным водообменом и пониженной способностью к самоочищению. Море омывает берега ряда государств (России, Швеции, Финляндии, Эстонии, Латвии, Литвы, Польши, Дании, Германии). На побережье проживает не менее 20 млн. человек. В него поступает много стоков, являющихся источниками как химического, так и теплового загрязнения. Море мелководно (средняя глубина его около 55 м). С Атлантическим океаном оно соединяется узкими и неглубокими проливами, поэтому водообмен замедлен.

Для моря характерен повышенный уровень загрязнения фенолами, фосфором, пестицидами, тяжелыми металлами (содержание свинца, например, в донных отложениях моря выше, чем в окружающих его структурах литосферы, в 10 раз). Увеличивается также содержание в водах и донных отложениях радионуклидов. С глубины 80 м, как и в Черном море, наблюдается сероводородная зона. В 1981 г. море пережило крупную экологическую катастрофу, связанную с крушением английского танкера. Будучи выброшенным на камни, он раскололся, и в море вылилось около 17 тыс. т ма-

зута, масляное пятно от которого составило 140 тыс. м². Были загрязнены значительные площади побережий и пляжи Кушской косы.

В море прогрессируют процессы эвтрофикации, периодически наблюдаются вспышки бурного развития водорослей, которые получили название красных приливов. Последние являются причиной гибели рыбы и тюленей (особенно распространенное явление было зафиксировано в 1987-1988 гг.).

В отдельных акваториях моря (например, в Невской губе) состояние оценивается как кризисное с приближением к критическому. В целом же море пока не потеряло свойств саморегулирования и состояние его приближается к критическому.

Северное и Белое моря. Состояние этих морей оценивается как предкризисное, а местами как кризисное и катастрофическое. Основное воздействие связано с загрязнением нефтью, фенолами и продуктами лесохозяйственного комплекса. Последнее особенно характерно для Онежского и Двинского заливов Белого моря. Для всех северных морей типична пониженная способность самоочищения в связи с низкими температурами.

Воды, омывающие берега России на востоке и северо-востоке. Неблагоприятна экологическая ситуация на отдельных участках побережья Камчатки. Так, в Камчатском заливе и Авачинской бухте загрязнение нефтепродуктами достигает 4-6 ПДК, а фенолами и поверхностно-активными веществами – 10 ПДК.

В примыкающей к России части Японского моря и в Охотском море значительно загрязнение нефтепродуктами, фенолами, аммонийным азотом (до 3-4 ПДК). В критическом состоянии отдельные виды и популяции рыб, крабов. В целом состояние морей оценивается как равновесное, местами оно рассматривается как кризисное.

Река Волга и ее бассейн. Длина Волги равна 3530 км. Бассейн ее занимает площадь, равную 1 млн. 360 тыс. км². Это около 8% от всей территории Российской Федерации и 70% ее европейской части.

Экологически перегружены как сама водная артерия, так и ее бассейн. Практически на всем протяжении Волга превращена в водохранилища. Среди них 15 крупных, построенных на Волге и Каме, и около 220 средних и крупных, перекрывающих русла других рек в бассейне. Река практически перестала существовать как динамичная транзитная экосистема. Сброс загрязненных вод составляет около 25 км³/год. Изменение гидрологического режима реки имеет следствием обогащение вод минеральными и органическими веще-

ствами, обеднение кислородом, резкое уменьшение способности самоочищения. Произошла замена более ценных видов рыб менее ценными, резко увеличилось заболевание рыб, особенно гельминтами. Нарушились пути миграции и нереста осетровых, обитающих в Каспии. Результатом переобогащения вод минеральными веществами и органикой явилось зарастание мелководий и размножение водорослей, в том числе и сине-зеленых.

Сказывается имевшая место перегруженность бассейна промышленностью и энергетикой, особенно в районах расположения ГЭС и крупных городов (Саратов, Самара, Волгоград и др.). Значительно ухудшилась экологическая обстановка в низовьях Волги после строительства Астраханского газоконденсатного комплекса для получения серы. Комбинат перерабатывает сырье с большим содержанием (до 25%) сероводорода и сернистого ангидрида. Значительные количества этих и других вредных соединений поступают в атмосферу и другие звенья окружающей среды.

В настоящее время в связи с кризисными явлениями в промышленности и сельском хозяйстве состояние Волги, как и других рек, заметно улучшилось, поскольку предприятия, работая не на полную мощность и с перебоями, не вносят в окружающую среду прежнего количества загрязняющих веществ.

Города и промышленные комплексы с недопустимо высоким загрязнением среды. На территории России имеется не менее 70 городов, где в 5-10 и более раз систематически превышает ПДК по содержанию вредных веществ. Среди них Москва, Нижний Новгород, Волгоград, Саратов, Самара, Уфа, Пермь, Омск, Красноярск, Иркутск, Кемерово, Магнитогорск, Череповец, Братск и др. Высокая степень загрязнения такими опасными веществами, как диоксид серы, характерна для Нижнего Тагила, Оренбурга, Кузбасса, Норильска, территорий, примыкающих к Канско-Ачинскому природно-территориальному комплексу и Астраханскому газовому месторождению. Районы выпадения кислотных осадков приурочены в основном к Красноярску (рН 3,8-4,9), Санкт-Петербургу (рН 3,7-4,8), Казани (рН – до 3,3). В целом почти 40% населения страны живет в условиях хронического нарушения санитарно-гигиенических норм качества воздушной среды.

Неблагоприятна в целом экологическая обстановка в северных районах страны. Это связано как с высокой техногенной нагрузкой на отдельные экосистемы, так и с повышенной их ранимостью, мед-

ленным восстановлением, слабой способностью к самоочищению. Из 390 зарегистрированных территорий с неблагоприятными экологическими ситуациями многие расположены на севере. К ним относятся Кольский полуостров, Северная Земля, Ямало-Ненецкий национальный округ, район Норильска – Дудинки. В окрестностях Норильска расширяется техногенная пустыня вблизи металлургического комплекса. Леса деградировали на площади около 0,5 млн. га. Типично загрязнение многими ингредиентами: хлором (5 ПДК), двуокисью азота и сернистым ангидридом (до 15-20 ПДК).

Тема 9.

Мониторинг экосистем



Краткое
содержание

Мониторинг. Виды мониторинга. Методы наблюдений. Биоиндикаторы. Экологический мониторинг. Антропогенные воздействия. Нормирование антропогенных воздействий. Категории постов наблюдения. Производственный экологический мониторинг (ПЭМ-система). Стандарты экологического мониторинга.



Определение

Мониторинг – предупреждение, слежение за какими-либо объектами или явлениями. Применительно к целям экологии – наблюдение и прогноз состояния природной среды, оценка ее изменений под влиянием различных видов деятельности человека.

Полученная информация используется для исключения или уменьшения вероятности возникновения неблагоприятных экологических ситуаций, охраны природных и созданных человеком объектов, сохранения среды, здоровья и благополучия людей.

Различают несколько видов мониторингов.

По *масштабам воздействия* мониторинг бывает пространственным и временным.

По *используемым методам* – космический, авиационный, наземный. По *методам исследований* – химический, физический, биологический и другие.

По *территориальному признаку* выделяют локальный, региональный, импактный, базовый (фоновый), национальный и глобальный (биосферный) мониторинга.

