Негосударственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Камский институт гуманитарных и инженерных технологий»

Факультет «Инженерные технологии»
Кафедра «Инженерная экология и техносферная безопасность»

Утверждаю:
Ректор НОУ ВПО «КИГИТ»
_____ О. А. Дегтева
_____ 2012г.
Согласовано на заседании УМС
Протокол №___ от «___»____2012г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

дисциплины «Экология»

Для направления подготовки
241000 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

Профиль: «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов»

Степень выпускника: БАКАЛАВР

Форма обучения очная

Ижевск 2012

Рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «Инженерная экология и техносферная безопасность»
Протокол № ____ от «___»_____2012г.
Зав. кафедрой_____ Г.З. Самигуллина

Рассмотрен на заседании МКФ
Протокол № ___ от «___» _____ 20__г.
Согласовано:
Начальник УМУ _____

Рецензент: доцент, к.б.н., зав. кафедрой ГОУ ВПО «Удмуртский госуниверситет» Капитонова О.А._____
Составитель: старший преподаватель кафедры «Инженерная экология и техносферная безопасность» _____Самигуллина Г.З..

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Экология» разработан в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования и основной образовательной программы ВПО по направлению подготовки 241000 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии».
Учебно-методический комплекс предназначен для преподавателей и студентов.

Самигуллина Г.З., 2012
© НОУ ВПО «Камский институт гуманитарных и инженерных технологий», 2012

СОДЕРЖАНИЕ

Рабочая программа по дисциплине……..……...……4
1.Цель и задачи дисциплины …….…….…….….....4
2. Место дисциплины в структуре основных образовательных программ (ООП)….……4
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины …....5
4. Объем дисциплины и виды учебной работы…….....7
5. Содержание дисциплины……..…….…..8
5.1. Содержание разделов дисциплины…….....10
5.2. Разделы дисциплины и междисциплинарной связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами …..……...……11
6. Лабораторный практикум...……...11
7. Практические занятия..…….....11
8. Рекомендуемые образовательные технологии…...……..12
9. Программа самостоятельной работы студента……12
10. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины……..……14
11. Материально-техническое обеспечение дисциплины …….……29
12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины ……..30
13.Методические указания по выполнению лабораторных работ……..…31
14. Методические указания по выполнению практических работ……32
15. Курс лекций по дисциплине……...……..73

I. Рабочая программа

1. Цели и задачи дисциплины

Учебная дисциплина «Экология» - обязательная общепрофессиональная дисциплина, в которой изучаются среда обитания организмов, закономерности развития экосистем и воздействие на них человека. Целью изучения дисциплины «Экология» является формирование у студентов представления о воздействии человечества на окружающую природную среду, о существующих основных экологических проблемах по загрязнению окружающей среды и основных способах преодоления экологического кризиса и перехода к устойчивому развитию, приобретение теоретических знаний и практических навыков в области экологии.

Изучением дисциплины достигается формирование у студентов представления о неразрывном единстве эффективной профессиональной деятельности с требованиями к окружающей среде, ее стабильности и особенностям развития при интенсивном техногенном воздействии.

Основными задачами дисциплины являются:

- Изучение основных проблем экологии.
- Изучение основных принципов рационального использования природных ресурсов и охрана природы.
- Изучение и применение основных методик расчетов в области экологии.
- Применение полученных экологических знаний для решения конкретных задач в области охраны окружающей среды и рационального природопользования.
- Формирование представления о природной среде как саморегулирующейся системе с взаимосвязанными элементами.
- Изучение прогнозирования и оценки возможных отрицательных последствий действующих, реконструируемых и проектируемых предприятий.
- Своевременное выявление, прогнозирование и корректировка конкретных технологических процессов, наносящих ущерб окружающей среде, здоровью человека, отрицательно влияющих на природные и антропогенные системы.

2. Место дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Экология» представляет собой дисциплину базовой части цикла профессиональных дисциплин (Б1) и относится ко всем профилям направления подготовки 241000 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии».

Дисциплина «Экология» представляет собой дисциплину базовой части математического и естественнонаучного цикла дисциплин ООП бакалавриата.

Дисциплина обеспечивает расширение и углубление знаний, умений, навыков и компетенций, сформированных в ходе изучения дисциплин ООП подготовки бакалавра для инженерных направлений. К исходным требованиям, необходимым для изучения дисциплины «Экология», относятся знания, сформированные у студентов на ступени среднего (полного) общего образования.

Она базируется на знаниях, полученных при изучении естественнонаучных и общеобразовательных дисциплин. (Б2), входящих в модули информатики, математики, физики, химии, читаемых в 1 и 2 семестрах и является предшествующей для дисциплин профессионального цикла: «Основы химической и биологической безопасности», «Физико-химические процессы в техносфере», «Медико-биологические основы безопасности», «Опасные природные процессы» и т.д.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

В процессе освоения дисциплины «Экология» студент формирует и демонстрирует следующие общекультурные и общепрофессиональные компетенции при освоении ООП ВПО, реализующей ФГОС ВПО:

1. научиться обобщать, анализировать, воспринимать информацию, ставить цели и выбирать пути ее достижения (ОК-1);
2. быть готовым к кооперации с коллегами, работе в коллективе (ОК-4);
3. проявлять инициативу, находить организационно-управленческие решения и нести за них ответственность (ОК-6);
4. стремиться к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства (ОК-9);
5. приобретать самостоятельно новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии (ПК-1);
6. использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности;
7. применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ПК-2);
8. владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, работать с компьютером как средством управления информацией (ПК-4);
9. составлять и оформлять научно-техническую и служебную документацию (ПК-5);
10. применять процессный подход в практической деятельности, сочетать теорию и практику (ПК-6).

В результате изучения дисциплины «Экология» студент должен знать:

-культуру безопасности и владеть риск - ориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранения окружающей среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности;

-способы абстрактного и критического мышления, исследования окружающей среды для выявления ее возможностей и ресурсов;

-способы к принятию нестандартных решений и разрешению проблемных ситуаций;

-факторы, определяющие устойчивость биосферы, характеристики антропогенного воздействия на природные среды, глобальные проблемы экологии;

-основные антропогенные факторы, влияющие на состояние атмосферы, гидросферы и литосферы;

-понятия и методы реализации концепции устойчивого развития;

-правовые, нормативно-технические и организационные основы экологии.

Студент должен уметь:

-проводить контроль параметров и уровня негативных воздействий на их соответствие нормативным требованиям;

-разрабатывать мероприятия по повышению безопасности и экологичности производственной деятельности;

-находить оптимальные способы решение проблем и конкретных задач в области охраны окружающей среды.

-применять полученные экологические звания на практике.

Студент должен владеть:

-основными понятиями экологии;

-правовыми, нормативно-техническими и организационными основами экологии;

-методами эколого-экономической оценки ущерба от деятельности предприятия;

-методами выбора рационального способа минимизации воздействия на окружающую среду.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц/ 144 часа.

Вид учебной работы	Всего часов/ зачетных единиц	Семестр
Аудиторные занятия (всего)	76/2,11	76/2,11
В том числе:	-	-
Лекции (Л)	38/1,06	38/1,06
Практические занятия (ПЗ)	38/1,06	38/1,06
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Самостоятельная работа (всего)	68/1,89	68/1,89
В том числе:	-	-
Курсовой проект (работа)	-	-
Расчетно-графические работы	-	-
Реферат	-	-
Контрольная работа	-	-
Другие виды самостоятельной работы	68/1,89	68/1,89
Вид промежуточной аттестации (экзамен)	36	36
Общая трудоемкость час	144	144
Зач. ед.	4	4

5. Содержание дисциплины

Модуль 1. Предмет и задачи экологии.