Локальный мониторинг обычно относится к отдельным объектам, чаще всего подверженным каким-либо интенсивным антропогенным нагрузкам. Это могут быть лесные, водные, горные и другие объекты.

Региональный мониторинг охватывает значительные по площади районы, которые, как правило, отличаются от соседних по природным условиям (например, природные зоны, ландшафтные комплексы, рекреационные территории вокруг городов и т. п.).

Импактный мониторинг – мониторинг региональных и локальных антропогенных воздействий в особо опасных зонах и местах.

Национальный мониторинг проводится в масштабах отдельной страны.

Базовый (фоновый) мониторинг – наблюдение за общебиосферными явлениями без наложения на них антропогенных влияний.

Глобальный (биосферный) мониторинг ставит своей целью получение информации о биосфере в целом или об отдельных биосферных процессах (изменение климата, изменение химизма атмосферы, наблюдение за озоновым экраном и т. п.). Для глобального мониторинга широко используются космические наблюдения. Последние обычно дополняются наземными исследованиями, например, в биосферных заповедниках.

Наблюдения из космоса дают возможность составить представление об отдельных изменениях в биосфере, которые при других методах не выявляются.

Авиационные наблюдения в отличие от космических, как правило, ориентированы на региональные или локальные явления. Наблюдения чаще всего ведутся за отдельными объектами, например лесными. Инвентаризация лесов производится с определенной периодичностью, которая зависит от целей, например, через 3-5 лет при учете лесных ресурсов и более часто при выявлении площадей, пораженных вредителями, пожарами или промышленными выбросами.

Наземный мониторинг проводится, во-первых, для уточнения данных, полученных с космических или авиационных аппаратов, а во-вторых, для наблюдений, которые не могут быть выполнены другими методами: например, определение химических или физических характеристик приземного слоя воздуха и почв, растительности или вод.

При наземном мониторинге широко используют биологические методы наблюдений. Различают методы прямого, т. е. непосредственно за состоянием объекта и косвенного наблюдения за

поведением наиболее чувствительных видов живых организмов к отдельным загрязнениям. Такие виды называют *биоиндикаторами*.

В качестве биоиндикаторов широко используются лишайники, а сам метод носит название *лихеноиндикация*. Высокая чувствительность лишайников к различным загрязнениям связана с тем, что они поглощают вещества из среды всем телом (по типу губчатого материала и с минимальной избирательностью). По этой причине, а также из-за замедленного обмена веществ лишайники, аккумулируя вредные вещества, отравляются и погибают.

Кроме лишайников, чувствительным индикатором являются хвойные деревья, отличающиеся высокой отзывчивостью на загрязнения (сосна, ель, пихта).

Для биологических наблюдений используется также концентрационная функция живых организмов – способность их к накоплению отдельных загрязнителей. В *таблице 13* приводятся примеры растений, наиболее чувствительных к отдельным загрязняющим веществам.

Таблица 13

Загрязняющие вещества и растения-индикаторы

Загрязняющие вещества	Растения-индикаторы
Общее загрязнение	Лишайники, мхи
Тяжелые металлы	Слива, фасоль обыкновенная
Диоксид серы	Ель, люцерна
Фтористый водород	Береза бородавчатая, земляника
Аммиак	Подсолнечник, конский каштан
Сероводород	Шпинат, горох
Фотохимический смог	Крапива, табак
Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ)	Соя, недотрога обыкновенная

В водных системах в качестве биоиндикаторов часто используются животные организмы или их группы. Так, о чистой воде свидетельствует наличие в ней ручейников, личинок поденок и веснянок. Даже при незначительном загрязнении они исчезают.

В качестве биоиндикаторов, позволяющих наблюдать за загрязнением атмосферы, можно использовать (по Лопатину):

- листовой лишайник (*Hypogymnia physodes*), который наиболее чувствителен к кислотным загрязнителям и тяжелым металлам;
- табак, фасоль, крапиву жгучую для определения фотоокислителей (озон);
- кормовую капусту для определения канцерогенных полициклических ароматических углеводородов;
- травяные культуры (плевел многоцветковый и др.) для определения накопления в растительности вредных веществ (серы, фторида, тяжелых металлов).

Умеренное загрязнение переносят личинки мошек, личинки стрекоз, двусторчатые моллюски. О сильном загрязнении вод свидетельствует заселение их личинками комара-звонца (мотыля).



Под **экологическим мониторингом** понимают проводимые по определенным программам регулярные наблюдения за природными средами, природными ресурсами, растительным и животным миром, источниками антропогенного воздействия, позволяющие выявить происходящие в них под влиянием антропогенной деятельности неблагоприятные изменения, а также прогнозировать последствия данных изменений для состояния объекта наблюдения.

Антропогенные воздействия на природные комплексы:

- выделение в природные среды веществ, энергии и излучений;
- изъятие ресурсов;
- изменения природных ландшафтов в результате техногенной и иной деятельности человека.

В основе нормирования антропогенных воздействий лежит установление *предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ* в различных средах.

В воздушной среде:

- ПДК_{рз} – *предельно допустимая концентрация вещества в воздухе рабочей зоны, мг/м³*. Это концентрация вещества при ежедневной (кроме выходных дней) работе в пределах 8 ч или другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа, которая не должна вызывать в состоянии

здоровья настоящего и последующего поколений заболеваний или отклонений, обнаруживаемых современными методами исследования в процессе работы. Рабочей зоной считается пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которой находятся места постоянного или временного пребывания работающих;

- ПДКм р – *предельно допустимая максимальная разовая концентрация* вещества в воздухе населенных мест, мг/м³. Эта концентрация при вдыхании в течение 20 мин не должна вызывать рефлекторных реакций в организме человека;
- ПДКсс – *предельно допустимая среднесуточная концентрация* вещества в воздухе населенных мест, мг/м³. Эта концентрация не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неограниченно продолжительном вдыхании.

В водной среде:

- ПДКв – *предельно допустимая концентрация* вещества в воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, мг/л. Эта концентрация не должна оказывать прямого или косвенного влияния на органы человека в течение всей его жизни, а также на здоровье последующих поколений и не должна ухудшать гигиенические условия водопользования;
- ПДКвр – *предельно допустимая концентрация* вещества в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей, мг/л;

Интегральные показатели для воды:

- БПК – *биологическая потребность в кислороде* – количество кислорода, использованного при биохимических процессах окисления органических веществ (исключая процессы нитрификации) за определенное время инкубации пробы (2, 5, 20, 120 суток), мг О₂/л воды (БПК_п – за 20 суток, БПК₅ – за 5 суток);
- ХПК – *химическая потребность в кислороде*, т. е. количество кислорода, эквивалентное количеству расходуемого окислителя, необходимого для окисления всех восстановителей, содержащихся в воде, мг О₂/л воды.

По отношению $ВПК_{\text{п}} / ХПК$ судят об эффективности биохимического окисления веществ.

В почве:

- $ПДК_{\text{п}}$ – предельно допустимая концентрация вещества в пахотном слое почвы, мг/кг. Эта концентрация не должна вызывать прямого и косвенного отрицательного влияния на здоровье человека, а также на самоочищающую способность почвы;
- $ПДК_{\text{пр}}$ (ДОК) – предельно допустимая концентрация (допустимое остаточное количество) вещества в продуктах питания, мг/кг.

Если величина ПДК в различных средах не установлена, действует временный гигиенический норматив ВДК (ОБУВ) – временно допустимая концентрация (ориентировочно безопасный уровень воздействия) вещества. Временный норматив устанавливается на определенный срок (2–3 года).

Различные вещества могут оказывать сходное неблагоприятное воздействие на организм. Например, существует эффект суммации для диоксида азота и формальдегида, фенола и ацетона, этанола и целой группы органических веществ. Для токсичных веществ безопасная концентрация определяется соотношением $C/ПДК < 1$, где C – фактическая концентрация вещества в среде.

Для нескольких веществ эффект суммации означает, что сумма отношений концентраций к ПДК не должна быть больше единицы.

Для более полной оценки качества окружающей среды используют следующие показатели (предельно допустимую экологическую нагрузку (ПДЭН)):

- ПДВ – предельно допустимый выброс;
- ПДУ – предельно допустимый уровень;
- ПДС – предельно допустимый сброс. Анализ возможностей управления антропогенными нагрузками на окружающую среду показывает, что единственной структурой окружающей среды, которая поддается организационному управлению, являются антропогенные источники. Регулируя эмиссии веществ, энергии и излучения, вмешательство в природные ландшафты, можно изменять в достаточно широких пределах воздействия на природные комплексы, добиваясь при этом их определенного качества.

При осуществлении экологического мониторинга по различным природным средам имеются свои особенности. Например, практически контроль за соблюдением нормативов предельно допустимых выбросов (ПДВ) загрязняющих веществ в атмосферу проводится таким образом:

- непосредственно на источниках выбросов;
- по фактическому загрязнению атмосферного воздуха в специально выбранных контрольных точках (постах), установленных предприятием по согласованию с местными органами Росгидромета и МПР России на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) или в селитебной зоне населенного пункта.

По степени организации различаются три *категории постов наблюдения*:

- стационарный;
- маршрутный;
- передвижной (подфакельный).

К примеру, на предприятиях топливно-энергетического комплекса (нефтяной, газовой промышленности и др.) контроль осуществляется за следующими основными загрязняющими природную среду веществами:

- при строительстве – нефтепродуктами, CO, NOx, SO₂;
- при эксплуатации – NOx, CO, SO₂, H₂S, метаном, метанолом, нефтепродуктами; летучими органическими соединениями.

Кроме того, контролируется возможность аварийных и взрывоопасных ситуаций, уровень шума в рабочей зоне.

Частью системы управления окружающей средой на предприятии является *производственный экологический мониторинг*.

Системно организованный мониторинг, ориентированный на информационное обеспечение комплексного управления качеством окружающей среды и производственными процессами, должен:

- обеспечить постоянную оценку экологических условий среды обитания человека и живых организмов;
- выявить текущее состояние природных сред, биологических объектов (растений, животных, микроорганизмов и т.д.);

- установить функциональную целостность экосистем;
- определить корректирующие действия в тех случаях, когда целевые показатели экологических условий не достигаются.

В этом отношении важен *международный стандарт ИСО 14001*, на базе которого был разработан и принят *Российский стандарт ГОСТ Р ИСО 14001-98*. Системы управления окружающей средой. Требования и руководство по применению.

Требования к системе управления окружающей средой в организации охватывают следующие направления: основные аспекты; экологическая политика; планирование (экологические стороны деятельности, правовые и другие требования, цели и задачи, программа экологического управления); создание, внедрение и функционирование (структура и ответственность, обучение, повышение квалификации и компетентность, коммуникации, документация, контроль и ведение документации, функциональный (операционный) контроль, подготовленность к аварийным ситуациям и действия по их устранению); надзорные и корректирующие действия (мониторинг и измерения, выявление отклонений, корректирующие и превентивные действия, протоколы (записи) данных, аудит системы управления окружающей средой); анализ (экспертиза) управления со стороны руководства.

Большое значение имеет *международный стандарт ИСО 14004*, на базе которого был разработан и принят *Российский стандарт ГОСТ Р ИСО 14004 – 98*. Системы управления окружающей средой. Общие руководящие указания по принципам, системам и средствам обеспечения функционирования.

Технико-экономические обоснования систем экологического мониторинга различных отраслей и предприятий в нашей стране в последние годы разрабатывались во исполнение постановления Правительства РФ от 24 ноября 1993 г. «О создании Единой государственной системы экологического мониторинга». Единая государственная система экологического мониторинга РФ (ЕГСЭМ) является формой организации Государственной службы наблюдения за состоянием окружающей среды в соответствии со ст. 69 Закона РФ «Об охране окружающей природной среды», принятым еще в 1991 г.

Единая государственная система экологического мониторинга создается как располагающая собственными правилами

процедуры и управления система, обеспечивающая информационную поддержку управления экологической обстановкой на территории России и использующая необходимые для этого данные, получаемые ведомственными (отраслевыми) системами (службами, сетями), осуществляющими мониторинг отдельных объектов.

При проведении производственного экологического мониторинга (ПЭМ) контролируются:

1. в ходе строительства –
 - выбросы в атмосферу стационарных и передвижных источников загрязнения,
 - выбросы газа при испытаниях трубопроводов;
 - сбросы воды при испытаниях трубопроводов;
 - твердые строительные и бытовые отходы;
 - сточные воды промышленной и селитебной (в пределах СЗЗ) зон.
2. при эксплуатации –
 - выбросы при испытаниях и переиспытаниях,
 - выбросы при плановых очистках внутренней полости,
 - выбросы при разгерметизации запорной арматуры и образовании свищей,
 - выбросы газа при аварийных отказах;
 - сбросы канализационных очищенных и неочищенных хозяйственных бытовых и промышленных сточных вод;
 - *селитебные зоны* и поселки по направлению преимущественных ветров на расстоянии влияния газотранспортного объекта.

При осуществлении ПЭМ анализируются данные статотчетности, сравниваются с проектными материалами по валовым сбросам и выбросам. Проводится оценка экономической эффективности с анализом всех платежей за пользование природными ресурсами, а также платежей и штрафов за загрязнения.

В перечень необходимых мероприятий при ПЭМ входят:

- измерение,
- оценка эффективности работ по восстановлению природной среды,
- разработка мер по ослаблению отрицательных воздействий,

- ведение документации – журналов, отчетов, фотоматериалов, карт.

Структура ПЭМ строится в соответствии с принятыми в России тремя основными *уровнями ЕГСЭМ*: федеральным, территориальным, локальным (объектным).

Система ПЭМ состоит из следующих взаимосвязанных *частей*:

- сети сбора информации объектов (предприятий), включая наземные (стационарные) посты, передвижные и стационарные лаборатории и аэрокосмические средства;
- центров сбора и предварительного анализа информации на уровне объектов (ЦСИ);
- центров сбора и анализа информации, планирования природоохранной деятельности на уровне предприятий (ЦСПП);
- региональных информационно-аналитических центров (РИАЦ);
- отраслевого информационно-аналитического центра (ОИАЦ);
- системы сбора и передачи информации от сети мониторинга до отраслевого центра, а также в региональные и федеральные центры ЕГСЭМ.

ПЭМ взаимодействует с региональными службами Росгидромета, МПР России и другими контролирующими органами по коммутируемым каналам связи, с соответствующими региональными и федеральными центрами ЕГСЭМ.