Актуальность, предмет, содержание, цель, основные задачи, методы экологии. Место экологии в системе естественных наук и в современном обществе. Современное понимание экологии как науки об многоуровневых системах в природе и обществе. Основные термины и понятия экологии.

Тема 1.1 Биосфера и человек

Факты и положения о биосфере. Биотическая и абиотическая части экосистемы. Гидросфера, атмосфера, литосфера как основные элементы биосферы. Пищевые цепи Учение о биосфере В.И. Вернадского, понятие о живом веществе. Виды веществ в биосфере: живое, косное, биокосное, биогенное, антропогенное. Геохимическая работа живого вещества в неразрывной связи животного, растительного царства и культурного человечества как единое целое.

Особенности биогеохимических круговоротов веществ в биосфере (воды, кислорода, азота, фосфора, серы). Энергетика и продуктивность биосферы. Загрязнение биосферы.

Тема 1.2. Экология и здоровье человека

Человек как биологический вид. Экологические факторы и здоровье человека. Экопатологии. Понятие о медицинской географии. Стресс как важнейший фактор в экологии человека. Пути повышения срессорной устойчивости. Основные мишени и эффекты агрессивного воздействия окружающей среды на здоровье населения. Жизнь в экстремальных условиях. Экология человечества. Популяционные характеристики. Демографические проблемы в мире и России. Пути решения демографических проблем. Проблемы питания и производства продовольствия. Факторы, лимитирующие развитие человечества. Экологические кризисы и катастрофы. Здоровье человека.

Тема 1.3. Глобальные проблемы окружающей среды

Преднамеренное и непреднамеренное, прямое и косвенное воздействие человека на природу. Понятие «экологический кризис». Оценка глубины экологического кризиса. Причины экологического кризиса. Глобальный экологический кризис, его составляющие. Глобальное потепление климата, парниковый эффект, разрушение озонового слоя, кислотные дожди, смог, загрязнение планеты суперэкотоксикантами. Ограниченность ресурсов и загрязнение среды как факторы, лимитирующие развитие человечества. Проблема нерационального использования природных ресурсов. Связь между ростом народонаселения и проблемой питания. Тенденции совместного развития природной и техногенной сред. Демографический взрыв.

Основные экологические нормативы. Структура и состав атмосферы. Экологические функции атмосферы. Классификация загрязняющих атмосферу веществ. Последствия загрязнения атмосферы: парниковый эффект, разрушение озонового слоя, кислотные дожди, смог; их влияние на здоровье людей и окружающую среду. Контроль и управление качеством атмосферного воздуха. Средства защиты атмосферы. Устройства для очистки технологических выбросов в атмосферу от аэрозолей. Способы очистки выбросов от паро- и газообразных примесей.

Водные ресурсы. Фундаментальные свойства воды. Назначение воды. Проблема чистой воды. Показатели качества воды. Источники и виды загрязнения гидросферы.

Биологическое, химическое и физическое загрязнение вод. Пути выхода из водного кризиса. Способы очистки сточных вод: механические, физико-химические, биологические методы. Современные технологии водоочистки.

Антропогенные воздействия на литосферу. Воздействия на почву, горные породы и их массивы, недра. Методы защиты литосферы. Классификация твердых отходов. Переработка твердых отходов.

Воздействие на биосферу физических факторов. Антропогенные чрезвычайные ситуации. Экологический риск.

Модуль 2. Структура и элементы управления охраны окружающей среды

Экологическая эффективность и контроль антропогенного воздействия на окружающую среду. Экологическая политика и целевые экологические показатели. Проведение и организация экологического «анализа» или «аудита». Международные стандарты, распространяющиеся на управление окружающей средой. Содействие организациям в деле достижения экологических и экономических целей. Создание нетарифных барьеров в торговле, изменение обязательств организации, налагаемых на нее законом.

Модели в системе управления окружающей средой. Процедура управления окружающей средой. Экологическая политика и целевые экологические показатели., Меры по охране окружающей среды и предотвращению ее загрязнения. Сохранение баланса с социально-экономическими потребностями.

Управление окружающей средой и диапазон экологических проблем, включая проблемы, касающиеся стратегии и конкурентоспособности. Руководство по обеспечению методов управления окружающей средой и международные стандарты. Требования к системе управления окружающей средой.

. Основы экологического права. Экологический контроль и экспертиза. Нормативно-правовые методы. Российское экологическое законодательство.

Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды. Охрана атмосферы, природных вод, недр, почв, растительности, животного мира, ландшафтов. Международные соглашения, конвенции, совместные программы, проекты в области охраны окружающей природной среды. Международные организации, конвенции, соглашения, декларации в области охраны окружающей среды. Различные формы международного сотрудничества в области охраны окружающей среды. Примеры и результаты. Значение международного сотрудничества.

Основные принципы международного экологического сотрудничества. Участие России в международном экологическом сотрудничестве. Биосферные заповедники и другие охраняемые территории: основные принципы выделения, организации и использования. Специфическая ресурсная значимость охраняемых территорий. Заповедное дело России. Особо охраняемые природные территории Концепция устойчивого развития. Экономические, эстетические и этические причины, побуж-дающие охранять природу. Идеология биоцентризма как новая научная парадигма и путь к устойчивому развитию человечества. Переход от антропоцентризма к биоцентризму. Концепция устойчивого развития.

Тема 2.1. Экономика природопользования

Экономика природопользования как теоретический фундамент современной экологической политики. Предмет и объект изучения. Основные задачи эколого-экономического микроанализа. Основные задачи экономики природопользования на международном и глобальном уровне. Методология эколого-экономического анализа. Экономическая система и окружающая среда: взаимосвязь и противоречия. Экологические издержки и экономический оптимум пользования окружающей средой. Качество окружающей среды как общественное благо. Экономическая оценка природных ресурсов и эффективность природоохранной деятельности.

Тема 2. 2. Инженерная экология

Научно обоснованные инженерно-технические мероприятия, направленные на сохранение качества окружающей среды. Объект исследования в инженерной экологии. образовавшиеся и длительное время функционирующие в результате взаимодействия человека с окружающей его природной средой. Природно-промышленные системы и экосистемы. Инженерные методы в исследованиях и защита окружающей природной среды. Комплексные подходы по проблемам инженерно-экологического обеспечения производственных предприятий.

5.1.Содержание разделов дисциплины

Модульная разбивка курса					
Образовательная программа: дисциплина базовой части профессионального цикла ООП Дисциплина:Экология					
Наименование модулей	Всего час./ зачетн. ед.	Виды учебной работы (час./ЗЕ)			
		Л. час/ ЗЕ	ПЗ час/ ЗЕ	ЛЗ час/ЗЕ	СРС час/ЗЕ
Модуль 1 Предмет и задачи дисциплины «Экология»					
Тема 1.1 Биосфера и человек	18/0,5	6/0,17	-	-	12/0,33
Тема 1.2. Экология и здоровье человека	24/0,67	8/0,22	12/0,33	-	14/0,39
Тема 1.3. Глобальные проблемы окружающей среды	22/0,61	8/0,22	-	-	14/0,39
Модуль 2. Структура и элементы управления охраны окружающей среды					
Тема 2.1. Экономика природопользования	35/0,97	8/0,22	13/0,36	-	14/0,39
Тема 2. 2. Инженерная экология	35/0,97	8/0,22	13/0,36	-	14/0,39
Экзамен	36/1	-	-	-	-
ИТОГО:	144/4	38/1,06	38/1,06	-	68/1,89

5.2Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин				
		1.1	1.2	1.3	2.1	2.2
1.	Основы химической и биологической безопасности	+	+	+	+	+
2.	Физико-химические процессы в техносфере	+	+	-	+	+
3.	Медико-биологические основы безопасности	+	+	+	-	+
4.	Опасные природные процессы	+	+	+	+	+

6. Лабораторный практикум

Не предусмотрен.

7. Практические занятия

№ модуля	Название темы Дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудо-емкость (час.)/ЗЕ
1	Тема 1.2. Экология и здоровье человека	Контроль и управление качеством атмосферного воздуха	3/0,08
	Тема 1.2. Экология и здоровье человека	Пути снижения уровня загрязнения окружающей среды	3/0,08

	Тема 1.2. Экология и здоровье человека	Контроль качества воды на водных объектах	3/0,08
	Тема 1.2. Экология и здоровье человека	Управление качеством воды на водных объектах	3/0,08
2	Тема 2.1. Экономика природопользования	Расчет предельно допустимого выброса загрязняющих веществ	3/0,08
	Тема 2. 2. Инженерная экология	Защита от ионизирующих излучений	2/0,05

8. Рекомендуемые образовательные технологии

Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях.

Семестр	Вид занятия (Л, ПЗ, ЛЗ)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов/ЗЕ
1	Л	Работа в малых группах	0,5/0,014
	ПЗ	Работа в группах	0,5/0,014
1	ПЗ	Компьютерная симуляция	0,5/0,014
1	Л	Деловые игры	0,5/0,014
Итого час./ЗЕ			2/0.056

9. Программа самостоятельной работы студента:

Структура СРС

Код формир-ей компет-ции	**Тема**	**Вид**	**Форма отчетности**	**Объем учебной работы (часов)**	**Учебно-методические материалы**
Модуль 1					
ОК-3,6,7,8,9,10,15, ПК-1-5,8-21	Элементы экологических систем и их характеристики.	Изучение теорет-го материала	СРС без участия преп-ля	10	См. список литературы
ОК-	Круговорот веществ и	Изучение	СРС без	10	См. список

3,6,7,8,9,10,15, ПК-1-5,8-21	энергии на Земле.	теорет-го материала	участия преп-ля		литературы
ОК-3,6,7,8,9,10,15, ПК-1-5,8-21	Экологические катастрофы. Кризисы и революции на Земле.	Подготовка к контр-ой работе	Контроль СРС	11	См. список литературы
ОК-3,6,7,8,9,10,15, ПК-1-5,8-21	Антропогенные воздействия на компоненты природной среды. Виды загрязнений.	Изучение теорет-го материала	СРС без участия преп-ля	10	См. список литературы
ОК-3,6,7,8,9,10,15, ПК-1-5,8-21	Энергетика и окружающая среда.	Изучение теорет-го материала	СРС без участия преп	10	См. список литературы
ОК-3,6,7,8,9,10,15, ПК-1-5,8-21	Система «нооценоз энергетики – природная среда»	Изучение теорет-го материала	СРС без участия преп-ля	10	См. список литературы
ОК-3,6,7,8,9,10,15, ПК-1-5,8-21	Количественные оценки взаимодействий в системе «нооценоз – природная и окружающая человека среда».	Изучение теорет-го материала	СРС без участия преп-ля	11	См. список литературы
ОК-3,6,7,8,9,10,15, ПК-1-5,8-21	Пути повышения эффективности охраны природной и окружающей человека среды.	Изучение теорет-го материала	СРС без участия преп-ля	11	См. список литературы
ОК-3,6,7,8,9,10,15, ПК-1-5,8-21	Практическая значимость экологии на современном этапе развития человеческого общества	Изучение теорет-го материала	СРС без участия преп-ля	10	См. список литературы
Итого:					**93**

График СРС

недели / **форма отчетности**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**

Письменная	ВК*	-	-	-	-	-	Кр1	РК1*	-	-	-	Кр2	РК2*	-	КОЗ

*ВК- входной контроль

*РК- рубежный контроль

*КОЗ – контроль остаточных знаний

КОЗ проводится после окончания изучения дисциплины через 1-2 семестра, согласно утвержденного графика.

Учебная карта

самостоятельной работы студента_____

_____курса _____гр. _____очной формы обучения

Учебная дисциплина Экология_____

Преподаватель_____

—

Раздел	Вид самостоятельной работы	Плановые сроки выполнения	Форма отчетности	Фактические сроки выполнения	Сумма баллов
1	Общие				
	1.1. СРС без участия преподавателя	7 неделя	контрольная работа		30
2	1.2. СРС под руководством преподавателя	12 неделя	контрольная работа		30
	Экзамен				40
	Итого:				100

Подпись преподавателя:

Подпись студента: дата

Сумма баллов по СРС, включаемая в итоговую оценку по дисциплине:

Подпись преподавателя: дата

10. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Тесты к входному контролю

1. Экология – это:

а) наука о взаимоотношениях человека с окружающей средой

*б) наука о взаимоотношениях живых организмов с окружающей средой

в) природа

г) охрана и рациональное природопользование

2. Ученый-биолог, автор названия науки «экология»:

а) Ч.Дарвин

б) А.Тенсли

*в) Э.Геккель

г) К.Линней

3. Опираясь на определение экологии, установите, какие утверждения являются грамотными:
а) «В нашем районе плохая экология»
б) «Экология в наших местах испорчена»
в) «Экологию необходимо охранять»
*г) «Экология – основа природопользования»
д) «Экология – здоровье людей»
е) «Экология у нас стала хуже»
*ж) «Экология – это наука»

4. Учение о биосфере создал:
а) Жан Батист Ламарк
б) Луи Пастер
в) Василий Васильевич Докучаев
г) Алексей Николаевич Северцов
д) Владимир Николаевич Сукачев
*е) Владимир Иванович Вернадский
ж) Николай Иванович Вавилов

5. Биосфера – это:
*а) оболочка Земли, в которой существуют и взаимодействуют с окружающей средой (или когда-либо существовали и взаимодействовали) живые существа
б) оболочка Земли, включающая часть литосферы, атмосферы и гидросферы
в) оболочка Земли, в которой существует человечество

6. Верхняя граница биосферы находится на высоте:
а) 100–120 м
б) 1–2 км
*в) 10–12 км
г) 16–20 км
д) 100–120 км
е) 160–200 км

7. Граница биосферы в океане находится на глубине:
а) 100–120 м
б) 1–2 км
в) 5–6 км
*г) 10–11 км
д) 20 км
е) 100 км

8. Граница биосферы в литосфере находится на глубине:
а) 1–2 м
б) 10–12 м

*в) 100–120 м
г) 1 км
д) 3 км

9. Правильны ли утверждения (да или нет):
а) 4 млрд лет тому назад, на заре зарождения жизни, существовали атмосфера, гидросфера и почва
б) атмосферный азот появился в основном в результате вулканической деятельности
*в) энергия, заключенная в нефти, угле, торфе, – это связанная растениями энергия солнца
г) ядерная энергия – это энергия солнца, связанная растениями и другими организмами
*д) почва представляет собой биокосное вещество, потому что состоит из минеральных компонентов, органических соединений и организмов
*е) биологический круговорот веществ в биосфере – основа для поддержания стабильных условий существования жизни и человечества
ж) роль живых существ в разрушении и выветривании горных пород незначительна
з) живые существа не способны менять климат планеты
*и) озоновый экран возник на Земле благодаря жизнедеятельности растений
*к) почва появилась при выходе организмов на сушу

10. В состав биосферы входят:
*а) организмы и абиотическая среда
б) только организмы

11. Энергия Солнца на Земле тем или иным способом не расходуется на:
а) аккумуляцию в виде энергии химических связей в органических веществах
б) нагревание и испарение водных масс
*в) движение камней с гор вниз
г) перемещение воздушных масс
*д) передвижение автомобилей
*е) преодоление силы тяжести при взлете современного космического корабля