Одной из сложных проблем является *оценка комплексного влияния различных загрязняющих веществ и их соединений на окружающую среду*.

Обычно в зоне действия предприятий имеется ряд загрязнителей от объектов других отраслей, которые могут существенно влиять на состояние среды обитания. Важно разобраться, кто наносит больший вред природе, но главное – это прекращение вредного воздействия. В этой связи представляется также чрезвычайно актуальной оценка состояния экосистем и отдельных видов с помощью биоиндикаторов.

Методы биоиндикации применяются при анализе содержания вредных веществ в водных средах, почвах, атмосфере, растительных и животных объектах. Представляют интерес результаты экспериментальных исследований качества вод с помощью метода биоиндикации, который обеспечивает возможность прямой оценки состояния водоемов в натурных условиях с помощью ин-

дикаторных *таксонов* – макроорганизмов, обитающих в естественной среде.

Для определения нарушения в почвах по их влиянию на растительность: исчезновение, смена вида или изменение цветовой гаммы ландшафтов, изменение физических или химических свойств,- используется *метод биоиндикации* почв. Эти изменения особенно чувствительны для растений, их покрывающих, при внесении в почвы углеводов и тяжелых металлов (олово, свинец, цинк, медь, серебро, никель, молибден, кобальт и др.).



Определение

Перспективным направлением для дальнейшего совершенствования ПЭМ являются информационные технологии. **Географические информационные системы (ГИС)** представляют собой высокоразвитые компьютерные системы для сбора, хранения, структурирования и управления, анализа и вывода территориально-ориентированных данных.

ГИС строятся на основе детальных баз данных, содержащих разнородную, но географически сориентированную информацию, что позволяет соотнести (привязать) все данные к любой конкретной точке. ГИС сочетают в себе графические функции и функции работы с базами данных (БД).

Особое место в системе ПЭМ занимает *мониторинг возможных аварийных ситуаций* на предприятиях.

Причинами аварий могут быть:

- технические отказы в работе предприятия;
- ошибки обслуживающего персонала;
- опасные природные явления;
- незапланированные вмешательства в функционирование газопроводов (военные действия, терроризм, криминальные проявления и т.п.) и др.

По масштабам аварии разделяются на:

- локальные (ограниченные территорией предприятия);
- местные (последствия распространяются на район, город, область);
- региональные (охватывают несколько областей);
- глобальные (распространяются на территории нескольких регионов).

Тема 10.

Глобальные модели и варианты будущего мира



Глобальные «модели мира». Параметры моделей. Результаты глобального прогнозирования. Экологическая оценка. Отчеты Римского клуба. Особенности современных «моделей мира». Перспективы глобального прогнозирования.

10.1. Научное прогнозирование

Современный мир отличается необычайной сложностью и противоречивостью событий, он пронизан противоборствующими тенденциями, полон сложнейших альтернатив, тревог и надежд.

Конец XX века характеризуется мощным рывком в развитии научно-технического прогресса, ростом социальных противоречий, резким демографическим взрывом, ухудшением состояния окружающей человека природной среды. Наша планета никогда ранее не подвергалась таким физическим и политическим перегрузкам, какие она испытывает на рубеже XX – XXI веков. Человек никогда ранее не брал с природы столько дани и не оказывался столь уязвимым перед мощью, которую сам же создал. Что же несет нам век грядущий – новые проблемы или безоблачное будущее? Каким будет человечество через 150, 200 лет? Сможет ли человек своим разумом и волей спасти себя самого и нашу планету от нависших над ней многочисленных угроз?

Эти вопросы, несомненно, волнуют многих людей. Будущее биосферы стало предметом пристального внимания представителей многих отраслей научного знания, что само по себе может быть достаточным основанием для выделения особой группы проблем – философско-методологических проблем экологического прогнозиро-

вания. Следует подчеркнуть, что данный аспект является одной из «слабостей молодой науки футурологии» в целом. Разработка этих проблем является одним из важнейших требований развития человеческой культуры на современном этапе развития человечества. Ученые согласились, что принятая политика по принципу «реагировать и исправлять» бесплодна, повсеместно завела в тупик. «Предвидеть и предотвращать – единственно реалистический подход». Исследование будущего поможет всем странам мира решить самый насущный вопрос: как направить огромную по своим масштабам циркуляцию природных сил и ресурсов по пути, который будет полнее удовлетворять потребности людей и не нарушать при этом экологические процессы?

Научное прогнозирование (в отличие от разнообразных форм ненаучного предвидения) – это соответственно непрерывное, специальное, имеющее свою методологию и технику исследование, проводимое в рамках управления, с целью повышения уровня его обоснованности и эффективности.

Исследование будущего разделяется на два качественно различных направления: *поисковое* (исследовательское) и *нормативное* прогнозирование. Поисковое прогнозирование – это анализ перспектив развития существующих тенденций на определенный период и определение на этой основе вероятных состояний объектов управления в будущем при условии сохранения существующих тенденций в неизменном состоянии или проведения тех или иных мероприятий с помощью управленческих воздействий. Нормативное прогнозирование (иногда его называют «прогнозированием наоборот», т.к. в данном случае исследование идет в обратном направлении: от будущего к настоящему) представляет собой попытку рационально организованного анализа возможных путей достижения целей оптимизации управления. Этот вид прогнозов как бы отвечает на вопрос: «Что можно или нужно сделать для того, чтобы достичь поставленных целей или решить принятые задачи?». Предметом нормативного прогнозирования выступают субъективные факторы (идеи, гипотезы, предположения, этические нормы, социальные идеалы, целевые установки), которые, как показывает история, могут решающим образом изменить характер протекающих процессов, а также стать причиной появления качественно новых, непредсказуемых феноменов действительности.

В исследовании различных аспектов взаимосвязи человека и биосферы можно выделить ряд стадий: *описание* – исходный, эмпи-

рический этап, отвечающий на вопрос «что происходит в окружающей среде и в самом человеке?»; *объяснение* – промежуточный, теоретический этап, отвечающий на вопрос «почему это происходит?»; *предвидение* – завершающий, практически ориентированный этап экологического исследования, который должен давать ответы на два (как-минимум) вопроса: «каким образом обнаруженные тенденции будут вести себя в будущем?» и «Что следует предпринять для того, чтобы предотвратить нежелательные явления или, наоборот, способствовать реализации благоприятных возможностей?».

10.2. Глобальные прогнозы 80-х гг.

К середине 1980-х годов имелось более 15 глобальных прогнозов, получивших название «моделей мира». Самые известные и, пожалуй, наиболее интересные из них – это «Мировая динамика» Д. Форрестера, «Пределы роста» Д. Медоуза с соавторами, «Человечество у поворотного пункта» М. Месаровича и Э. Пестеля, «Латиноамериканская модель Баричоле» А. О. Эрреры, «Будущее мировой экономики» В. Леонтьева, «Мир в 2000 году. Доклад президенту» и другие.

Основоположником глобального прогнозирования на основе системного анализа по праву считается американский ученый Д. Форрестер, несомненной заслугой которого является попытка использовать математические методы и ЭВМ для создания варианта модели экономического развития общества. Форрестер создал первые модели «Мир-1» и «Мир-2», которые отражали тенденции и взаимосвязи пяти главных переменных: населения, капитала, ресурсов, загрязнение окружающей среды и производства продовольствия. Даже предельно упрощенная глобальная модель Форрестера отличается сложностью структуры, большим числом нелинейных обратных связей, в ней используются сотни различных соотношений. Значение своей работы Дж. Форрестер видел в том, что она «будет содействовать возникновению ощущения необходимости безотлагательного решения существующих проблем и укажет на эффективное направление работы для тех, кто решится исследовать альтернативы будущего».

У Дж. Форрестера оказались последователи. В 1972 году появился глобальный прогноз Римского клуба под названием «Пределы роста», авторы которого под руководством Д. Медоуза построили

динамичную модель мира («Мир-3»), куда в качестве исходных данных включили население, капиталовложения (фонды), земное пространство, загрязнение, использование природных ресурсов, посчитав эти компоненты основными в динамике изменения мировой системы. Выводы авторов сводились к следующему: если сохранятся существовавшие на конец 1960-х годов тенденции и темпы развития экономики и роста народонаселения, то человечество неминуемо должно прийти к глобальной экологической катастрофе. «Апокалипсис» предрекался примерно на 2100 год. А отсюда и рекомендации: немедленно свести к нулю рост народонаселения и производства. Эти выводы получили название концепции «нулевого роста». Однако эти предложения авторов модели нереальны, неприемлемы, да и просто утопичными, но дали пищу для развития антинаучных и антигуманных теорий, способствовали резкой вспышке всякого рода неомальтузианских и геополитических рассуждений, уводящих от реальных путей преодоления экокризисных явлений.

Если первые модели Дж. Форрестера и Д. Медоуза рассматривали весь мир в целом, то практически все последующие глобальные модели строятся на региональной основе. Мировая система рассматривается как совокупность взаимодействующих регионов, различающихся уровнем развития и социально-экономической структурой. При этом происходит увеличение блоков модели, их подробная детализация.

В 1974 г. А.О. Эррера (Аргентина) разрабатывает «латиноамериканскую модель». Ее создание вызвано насущными интересами развивающихся стран. Главную мировую проблему он видит не в пределах роста, неизбежных из-за ограниченности запасов природных и других ресурсов, а в том, что эти ресурсы необходимо использовать наиболее эффективным образом, чтобы удовлетворить основные потребности беднейшего населения мира.

Японская модель Я. Кайя (1974 г.) делит мир уже на девять регионов и применяет метод затраты-выпуск. Целью создания модели было изучение возможностей сокращения разрыва между государствами в размере доходов на душу населения. Для этого в модель были включены функции управления, которые позволяли влиять лицам, принимающим решения, на поведение модели. Основной вывод, который сделали исследователи, – поставленная задача может быть достигнута лишь при оказании безвозмездной помощи развивающимся странам в размере 1% ВВП развитых стран.

Следующая модель М. Месаровича и Э. Пестеля – «Человечество у поворотного пункта» – была значительно более продуманной по сравнению со своими предшественницами. И дело не только в том, что в ней комплексная взаимосвязь экономических, социальных и политических процессов, состояние окружающей среды и природных ресурсов представлены как сложная многоуровневая иерархическая система. Авторы попытались посмотреть на мир не как на нечто аморфно-целое, а как на систему отличающихся друг от друга, но взаимодействующих регионов. В процессе имитационного эксперимента на модель могут оказывать управляющие воздействия. При этом лицом, принимающим решение, устанавливается набор соответствующих параметров, «сценариев» на весь рассматриваемый интервал времени, в результате возникает дерево допустимых решений. Выводы авторов этой модели более оптимистичны, чем предыдущей. Однако «прогресс» Месаровича и Пестеля можно свести к тому, что они, отвергая неизбежность «единой» глобальной экологической катастрофы, будущее человечества видят в длительных, разнообразных кризисах – экологических, энергетических, продовольственных, сырьевых, демографических, могущих постепенно охватить всю планету, если общество не примет их рекомендации перехода к «органическому росту» – сбалансированному развитию всех частей планетарной системы.

Несмотря на все недостатки, свойственные модели Мессаровича-Пестеля, этот подход намного более реалистичен, чем концепция «нулевого роста». Метод Мессаровича-Пестеля позволяет, в сущности, моделировать динамику каждого из «сценариев» и оценивать, к каим возможным последствиям могут привести те или иные конкретные меры. Именно поэтому идеи и методы построения этой модели не только получили отражение в теоретических исследованиях, но и использовались в практической деятельности некоторых государств.

За менее чем 20 лет своего существования методы глобального прогнозирования обогатились значительным числом новых подходов. В эволюции глобального прогнозирования, в процессе совершенствования методики наблюдается процесс перехода от глубокого пессимизма первых работ к трезвой и взвешенной многосторонне охваченной оценке перспектив развития человечества, региональный многокомпонентный анализ мировой системы позволил преодолеть ограничения, которые давали первые модели. Новый этап

развития моделирования глобальных проблем связан с выдвиганием на первое место общечеловеческих социальных ценностей, проблем образования, культуры. Постепенно альтернативой экономическому росту становится концепция развития, а экологические проблемы все более рассматриваются сквозь призму экономики.

10.3. Компьютерное моделирование

Постепенно модели становились все более конкретными, а проблемы – более цельными. К настоящему времени методологические принципы, техника, методика современного глобального прогнозирования неизмеримо усложнились по сравнению с исторически первыми и простейшими методами оценки экологической емкости Земли. В новых условиях обострившихся потребностей в нахождении эффективных способов целенаправленного воздействия на процессы взаимодействия человека и биосферы встают задачи разработки конкретных прогнозов будущего человечества, формирования конкретных научно обоснованных представлений об основных возможных тенденциях развития человечества на ближайшие 50-100 лет. Существенно то, что результаты такого прогнозирования спектра возможностей «должны быть сформулированы не только на языке теории, но и на языке управленческой практики». Поэтому «насущная необходимость» в создании системы глобального прогнозирования с самого начала должна осмысливаться с учетом мировой практики управления сверхсложными системами и соответственно в качестве необходимости создания «человеко-машинной системы», т. е. автоматизированной информационно-прогнозирующей системы. Основная задача автоматизированного компьютерного прогнозирования взаимодействия человека и биосферы состоит в том, чтобы обеспечить наиболее оптимальные условия объединения усилий экологов, социологов, экономистов и других специалистов «для оценки и выбора возможных вариантов международных решений» на междисциплинарном уровне. Известный кибернетик У.Р. Эшби писал: «Ценность системного подхода заключается в том, что он применим для анализа объектов особой сложности, понимание которых с помощью традиционных методов исследования затруднено, а иногда и невозможно. Системный подход, основанный на компьютерах, отвергает смутные интуитивные идеи, извлекаемые из обращения

с такими простыми системами, как будильник или велосипед, и дает нам надежду на создание эффективных методов для изучения систем чрезвычайной внутренней сложности и управления ими».

Само создание систем автоматизированного прогнозирования, отвечающих современным требованиям методов управления, в свою очередь превратилось в одну из важнейших научно-технических проблем, перспективы решения которой непосредственно связаны с организацией междисциплинарных исследовательских программ.