12. Биосфера – оболочка Земли, состав, структура и свойства которой в той или иной степени определяется настоящей или прошлой деятельностью:
а) животных
б) растений
в) микроорганизмов
*г) живого вещества

13. Верхняя часть литосферы, населенная геобионтами и входящая в биосферу, называется...
а) аэробиосферой
б) гидробиосферой

*в) геобиосферой

14. Каким свойством не обладает живое вещество?
а) движением не только пассивным, но и активным
б) способностью быстро занимать все свободное пространство
*в) снижением видового разнообразия
г) устойчивостью при жизни и быстрым разложением после смерти15. Как называется геохимическая функция живого вещества, заключающаяся, в связывании солнечной энергии и последующем рассеянии при потреблении и минерализации органического вещества?
а) окислительно-восстановительная
б) концентрационная
*в) энергетическая
г) транспортная

16. Один из разделов экологии, изучающий биосферу Земли, называется …
*а) глобальной экологией
б) химической экологией
в) физической экологией
г) сельскохозяйственной экологией

17. Проточные континентальные воды, входящие в гидробиосферу, называются…
а) лиманоаквабиосферой
*б) реоаквабиосферой
в) маринобиосферой

18. В состав биосферы по В. И. Вернадскому входят такие типы веществ как живое, косное, биогенное, биокосное, радиоактивное, космическое и …
а) абиогенное
б) палеобиогенное
*в) рассеянные атомы
г) биотическое

19. Среднее содержание водных мигрантов (макроэлементов) в составе живого вещества составляет …
*а) 1,2 %
б) 10 %
в) $1\ 10^{-2}$ %
г) $1\ 10^{-6}$ %

20. Биосферная роль водных ресурсов состоит в том, что вода является _____ фактором для человека и других организмов.
*а) незаменимым
б) заменимым
в) перспективным
г) альтернативным

Вопросы к рубежному контролю №1

1. Определение науки экологии, в чем заключается основная задача экологии?
2. Решению каких народнохозяйственных проблем способствует экология?
3. Что такое популяция и какими признаками она обладает?
4. Что такое сообщество (биоценоз), биотоп?
5. Охарактеризуйте виды пищевых цепей и составьте их принципиальную схему.
6. Что такое экологическая ниша?
7. Дайте определение биомассы. Чем характеризуется продуктивность биоценоза?
8. Что такое экосистема? Перечислите составные части экосистемы и составьте ее принципиальную схему с указанием взаимосвязей компонентов.
9. Назовите основные типы взаимодействий и дайте их характеристики.
10. Какими путями осуществляется воздействие факторов окружающей среды на организмы?
11. Дайте определение атмосфере и приведите основные характеристики.
12. Какие вещества разрушают озоновый слой атмосферы?
13. Какие газы растворены в природных водах и как они соотносятся с атмосферным газовым составом?
14. Что такое водные ресурсы?
15. Назовите три группы факторов почвообразования и охарактеризуйте их. Какими показателями характеризуется почва?
16. Какова роль почвенных микроорганизмов в почвообразовании и круговороте веществ?
17. Приведите общие сведения о строении Земли. Что такое биосфера?
18. Назовите факторы, влияющие на получение первичной продукции на Земле.
19. В чем состоит суть эволюции? Какие необходимы условия для ее прохождения?
20. Охарактеризуйте основные периоды эволюции человека.
21. Дайте определение вредного вещества и охарактеризуйте его воздействия на организм человека.
22. Под воздействием каких факторов происходит смена состояний и свойств компонентов биогеоценоза?
23. Как происходит трансформация экосистемы при включении в нее промышленного звена? Что такое необиогеоценоз?
24. Что такое малый и большой круг обмена веществ?
25. Охарактеризуйте круговорот кальция на Земле и раскройте его значимость для человека.
26. Составьте принципиальную схему круговорота углерода на Земле и поясните ее. Выделите элементы хозяйственной деятельности человека, влияющие на круговорот углерода.
27. Охарактеризуйте физические и химические свойства кислорода. В чем проявляются взаимодействия кислорода с другими веществами? Расскажите о круговороте кислорода на Земле.
28. Дайте характеристику азота. Составьте принципиальную схему круговорота азота в природе и поясните ее.
29. Какова роль серы для организмов?

30. Что такое экологическая катастрофа и в чем она проявляется?
31. Что такое экологический кризис и чем он характеризуется?
32. Что такое коэволюция? Почему необходимо проведение рационального преобразования человеческого общества с учетом экологических ограничений производства?
33. Какие решения в ведении народного хозяйства должны быть выполнены, чтобы сохранить способности окружающей среды к самоочищению и восстановительным процессам на Земле?
34. Какие вы знаете искусственные биогеоценозы, созданные человеком? Как они создаются?
35. Что такое эколого-экономический потенциал? Какую роль он играет в экологии и что он характеризует?

Вопросы к рубежному контролю №2

1. Понятийно-терминологические определения экологии.
2. Элементы экологических систем и их характеристики.
3. Анализ структуры экологии как науки и этапы ее развития
4. Взаимодействия в экосистемах.
5. Экологические компоненты экосистем.
6. Потоки вещества и энергии в сообществах и между компонентами биогеоценоза.
7. Круговорот веществ и энергии на Земле.
8. Количественные характеристики среды обитания. Факторы среды. Соответствие между организмами и изменяющейся средой обитания.
9. Экологические катастрофы. Кризисы и революции на Земле. Причины экологической озабоченности людей.
10. Особенности взаимодействий в системе «общество - природа». Основы инженерной экологии.
11. Антропогенные воздействия на компоненты природной среды. Виды загрязнений.
12. Энергетика и окружающая среда. Система «нооценоз энергетики - природная среда».
13. Причины, диктующие необходимость соблюдения экологических законов при управлении природопользованием и охране природной и окружающей человека среды.
14. Количественные оценки взаимодействий в системе «нооценоз - природная и окружающая человека среда».
15. Управление взаимодействиями в системе «нооценоз - природная и окружающая человека среда» с учетом экологических законов, правил и бережного отношения к природе.
16. Пути повышения эффективности охраны природной и окружающей человека среды. Практическая значимость экологии на современном этапе развития человеческого общества.
17. Содержание и значение для практики таких разделов, как аутэкология и популяционная экология.
18. Предмет, методы, задачи и проблемы в науках биоценология и

экосистемная экология.

19. Анализ системы: «природа – биосфера - человек».
20. Трансформация экосистемы при включении в нее промышленного звена.
21. Суть учения В.Н. Вернадского о «ноосфере».
22. Зависимость биологических процессов на планете Земля от космических факторов.
23. Экологическое противоречие системы «природа – общество – человек».
24. Возможные направления в разрешении экологических проблем человека.
25. Биотический потенциал вида и факторы, от которых зависит его реализация в природе.
26. Использование средообразующей роли растений в условиях города.
27. Сброс отходов в пресные водоемы и их загрязнение.
28. Отрицательное и положительное влияние человека на качество почв в Приволжском регионе.
29. Закон конкурентного исключения и понятие «экологическая ниша».
30. Виды человеческой деятельности, способствующие сокращению количества кислорода в атмосфере и проблемы их решения.
31. Загрязнение водных ресурсов нефтепродуками и решение этой проблемы.
32. Что такое экология, ее структура, связь с другими науками? Необходимость экологических знаний для человека.
33. Что такое экологические факторы среды? Опишите их роль в жизнедеятельности живых организмов водной среды.
34. Расставьте объекты экологического изучения разного уровня в порядке их усложнения: экосистема, популяция, биосфера, особь, сообщество.
35. Экология как самостоятельная наука сформировалась в XX в.? Правильно ли утверждение, что экологические знания накапливались с древних времен? Свой ответ обоснуйте.
36. В чем состоит различие между понятиями «экологическая ниша» и «место обитание»? Могут ли разные виды занимать одну экологическую нишу?
37. На полях занятых с/х культурами, часто происходят взрывы численности тех видов насекомых, которые никогда не размножались в таком количестве в природе. Каково ваше мнение, почему это происходит?
38. «Экология -наука будущего»?В чем вы видите правомерность этого тезиса?
39. На какие группы подразделяются экологические факторы среды?
40. Возможность самоочищения водоемов сильно снижаются при сбросе в них теплых сточных вод. Почему?
41. Какой экологический фактор может ограничить нормальное развитие и жизнь организма - вплоть до полного вымирания? Какие законы отражают действие экологических факторов? Приведите примеры.
42. Что такое биосфера, что она включает в себя в соответствии с учением В. И. Вернадского?
43. Приведите примеры положительного и отрицательного воздействия деятельности человека на природную среду в месте вашего проживания.
44. На основе материалов из курсов истории, биологии, экологии расскажите как складывались отношения человека и природы по мере развития человеческой цивилизации?