Острее всего необходимость приобретения «нового компаса для научного познания», новых принципов организации научных исследований обнаружилась в связи с прогнозированием социальных процессов. Сложность предметов исследования, а также условия функционирования в системе управления социальными процессами, где требуются оперативность принятия решений, подлинная всесторонность в учете значимых факторов, – все это не могло не стимулировать продвижение науки в этой области на «порог эры человеческого новаторства».

Компьютеризация комплексного исследования взаимодействия человека и биосферы – исторический рубеж, которого достигла наука за очень короткий исторический промежуток времени на основе создания математических моделей живой природы. Экология уже оперирует не только простыми динамическими теориями популяций, но и всеми средствами теории динамических систем (уравнения в частных производных, в конечных разностях, интегральные и интегродифференциальные уравнения и т.д.). Математические методы проникли в самые разные области теоретической и прикладной экологии: в анализ взаимоотношения видов в сообществе, в исследование процессов миграции, территориального поведения, в анализ потоков вещества и энергии в экосистемах, в изучение проблем сложности и устойчивости сообществ, а также оценок влияния различных антропогенных факторов на природные системы, в исследование проблем оптимального управления природными ресурсами и эксплуатации популяций и т.д. Компьютеризация привела к конструированию так называемых имитационных моделей взаимодействия человека и биосферы, принципиальная сложность которого требует учета большого числа как биологических, социальных, так и абиотических переменных.

Интегрированные информационно-прогнозирующие системы – «стратегические ресурсы человечества» – получили наиболее впечатляющее применение, позволив пользователю обращаться к информации о динамических системах в режиме реального времени. Новой информационной технологии экологического прогнозирования уже принадлежит немаловажная заслуга: она «способствовала тому, что за сравнительно короткий исторический промежуток времени глобальные проблемы оказались в поле зрения мировой общественности и стали подлинно общечеловеческими не только по своей сути, но и по признанию, которое они себе завоевали».

Это, безусловно, важное достижение экологического прогнозирования должно быть дополнено решительным преодолением отмеченного в публикациях ООН недостатка «методологических инструментов ... интегрированного аналитического подхода к ... формированию и применению адекватной политики и планирования». Ведь лица, принимающие решения, осмысливая проблемы экологической безопасности глобально, должны иметь в своем распоряжении прогнозы локальных мероприятий. А здесь встают задачи, требующие длительной и кропотливой проработки методов принятия рациональных решений, учитывающих объективные условия иерархичности структуры систем управления, информационную ограниченность и специализацию их органов, национальные и региональные особенности в выработке систем критериев в оценке эффективности, трудно обозримое многообразие целевых установок и задач управления и т.д.

Ведущиеся в настоящее время теоретические и прикладные исследования по созданию автоматизированных систем управления и многовариантных методов обоснования принятия решений обеспечивают такую модификацию информационного сервиса, которая создает наиболее комфортабельные условия не только для численного имитационного эксперимента, но и для логической интеграции вариантов достижения поставленных целей, а также для эффективного включения в циклический процесс прогностического обеспечения оптимизации взаимодействия чело века и биосферы, развития ноосферы, междисциплинарных групп экспертов и представителей общественности.



Глоссарий

Автотроф (продуцент)	организм, синтезирующий из неорганических соединений органические вещества с использованием энергии Солнца или энергии химических реакций.
Адаптация	приспособление организмов к условиям окружающей среды.
Адсорбция	процесс поглощения вещества из раствора или газа.
Аменсализм	тип биотической связи, при которой один организм угнетает другой не извлекая из этого ни вреда, ни пользы.
Антибиоз	тип биотической связи, при которой организмы влияют друг на друга отрицательно.
Антропогенное давление	давление, созданное в результате ПХД и жизнедеятельности людей.
Аутэкология	исследующую индивидуальные связи отдельного организма со средой.
Биоаккумуляция	накопление в организме высоких концентраций поступающих из окружающей среды веществ, которые не разлагаются в организме и не выделяются обратно в окружающую среду.
Биоассимиляция	процесс превращения веществ, поступающих в организм из окружающей среды.
Биогенное вещество	органо-минеральные или органические продукты, возникшие в результате деятельности живых организмов.

Биогенные макроэлементы	химические элементы, составляющие основу тканей живых организмов.
Биогенные микроэлементы	химические элементы в малых количествах используемые живыми организмами.
Биогенные элементы	химические элементы, обязательно входящие в состав живых организмов.
Биогеоценоз	природная система, состоящая из совокупности живых организмов и ее абиотической среды вместе с занимаемым ими участком земной поверхности.
Биоиндикатор	организм или группа особей одного вида по наличию (отсутствию), поведению или состоянию которых можно судить об изменениях в окружающей среде.
Биоконцентрирование	возрастание концентрации веществ в организмах высших трофических уровней относительно концентрации этих веществ в окружающей среде.
Биокосное вещество	вещество, созданное совместно живыми организмами и косной (неживой) природой.
Биом	биологическая часть экосистемы.
Биомасса	количество живого вещества, выраженное в единицах массы.
Биосфера	область распространения жизни на Земле.
Биота	биологическая часть биосферы.
Биотический потенциал	возможность вида увеличить свою численность и область распространения при одновременном улучшении условий существования.

Биотический	присущий живым организмам, произведенный или обусловленный ими.
Биотоп	природное жизненное пространство, имеющее однородные абиотические условия и занятое сообществом организмов.
Биоценоз	биологическая часть биогеоценоза, устойчивое сообщество связанных друг с другом видов.
Биоэкология	науки об отношениях живых организмов с окружающей средой.
Валентность экологическая	степень чувствительности и адекватности реакции организма на изменение факторов окружающей среды.
Гетеротроф	организм, питающийся органическими веществами.
Гидробионт	организм, живущий в водной среде, на дне водоема или зарывающийся в грунт.
Дампинг отходов	захоронение (сброс) отходов в Мировом океане и его морях.
Емкость экосистемы	максимальный размер популяции, который природная экосистема может поддерживать неопределенно долго.
Загрязнение тепловое	превышение естественного уровня температуры окружающей среды.
Загрязняющее вещество	вещество или биологический вид, концентрация которого превышает естественную концентрацию.

Ил активный	скопление микроорганизмов, которые при биологической очистке сточных вод разрушают растворенные в воде органические соединения.
Индекс численности	мера обилия организмов, отнесенная к единице времени.
Интродукция	преднамеренное или случайное внедрение в экосистему чужого вида.
Комменсализм	тип биотической связи, при которой один из организмов получает определенную пользу, не принося таковой сожителю, но и не нанося ему вреда.
Консумент	организм, питающийся органическими веществами (потребитель).
Местообитание	место в пределах экологической ниши, занимаемое организмами данного вида.
Метаболизм	выделение органических и минеральных частиц животными и растениями в окружающую среду в процессе жизнедеятельности.
Металлы тяжелые	металлы с большой атомной массой: свинец, цинк, никель, кобальт, сурьма, олово, висмут, ртуть и другие более редкие.
Мутуализм	тип биотической связи, при которой каждый из организмов извлекает из сожительства определенную пользу.
Нагрузка на экосистему допустимая	нагрузка, позволяющая экосистеме восстанавливаться.
Нагрузка на экосистему	внесение постороннего для экосистемы вещества или энергии.