Тесты для проведения контроля остаточных знаний

Проверка остаточных знаний студентов по дисциплине проводится в форме тестирования. Тест включает в себя 15 вопросов с вариантами ответов. При 0-1 ошибках ставится оценка «отлично», 2-3 ошибках – «хорошо», 4-7 ошибках – «удовлетворительно», при количестве ошибок более 7 – «неуд.»

Тесты для проведения контроля остаточных знаний

1 вариант

№1 Экология – это:
а) наука о жизни;
б) совокупность человека и окружающей среды;
в) наука о биоценозах;
г) наука о взаимоотношениях живых организмов со средой их обитания;
д) нет правильного ответа.

№2 Биосфера – это:
а) твердая оболочка Земли;
б) экосфера;
в) “область существования живого вещества”;
г) наружная оболочка Земли, включающая все живое вещество и область его распространения;
д) нет правильного ответа.

№3 Компонентами биосферы по В.И. Вернадскому являются:
а) живое вещество;
б) биогенное вещество;
в) косное вещество;
г) биокосное вещество;
д) нет правильного ответа .

№4 К антропогенным загрязнениям биосферы относятся:
а) физическое;
б) биологическое;
в) механическое;
г) химическое;
д) эстетическое (визуальное);
е) нет правильного ответа.

№5 Назовите этапы взаимодействия человека с биосферой:
а) этих этапов пять;
б) их три;
в) нет правильного ответа. Если есть правильный ответ, укажите эти этапы (при письменном тестировании).

№6 Смена одних биоценозов другими на определенном участке земной поверхности за некоторый период времени называется:
а) сукцессией;
б) экотоном;
в) саморегуляцией экосистемы.

№7 Американский ученый Б. Коммонер сформулировал основные законы экологии, сколько их?
а) три;
б) четыре;
в) пять. Если есть правильный ответ, назовите эти законы (при письменном тестировании).

№8 Зеленые растения – это:
а) факторы живой природы;
б) биотические факторы среды;
в) элемент биоценоза;
г) автотрофные организмы;
д) продуценты;
е) все перечисленное выше.

№9 Экосистема – это:
а) биоценоз;
б) биогеоценоз;
в) совокупность биоценоза и биотопа;
г) все названное выше;
д) нет правильного ответа.

№10 Экологические факторы – это:
а) факторы живой и неживой природы;
б) абиотические и биотические факторы;
в) климат;
г) растения;
д) почва;
е) нет правильного ответа.

№11 Экологическая ниша – это:
а) местообитание;
б) биотоп; в) биоценоз;
г) совокупность условий жизни внутри экосистемы, предъявляемых к среде видом или его популяцией;
д) все названное выше.

№12 С точки зрения трофических отношений экосистема имеет следующие компоненты:
а) неорганические вещества;

б) органические соединения;
в) автотрофные организмы;
г) гетеротрофные организмы;
д) нет правильного ответа.

№13 Автотрофы – это:
а) продуценты;
б) зеленые растения;
в) серобактерии;
г) хемотрофы;
д) все названное выше.

№14 Консументы – это:
а) продуценты;
б) гетеротрофы;
в) редуценты;
г) животные;
д) грибы;
е) бактерии;
ж) нет правильного ответа.

№15 Антропогенное воздействие на природу, что это?
а) связанное с деятельностью человека;
б) связанное с природными явлениями;
в) связанное с процессами в биосфере;
г) связанное со всем перечисленным выше.

№16 Что относится к физическому загрязнению окружающей среды?
а) тепловое загрязнение;
б) шумовое загрязнение;
в) световое загрязнение;
г) электромагнитное;
д) радиоактивное;
е) вредными веществами и бактериями;
ж) все перечисленное выше.

№17 Экология – это:
а) наука о биосфере;
б) наука о взаимоотношениях человека и природы;
в) наука о взаимоотношениях живых организмов со средой их обитания;
г) наука об экологических системах;
д) все ответы правильные.

№18 Компоненты биосферы по Вернадскому В. И. – это:
а) живое вещество, биогенное вещество, косное вещество, биокосное вещество, человек, растения;

б) косное, биокосное, биогенное, живое вещество;
в) растения, животные, бактерии, водоросли, микроорганизмы;
г) нет правильного ответа

№19 Назовите компоненты следующей трофической цепи “осина - заяц - лиса”:
а) автотроф - гетеротроф - редуцент;
б) продуцент - консумент I порядка - консумент II порядка;
в) продуцент - консумент - редуцент.

№20 Консументы – это:
а) зеленые растения;
б) продуценты;
в) гетеротрофы;
г) хищники;
д) бактерии;
е) нет правильного ответа.

№21 Автотрофы – это:
а) животные;
б) бактерии;
в) микробы;
г) зеленые растения;
д) все ответы правильные.

№22 Биотические факторы окружающей среды - это:
а) растения;
б) животные;
в) вирусы;
г) бактерии;
д) деятельность человека;
е) все перечисленное выше, кроме деятельности человека;
ж) все перечисленное выше, включая антропогенное воздействие.

№23 Абиотические факторы наземной среды – это:
а) зеленые растения;
б) лучистая энергия Солнца;
в) климат;
г) почва;
д) рельеф местности;
е) химический состав воздуха;
ж) все перечисленное выше;
з) нет однозначного ответа.

№24 Биосфера – это:
а) экосфера;
б) газовая оболочка Земли;

в) твердая оболочка Земли;
г) водная оболочка Земли;
д) все ответы верны;
е) нет полного ответа.

Тесты для проведения контроля остаточных знаний

2 вариант

№1 Абиотические факторы водной среды – это:
а) плотность, вязкость, подвижность воды, температура, прозрачность, мутность, концентрация ионов водорода, соленость, наличие кислорода;
б) факторы неживой природы;
в) все ответы верны;
г) нет однозначного ответа.

№2 Редуценты – это:
а) автотрофы;
б) гетеротрофы;
в) бактерии;
г) микроконсументы;
д) деструкторы;
е) нет правильного ответа.

№3 Автотрофные организмы – это:
а) зеленые растения;
б) продуценты;
в) хемотрофы;
г) серобактерии;
д) редуценты;
е) нет правильного ответа.

№4 Бактерии – это:
а) гетеротрофы;
б) часть биоценоза;
в) редуценты;
г) микроконсументы;
д) все перечисленное выше;
е) нет правильного ответа.

№5 К абиотическим факторам наземной среды относят:
а) лучистая энергия Солнца;
б) влажность воздуха;
в) газовый состав атмосферы;
г) давление атмосферы;
д) движение воздушных масс;
е) все перечисленное выше;
ж) нет однозначного ответа.

№6 Хищники - это:
а) гетеротрофы;
б) консументы;
в) продуценты;
г) все перечисленное выше;
д) нет правильного ответа.

№7 Физическое загрязнение природы - это:
а) шум;
б) тепло;
в) газы;
г)бактерии;
д) вибрация;
е) ионизирующее излучение;
ж) электромагнитное излучение;
з) все перечисленное выше; и) нет правильного ответа.

№8 Назовите элементы трофической цепи “морковь - кролик - лиса”:
а) продуцент - консумент I порядка - консумент II порядка;
б) автотроф - гетеротроф - консумент;
в) продуцент - консумент - редуцент;
г) все ответы правильные.

№9 Зеленые растения – это:
а) автотрофные организмы;
б) продуценты;
в) биотический фактор среды;
г) все перечисленное выше;
д) нет правильного ответа.

№10 Закон Ю. Либиха – это:
а) один из законов экологии;
б) закон толерантности;
в) закон об экологических факторах;
г) закон минимума;
д) все перечисленное выше верно.

№11 Животные – это:
а) автотрофы; б) гетеротрофы;
в) продуценты;
г) консументы;
д) нет правильного ответа.

№12 Экологические факторы среды – это:
а) совокупность абиотических и биотических факторов среды;

б) факторы живой и неживой природы;
в) все перечисленное выше;
г) нет правильного ответа.

№13 Экологическая ниша – это:
а) среда обитания;
б) биотоп;
в) биоценоз;
г) место, где обитает тот или иной вид организмов;
д) нет правильного ответа.

№14 Биоценоз - это:
а) факторы живой природы;
б) совокупность живых организмов;
в) зооценоз, фитоценоз, микробиоценоз;
г) биотоп и среда обитания;
д) нет правильного ответа.

№15 Что входит в абиотическую часть экосистемы пруда:
а) энергия Солнца, H2O, CO2, O2, Ca, азотные и фосфорные соли, аминокислоты, гуминовые кислоты, донные отложения;
б) H2O, CO2, O2, Ca, азотные и фосфорные соли, аминокислоты, гуминовые кислоты;
в) полного ответа нет.

№16 Биосфера – это:
а) экосфера;
б) атмосфера + литосфера + гидросфера;
в) внешняя оболочка Земли;
г) все ответы верны;
д) нет правильного ответа.

№17 Что входит в биотическую часть экосистемы “пруд”?
а) фитопланктон, личинки насекомых, рыбы, водные бактерии;
б) макроводоросли, фитопланктон, зоопланктон, бентос (донные формы), хищные насекомые и рыбы, водные бактерии, жгутиковые грибы;
в) продуценты, микроконсументы, сапротрофы;
г) полного ответа нет.

№18 Продуценты – это:
а) гетеротрофы;
б) автотрофы;
в) зеленые водоросли;
г) грибы;
д) серобактерии.

№19 Что входит в биотическую часть экосистемы “луг”?

а) автотрофы, гетеротрофы, консументы, микроконсументы;
б) трава, насекомые, птицы, млекопитающие, бактерии, грибы;
в) полного ответа нет.

№20 Продуценты – это:
а) автотрофы;
б) зеленые растения;
в) животные;
г) грибы;
д) нет правильного ответа.

№21 Гомеостаз экосистемы – это:
а) смена одного биоценоза другим;
б) состояние подвижно- стабильного равновесия экосистемы;
в) уменьшение популяции в экосистеме;
г) нет правильного ответа.

№22 Биосфера – это:
а) “сфера разума и новой жизни”;
б) экосфера;
в) нижняя часть атмосферы, вся гидросфера, верхняя часть литосферы;
г) “область существования живого вещества”;
д) глобальная экосистема Земли;
е) нет правильного ответа.

№23 Ноосфера – это:
а) сфера разума;
б) период, когда разумная деятельность человека становится определяющим фактором развития биосферы;
в) высшая стадия развития биосферы;
г) “мыслящая оболочка”;
д) однозначного ответа нет.

№24 Экологические факторы – это:
а) факторы неживой природы;
б) климатические, фитогенные, зоогенные, химические, микробиогенные, антропогенная деятельность человека;
в) факторы живой природы;
г) нет правильного ответа.

Вопросы к экзамену

1. Предмет и задачи экологии.
2. Структура современной экологии. Задачи и объекты изучения экологии.
3. Экология и инженерная защита окружающей среды
4. Окружающая среда и биосфера.

5. Основы экологии человека.
6. Влияние человека на окружающую среду в процессе НТР.
7. Экологические факторы и их действие. Абиотические и биотические факторы наземной, почвенной и водной сред.
8. Атмосфера. Загрязнение атмосферы. Методы очистки пылевых выбросов.
9. Классификация загрязнений.
10. Типы загрязняющих веществ. Загрязняющие вещества, действующие в глобальном масштабе.
11. Воздействие промышленных выбросов на окружающую среду.
12. Фотохимический смог, условия для возникновения.
13. Кислотные дожди. Парниковый эффект.
14. Физические принципы удаления загрязнений. Пылеуловители, скрубберы, газоочистители
15. Основные источники загрязнения поверхностных и подземных вод.
16. Последствия загрязнения гидросферы. Нормирование качества воды.
17. Загрязнение гидросферы.
18. Вода в природе. Водные ресурсы.
19. Состояние водного бассейна в Удмуртской Республике.
20. Методы очистки сточных вод. Состав сточных вод.
21. Механические, физико-химические и биологические методы очистки сточных вод.
22. Оборудование для очистки сточных вод. Утилизация осадков сточных вод.
23. Загрязнение земельных ресурсов, флоры и фауны.
24. Земельные ресурсы, общие сведения о почвах.
25. Эрозия почв, методы борьбы с ней.
26. Лесные ресурсы.
27. Загрязнение земельных ресурсов, меры борьбы по их сохранению.
28. Охрана недр.
29. Охрана фауны.
30. Твердые бытовые отходы. Защита среды от отходов.
31. Методы переработки промышленных отходов.
32. Классификация отходов и их состав.
33. Свойства отходов. Классы опасности.
34. Размещение отходов на поверхности земли.
35. Способы утилизации отходов. Тенденции в решении проблем утилизации опасных отходов.
36. Безотходные технологии.
37. Природно-ресурсный потенциал Земли. Запасы природных ресурсов в мире.
38. Природные ресурсы Удмуртской Республики.
39. Возобновляемые и невозобновляемые природные ресурсы.
40. Оценка полезности природных ресурсов.
41. Экологический ущерб.
42. Экологическое регулирование и управление природоохранной деятельностью.

43. Государственное регулирование (государственная экологическая экспертиза, государственный контроль, экологический мониторинг, лицензирование и нормирование).
44. Экономическое регулирование (платежи за использование природных ресурсов, плата за загрязнение окружающей среды, налоговая политика).
45. Правовые основы охраны окружающей среды.
46. Основы природоохранного законодательства. Закон «Об охране окружающей природной среды».
47. Экологическая сертификация. Стандарты ISO 14000.
48. Экологическое страхование.
49. Экологический аудит.
50. Экологический менеджмент.
51. Особо охраняемые природные территории (ООПТ), национальные парки.

11. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

1. Лекционные занятия

Комплект электронных презентаций/слайдов; аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ ноутбук);

2. Лабораторные работы

Исследование освещенности на рабочем месте. ЛЮКСМЕТР « ТКА-ЛЮКС»;

Определение концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Ручной насос – пробоотборник НП-3М или аспиратор сильфонный АМ-5М, индикаторные трубки (ТИ).

3. Практические занятия

Презентационная техника (проектор, экран, компьютер/ноутбук), таблицы, формулы, методические указания для проведения расчетов.