Нагрузка на экосистему предельно допустимая	максимальная нагрузка, превышение которой приводит к невозможности восстановления экосистемы и ее гибели.
Нейтрализм	тип биотической связи, при которой организмы не влияют друг на друга.
Ноосфера	«мыслящая оболочка» (В.И.Вернадский) – стадия развития биосферы, когда разумная деятельность человека становится важным фактором биосферных процессов.
ПДВ	предельно допустимый выброс, – научно-технический норматив, устанавливающий максимально массу вещества, допустимую к выбросу отдельным источником загрязнения в атмосферу в единицу времени в данном месте.
ПДК	предельно допустимая концентрация вещества, – экологический норматив, устанавливающий максимальную концентрацию вещества, которая не приводит к ухудшению здоровья человека и его потомства, а также не влияет на отдельные компоненты экосистемы и природное сообщество в целом.
ПДС	предельно допустимый сброс, – научно-технический норматив, устанавливающий максимально массу вещества, допустимую к отведению отдельным источником загрязнения в сточные воды в единицу времени в данном месте.
ПДУ	предельно допустимый уровень, – экологический норматив, устанавливаемый для поля по аналогии с ПДК.

Пирамида биомасс	соотношение биомасс организмов различных трофических уровней.
Пирамида чисел	соотношение численности организмов различных трофических уровней.
Пирамида экологическая	графические модели соотношений в экосистеме между продуцентами, консументами и редуцентами.
Пирамида энергий	соотношение энергий организмов различных трофических уровней.
Пищевая цепь	последовательно циклическое превращение элементов природы через ряд организмов, поедающих друг друга.
Планктон	дрейфующие или малоподвижные растения и животные, обитающие в водоемах.
Популяция	совокупность особей одного вида на определенной территории, способных скрещиваться в естественных условиях и неограниченно долго поддерживать свое существование.
Принцип	основное, исходное положение.
ПХД	производственно-хозяйственная деятельность.
Развитие	сознательный переход в более совершенное состояние.
Редуцент (микроконсумент, деструктор)	организм, питающийся органическими веществами (восстановитель).
Самоочищение	возврат экосистемы в прежнее состояние.
Сапрофаг	животное, питающееся трупами других животных.

Сапрофит	растение, питающееся органическим веществом отмерших организмов или продуктами их метаболизма.
Симбиоз	тип биотической связи, при которой наблюдается сожительство организмов, возможно с элементами паразитизма, полезное для обоих партнеров.
Синэкология	комплексно изучающую группы, сообщества организмов и их взаимосвязи в природных системах (экосистемах).
Соппротивление среды	совокупность факторов окружающей среды, препятствующих росту или размножению популяции и направленных на сокращении ее численности.
Стагнация	застойное состояние.
Сукцессия	процесс развития сообществ во времени на одной территории.
Суспензия	твердые частицы во взвешенном состоянии в водной среде.
Трофическая связь	пищевые взаимоотношения между различными организмами в трофической сети.
Трофический уровень	совокупность организмов, получающих преобразованную в пищу солнечную энергию через одинаковое число посредников трофической цепи.
Устойчивое развитие	относительно неизменное состояние в течение определенного периода времени вопреки внешним воздействиям.
Фактор абиотический	воздействия неживой среды.

Фактор биотический	воздействия одних организмов на другие.
Фактор	свойство или способ воздействия среды или организмов.
Фактор экологический	любое свойство или компонент среды, оказывающий влияние на организм.
Фактор	существенное обстоятельство в каком-либо явлении или процессе.
Цепь трофическая паразитов	размеры меньше, цепи короче.
Цепь трофическая хищников	размеры больше, цепи длиннее.
Цепь трофическая	цепь питания.
Цикл жизненный организма	совокупность всех фаз развития организма.
Число Вольфа (W)	количественная характеристика степени солнечной активности $W=m+10n$, где m – общее число пятен на Солнце, n – число групп пятен.
Шлам	илистый осадок, извлеченный из сточных вод
Эволюция	изменение в процессе развития.
Эвтрофикация	повышение первичной продуктивности водоемов в результате накопления в них биогенных элементов.
Экологическая ниша	биологическая «профессия» организма; его положение в экосистеме, определяемое совокупностью всех факторов и ресурсов окружающей среды.

Экологическая политика	деятельность органов государственного управления в области экологии.
Экология	наука о взаимоотношениях между живыми организмами и их сообществами с окружающей их живой и неживой средой обитания.
Экосистема	природный комплекс, состоящий из определенных групп живых организмов и среды их обитания.
Эрозия ветровая	разрушение почвы под действием ветра.
Эрозия водная	разрушение берегов водоемов под действием волн, штормовых течений, паводков.
Эрозия	разрушение.
Эрозия субаквальная	разрушение шельфов и подводных склонов волнами, селями, оползнями, подводными течениями.



Литература

Основная литература:

1. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология. – М.: Мир, 1998.
2. Воронков Н.А. Экология. Общая, социальная, прикладная: общеобразовательный курс. – М.: Агар, 1999.
3. Гирусов Э.В. и др. Экология и экономика природопользования. – М.: ЮНИТИ, 1998.
4. Кривошеин Д.А., Муравей Л.А., Роева Н.Н. и др. Экология и безопасность жизнедеятельности. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000.
5. Миллер Т. Жизнь в окружающей среде. Т 1-3. – М., 1994.
6. Муравьев А.Г., Алексеев С.В. Учебное моделирование химических загрязнений воздушной среды. – СПб., 1995.
7. Реймерс Н.Ф. Экология: Теория, законы, правила, принципы и гипотезы. – М.: Россия молодая, 1994.
8. Рыбальский Н.Г. Экология и безопасность. – М.: Экипаж, 1996.
9. Эколого-экономические проблемы России и ее регионов: уч. пособие для студентов экономич. вузов. /Под общей ред. проф. В.Г. Глушковой – М.: Московский Лицей, 2004.

Дополнительная литература:

1. Богдановский Г.А. Химическая экология. – М.: МГУ, 1994.
2. Бродский А.К. Краткий курс общей экологии. – СПб.: ДЕАН+ФДИА, 1996.
3. Казанский Ю.А., Сазыкина Т.Г., Крышев И.И. и др. Введение в экологию. – М.: ИздАТ, 1992.
4. Красилов В.А. Охрана природы: принципы, проблемы, приоритеты. – М., 1992.
5. Моисеев Н.Н. Экология и образование. – М.: Высш. шк., 1996.
6. Небел Б. Наука об окружающей среде: Как устроен мир. – М., 1993.
7. Одум Ю.П. Экология. В 2 т. – М.: Мир, 2004.
8. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990.
9. Реймерс Н.Ф. Охрана природы и окружающей человека среды: Словарь-справочник. – М.: Просвещение, 1992.

10. Стадницкий Г.В. Экология. – СПб.: Химия, 2003.
11. Степановских А.С. Общая экология. – Курган: Зауралье, 1996.
12. Чернова Н. М. Экология. – М.: Просвещение, 2001.
13. Шилов И.А. Экология. – М.: Мир, 1997.