12.Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература

1. Коробкин, В.И. Экология / В.И. Коробкин, Л.В. Передельский. – М.: Проспект, 2008. – 512 с.
2. Николайкин Н.И.. Экология: учеб. для вузов 4-е изд., испр. И доп. – М.: Дрофа, 2009. – 622 с.: ил. МОРФ

б) дополнительная литература

1. Барвинко, Н.Г. Охрана атмосферного воздуха/ учебно-метод. пособие // Н.Г. Барвинко,
А.Ю. Ложкина. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2006. – 16 с.
2. Барвинко, Н.Г. Охрана водных ресурсов / учебно-метод. пособие // Н.Г. Барвинко, А.Ю. Ложкина. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2006. – 20 с.
3. «Водный кодекс Российской Федерации»
4. Воробьев А.Е., Дьяченко В.В., Вильчинская О.В., Корчагина А.В. Основы природопользования. Ростов-на-Дону, 2006. – 544 с.
5. Журнал «Экология и промышленность России».

6. Журнал «Экологические системы и приборы».
7. Журнал «Экология и жизнь».
8. Федорова А.И., Никольская А.Н.: Практикум по экологии и охране окружающей среды:
- М.: Гуманит. Изд. центр ВЛАДОС, 2003.-288 с.: ил. – Библиогр.: с. 277-280.

в) программное обеспечение ЭБС «Книгофонд»

1. Валова (Копылова) В.Д. Издательство: Дашков и К, 2009 г.
2. Иванов В.П., Васильева О.В. Издательство: СпецЛит, 2010 г.
3. Яковлев А.И., Болдин А.Н., Тепляков С.Д., Шпектор А.А., Жуковский С.С. Издательство: Машиностроение, 2010 г.
4. Программа «ПНГ-Эколог»
5. Программа «РВУ-Эколог»
6. Унифицированная программа расчета загрязнения атмосферы «Эколог»

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. http://www.kuzstu.ru/science/doc/bg/progr_bgd11.doc
2. www.edu.nsu.ru/noos/ecology
3. www.informeco.ru
4. www.iufs.edu/mufo.ru/MSc-Ecologv-ru.html
5. www.ecoguild.narod.ru

13. Методические указания по выполнению лабораторных работ

Не предусмотрены.

14. Методические указания по выполнению практических работ

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1
КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Цель занятия: ознакомиться с методиками расчета предельно допустимых выбросов и максимально допустимой концентрации вредных веществ в устье источников образования.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Предельно допустимая концентрация (ЦДК) и предельно допустимые выбросы (ПДВ) вредных (токсичных) химических веществ.

Полностью отказаться от выведения промышленных отходов в природную среду человек не может. Но поскольку многие примеси неблагоприятно воздействуют на организм человека, животных, растений и биогеоценозы в целом, совершенно необходимо ограничение поступления этих примесей в природную среду, в частности в атмосферу. Эта задача и решается в условиях производства за счет усовершенствования технологических процессов, внедрения систем газопылеочистки.

В ряде стран и на международном уровне (в рамках международных организаций) разрабатываются стандарты, ограничивающие содержание наиболее опасных загрязняющих веществ как в атмосферном воздухе, так и в источниках загрязнения. Например, в США разработаны нормы предельной концентрации вредных веществ в воздухе как в среднем за год, так и по числу раз в году.

Комитет экспертов Всемирной организации здравоохранения опубликовал сводку допустимых уровней загрязнения, т.е. осредненного предельного содержания в воздухе тех или иных примесей - среднегодовых, среднесуточных, среднепериодических, Например, среднегодовой допустимый уровень оксидов серы 60 мкг/м3. Для оксида углерода среднепериодический /за 8 часов/ уровень содержания равен 10 мкг/м3 при условии, что максимальный за этот же срок времени не превышает 40 мкг/м^3. Загрязнение воздуха веществами, содержащимися в промышленных выбросах, должно контролироваться. Для этого необходимы сравнительные критерии содержания примесей, под которыми ГОСТ понимает вещества, не содержащиеся в постоянном составе атмосферы. В качестве установленных нормативов качества воздуха применяются временно допустимые концентрации (ВДК).

На основании показателем, используемым для контроля качества воздуха в нашей стране, являются ПДК вредных веществ. В 1971 г. впервые был утвержден перечень ПДК для 120 веществ в воздухе населенных пунктов, позднее неоднократно дополнявшийся. С позиции экологии, ПДК конкретного вещества представляют собой верхние пределы лимитирующих факторов среды, при которых их содержание не выходит за пределы экологической ниши человека.

Реальная ситуация, связанная с временной невозможностью полностью прекратить выброс вредных соединений в воздушную среду, выражается в том, что существует раздельное нормирование содержания примесей в воздухе, т.е. используется два типа ПДК: в воздухе рабочей зоны (*ПДК р.з.*) и в атмосферном воздухе населенного пункта (*ПДК а.в.*).

ПДК а.в. — это максимальная концентрация примеси в атмосфере, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него и на окружающую среду в целом вредного влияния, включая отдаленные последствия.

ПДК р.з. это концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч или при другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего

поколений. Под рабочей зоной понимается пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или временного пребывания работающих.

Раздельное нормирование содержания примесей предусматривает также разделение ПДК на максимальные разовые (*ПДК м.р.*) и среднесуточные (*ПДК сс*). Причем все концентрации примесей в воздухе рабочей зоны сравниваются только с максимальными разовыми, определяемыми в течение 30 мин., а в воздухе населенного пункта и со среднесуточными, определяемыми в течение 24 ч. Необходимость раздельного нормирования примесей в воздушной среде определяется условиями восприятия вредных веществ людьми: на предприятиях в течение рабочего дня загрязненным воздухом дышат здоровые, прошедшие медицинское освидетельствование люди, а в населенных пунктах круглосуточно дышат как взрослые, так и дети, пожилье и больные люди. Поэтому *ПДКр.з > ПДКм.р*, те. фактически *ПДКр.з. > ПДКа.в.*, Например, для диоксида серы ПДК р.з.=10мг/м^3 , а ПДК м.р0,5мг/м^3.

Нормы, действующие в нашей стране, учитывают возможность воздействия на организм не одного какого-либо вещества, а нескольких одновременно, поскольку различные вещества могут оказывать сходное неблагоприятное воздействие на организм. В этом случае говорят об эффекте суммации вредного действия. Предусмотрен учет эффекта суммации вредного действия, например, учет эффекта суммация фенола и ацетона: валериановой, капроновой и масляной кислот; озона, диоксида азота и формальдегида.

Если в воздухе присутствует несколько веществ, обладающих эффектом суммации, то качество воздуха будет соответствовать установленным нормативам при условии, что

$$\frac{C_1}{ПДК_i} + \frac{C_2}{ПДК_2} + ... + \frac{C_n}{ПДК_n} \le 1,$$

где С1, С2, ..., С - вредные вещества, обладающие эффектом суммации. Это означает, что в воздухе населенного пункта сумма отношений концентрации к ПДК веществ, обладающих эффектом суммации, не должна превышать единицы.

Регламентация выбросов в атмосферу осуществляется на основе установления так называемых предельно допустимых выбросов /ПДВ/. Согласно ГОСТ 17.2.1.04-77 ПДВ вредного вещества в атмосферу - это научно-технический норматив, предусматривающий, что концентрация загрязняющих веществ в приземном слое воздуха от источника или их совокупность не превышает нормативную концентрацию этих веществ, ухудшающих качество воздуха. Размерность ПДВ - грамм в секунду, ПДВ следует сравнивать с мощностью выброса, под которой в том же ГОСТ понимают количество вещества в единицу времени: М Су г/с.

Согласно ГОСТ ПДВ устанавливается для каждого источника загрязнения атмосферы при условии, что выбросы вредных веществ от данного источника и от совокупности других с учетом рассеивания не создадут приземной концентрации вредных веществ, превышающей ПДК.