Internet-ресурсы:

1	http://21next.capital.ru/ECOPSY/AK390000.htm	Экология как гуманитарная наука
2	http://region.adm.nov.ru/prescentr.nsf/f33eab98cfc81d0d432566e300490701/124dd09 ..	Комитет по проблемам экологии
3	http://www.kazsu.uni.sci.kz/info/nauk/nauk_pror.htm	Научно-исследовательский институт проблем экологии
4	http://www.appartment.ru/ecology	Экология Москвы
5	http://raix.kharkov.ua/iso/Education/Presentations/Harmony/Rules.html	Человек и Общество в Гармонии с Природой (Экология Человека)
6	http://lib1.ssau.ru:8103/library/tbbd/eko.html	Вопросы экологии
7	http://www.iiueps.ru/coedu/no13/law.html	Экология и право
8	http://grid.ecoinfo.ru/mdd_eng/org293b251.htm	Институт проблем экологии
9	http://ecologia.i-connect.ru/	Охрана окружающей среды
10	http://ecobooks.nm.ru/	Серия книг по экологии

Темы рефератов

№ п/п	№ раздела и/или темы программы	Название тем рефератов (эссе)
1	1	Экологическая политика РФ
2	1	Биосфера и ее структура
3	1	Проблемы Мирового океана
4	1	Проблемы сохранения генофонда
5	1	Проблемы загрязнения атмосферы
6	1	Проблемы деградации почв
7	2	Типы экосистем
8	2	Основы экономики природопользования
9	2	Типы совокупностей организмов
10	2	Компоненты экосистем и их взаимодействие
11	2	Устойчивость экосистем
12	2	Трофическая структура и экологические пирамиды
13	3	Энергия космоса и Земля
14	3	Основные потребители солнечной энергии на Земле
15	3	Энергетические факторы экосистем
16	3	Закон пирамиды энергий. КПД использования пищи
17	3	Энергетическая классификация экосистем
18	4	Круговороты веществ и продуктивность экосистем
19	4	Вмешательство человека в круговороты
20	5	Биотическая структура экосистем
21	5	Формы жизни
22	5	Биоразнообразие и причины его сокращения
23	6	Абиотические факторы экосистем
24	6	Антропогенные факторы
25	7	Рациональное и нерациональное природопользование
26	7	Экологическая ситуация на территории РФ
27	8	Экологические проблемы крупных городов

28	8	Рекреационные районы. Районы нового освоения.
29	9	Экология и здоровье человека
30	9	Ответственность за экологические правонарушения
31	9	Основы экологического права
32	9	Влияние промышленных узлов на окружающую среду
33	9	Экозащитная техника
34	9	Международное сотрудничество в области экологии
35	10	Мониторинг. Виды мониторинга
36	10	Методы наблюдений. Биоиндикаторы
37	10	Нормирование антропогенных воздействий
38	10	Мобильные телефоны и здоровье человека
39	11	Глобальные «модели мира»
40	11	Перспективы глобального прогнозирования



Список вопросов по предмету

1. Понятие экологии. Направления экологии.
2. Предмет и задачи курса. Цель изучения курса.
3. Экологическая политика РФ.
4. Факторы дестабилизации природной среды.
5. Стратегическая цель государственной экологической политики РФ. Задачи государственной экологической политики РФ.
6. Принципы государственной экологической политики РФ. Направления экологической политики РФ и средства обеспечения ее реализации.
7. Понятие экосистемы. Схема экосистемы. Структура экосистемы.
8. Типы экосистем.
9. Уровни организации материи.
10. Типы совокупностей организмов.
11. Компоненты экосистем. Взаимодействие компонентов.
12. Трофические уровни.
13. Пищевые цепи.
14. Питательные вещества и их виды.
15. Гипотеза Геи.
16. Устойчивость экосистем. Принцип Ле Шателье.
17. Стресс. Стрессоры.
18. Правило стабильности экосистемы. Динамика экосистем. Сукцессии.
19. Энергия космоса и Земля.
20. Роль Солнца. Основные потребители солнечной энергии на Земле. Фотосинтетически активная радиация. Фотосинтез.
21. Энергетические факторы, определяющие возможность жизни на Земле.
22. Хемосинтез.
23. Продуктивность.
24. Метаболизм.
25. Трофическая структура и экологические пирамиды.
26. Закон пирамиды энергий. КПД использования пищи.
27. Правило биологического усиления.

28. Правило «метаболизм и размеры особей».
29. Энергетическая классификация экосистем.
30. Принцип стабильности.
31. Правило биоценотической надежности.
32. Круговороты веществ и продуктивность экосистем.
33. Типы биогеохимических циклов. Большой и малый круговороты. Круговорот углерода. Распределение углерода в биосфере. Вмешательство человека в круговорот.
34. Круговорот азота.
35. Круговорот фосфора.
36. Круговорот серы.
37. Круговорот кислорода.
38. Биотическая структура экосистемы. Категории организмов. Взаимоотношения между организмами. Краевой эффект.
39. Формы жизни. Чистая первичная продукция.
40. Биоразнообразие. Причины сокращения биоразнообразия.
41. Понятие ареала вида. Пути сохранения биоразнообразия
42. Абиотические факторы среды. Антропогенные факторы.
43. Закон минимума.
44. Закон толерантности. Лимитирующие факторы экосистем. Синергетический эффект. Принцип суперпозиции.
45. Проблемы Мирового океана, сохранения генофонда, загрязнения атмосферы, деградации почв.
46. Рациональное и нерациональное природопользование.
47. Экологическая ситуация на территории РФ. Регионы с очень острой экологической ситуацией.
48. Категории экологических проблем.
49. Влияние промышленных узлов на окружающую среду. Экологические проблемы крупных городов и сельских районов.
50. Рекреационные районы. Районы нового освоения.
51. Мониторинг. Виды мониторинга.
52. Методы наблюдений. Биоиндикаторы.
53. Экологический мониторинг.
54. Антропогенные воздействия. Нормирование антропогенных воздействий.
55. Категории постов наблюдения. Производственный экологический мониторинг.
56. Стандарты экологического мониторинга.

57. Глобальные «модели мира». Параметры моделей. Результаты глобального прогнозирования.
58. Экологическая оценка. Отчеты Римского клуба.
59. Особенности современных «моделей мира».
60. Перспективы глобального прогнозирования.



Контрольные вопросы

№ п/п	№ раздела и/или темы программы	Вопрос
1	1	Понятие экологии. Направления экологии
2	1	Экологическая политика РФ
3	1	Принципы государственной экологической политики РФ
4	1	Принципы международного сотрудничества в экологии
5	1	Категории экологических проблем
6	2	Понятие экосистемы. Схема экосистемы
7	2	Компоненты экосистем
8	2	Правило стабильности экосистемы
9	2	Принцип стабильности
10	2	Закон минимума
11	3	Энергия космоса и Земля
12	3	Фотосинтетически активная радиация. Фотосинтез
13	3	Закон пирамиды энергий
14	4	Круговороты веществ и продуктивность экосистем
15	5	Типы совокупностей организмов
16	5	Взаимоотношения между организмами
17	6	Принцип Ле Шателье
18	6	Закон толерантности
19	6	Лимитирующие факторы экосистем
20	7	Состояние гидросферы
21	7	Состояние литосферы
22	7	Состояние атмосферы
23	8	Регионы РФ с очень острой экологической ситуацией
24	9	Принципы экологического права
25	9	Экозащитная техника и технологии

25	9	Принципы экономики природопользования
26	10	Мониторинг. Виды мониторинга
27	10	Методы наблюдений
28	10	Биоиндикаторы. Здоровье человека
29	11	Особенности современных «моделей мира»
30	11	Результаты глобального прогнозирования