Поскольку критерием для установления ПДВ является ПДК, необходимо пользоваться специальными формулами для определения ПДВ с учетом ПДК, а также возможной максимальной концентрации вредного вещества в атмосферном воздухе. Порядок расчета ПДВ приводится в практической работе.

Практическая работа
Расчет предельно допустимых выбросов

Задача 1. На основе исходных данных, представленных в табл. 1. необходимо (при наличии в атмосфере машиностроительного предприятия примесей, для которых установлена необходимость совмещенного учета их вредного действия), сделать вывод, превышает ли такая совместная концентрация вредных веществ в приземном слое атмосферы величину ПДВ или не превышает.

Для четных номеров вариантов /варианты 1.2; 1.4; 1.6/ принять, что источник загрязнения находится в зоне отдыха города.

Таблица 1

Вредные вещества	ПДК в атм. воздухе, мг/м^3	Расчетная концентрация вредных веществ в приземном слое атмосферы по вариантам, мг/м^3					
		1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
Амилен	1.5	0,10	-	0,17	0,13	0,16	0,11
Ацетон	0,35	0,02	0,04	0,03	0,08	0,06	0,07
Бутилен	3,0	-	1,02	0,32	0,70	1,06	0,81
Кислота соляная	0,2	0,01	0,15	0,02	0,01	-	0,04
Пропилен	3,0	0,16	0,40	0,30	0,50	0,21	0,19
Спирт изоприловый	0,6	-	0,02	0,07	0,20	0,13	0,04
Толуол	0,6	0,24	-	0,09	0,05	0,03	-
Трихлорэтилен	0,6	0,05	0,01	0,13	0,14	0,11	0,02
Циклогексан	1,4	0,20	0,30	-	0,85	0,25	0,15
Этилен	3,0	0,08	0,36	0,54	0,30	-	0,12

Задача 2. На машиностроительном предприятии осуществляется выброс нагретой газовоздушной смеси из одиночного источника с круглым устьем. Из источника выбрасывается газообразное вредное вещество, скорость упорядоченного оседания которого не превышает 3 см/с. В радиусе 50 высот труб /50Н/ источника загрязнения перепад высот не превышает 50м на 1 км.

Используя исходные данные, представленные в таблице 2, необходимо определить величину ПДВ нагретой газовоздушной смеси на машиностроительном предприятии.

Таблица 2

ПОКАЗАТЕЛИ	Варианты и задачи				
	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
Высота источника загрязнения, м	50.0	40.0	44.0	42.0	47.0
Диаметр источника загрязнения, м	1.4	1.2	1.1	1.3	1.15
Средняя скорость выброса газовоздушной смеси, м/с	2.0	2.6	1.8	2.5	2.3
Температура выбрасываемой газовоздушной смеси, С°	85	80	66	75	70
Температура окружающей среды, С°	25	35	18	30	23
Фоновая концентрация выбрасываемого газообразного вещества, мг/м^3	0.2	0.18	0.24	0.15	0.19
ПДК выбрасываемого вредного вещества, мг/м^3	0.36	0.30	0.38	0.27	0.24
Местонахождение завода и источника загрязнения	Харьков	Ашхабад	Ижевск	Караганда	Киев

Задача 3. На машиностроительном предприятии осуществляется выброс холодной газовоздушной смеси из одиночного источника с круглым устьем.

Из источника загрязнения выбрасывается крупнодисперсная пыль. В радиусе 50 Н от источника загрязнения перепад высот не превышает 50 м на 1 км.

Используя исходные данные, представленные в табл. 3, необходимо определить величину ПДВ холодной газовоздушной смеси на машиностроительном предприятии.

Таблица 3

Показатели	Варианты задачи				
	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
Высота источника загрязнения, м	48,0	42,0	40,0	45,0	47,0
Диаметр источника загрязнения, м	1,3	1,4	1,2	1,5	1,10
Средняя скорость выброса газовоздушной смеси, м/с	2,4	1,9	2,0	2,1	2,2
Фоновая концентрация выбрасываемого газообразного вещества, мг/м^3	0,1	0,22	0,15	0,12	0,14
ПДК выбрасываемого вредного вещества, мг/м^3	0,30	0,35	0,32	0,27	0,29
Местонахождение завода и источника загрязнения	Донецк	Курск	Харьков	Владивосток	Ижевск

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАЧ 1 – 3

Основными критериями качества атмосферного воздуха являются ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. При этом необходимо, чтобы соотношение

$$\frac{C}{ПДК} \le 1, \qquad (1)$$

где С - расчетная концентрация примесей в приземном слое атмосферы от всей совокупности источников.

При наличии в атмосфере многих примесей, для которых установлена необходимость учета их совмещенного вредного действия, в качестве критерия при установлении ПДВ используется требование о выполнении следующего соотношения:

$$\frac{C_1}{ПДК_1}+\frac{C_2}{ПДК_2}+...+\frac{C_i}{ПДК_i}+\frac{C_n}{ПДК_n}\le 1 \quad , \qquad (2)$$

где *i* - индекс, обозначающий номер примеси среди примесей с совмещенным действием (*i*= 1,2, …. *n*).

Для территорий санитарных зон курортов, мест размещения санаториев и домов отдыха при использовании формул (1) и (2) в правой части 1 заменяется на 0,8.

Расчет ПДВ при выбросе нагретой газовоздушной смеси из одиночного источника с круглым устьем, когда фоновая концентрация рассматриваемой примеси установлена не зависящей от скорости и направления ветра и постоянной на территории, ведется по формуле

$$ПДВ=\frac{(ПДК-C_ф)\cdot H^2\cdot\sqrt[3]{V_1}\cdot\Delta T}{A\cdot F\cdot m\cdot n\cdot\xi} \quad , \qquad (3)$$

где *ПДК* предельно допустимая концентрация выбрасываемого вредного вещества, мг/м^3

$C_ф$ — фоновая концентрация вредного вещества, мг/м^3;

Н - высота источника выбросов над уровнем земли, м;,

V_1 - объем газовоздушной смеси, м^3/с;

Δ Т - разность между температурой выбрасываемой газовоздушной смеси и температурой окружающего воздуха, С°;

А – коэффициент, определяющий условия горизонтального вертикального рассеивания атмосферных примесей;

F — безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосфере;

m,n — безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовоздушной смеси из устья и источника выброса

ζ — безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности на рассеивание примесей.

Объем газовоздушной смеси определяется по формуле

$$V_1=\frac{\pi Д^2}{4}\cdot W_0 \quad , \qquad (4)$$

где Д— диаметр устья источника выброса, м;

W_o — средняя скорость выхода газовоздушной смеси из устья источника выброса, м/с.

Коэффициент, определяющий условия горизонтального и вертикального рассеивания атмосферных примесей, применяется для неблагоприятных условий, при которых концентрация вредных примесей в атмосфере от источника выброса достигает максимальных значений:

-для субтропической зоны Средней Азии 240;

-для остальных районов Средней Азии, Казахстана, Поволжья. Кавказа, Молдовы, Сибири, Дальнего Востока — 200;

-для севера и северо-запада европейской территории страны. Среднего Поволжья. Украины и Урала — 160;

-для центральной части европейской территории России — 120.

Величины коэффициента, учитывающего скорость оседания вредных веществ в атмосфере, принимаются следующие: для газообразных веществ и мелкодисперсных аэрозолей, скорость упорядоченного оседания которых не превышает 3-5 м/с, — 1: для более крупнодисперсной пыли и золы — 2.

Безразмерный коэффициент *m* определяется по формуле

$$m = \frac{1}{0{,}67 + 0{,}1\sqrt{f} + 0{,}34\sqrt{f}} \quad (5)$$

где $$f = 10^3 \cdot \frac{W_0^2 \cdot D}{H_0^2 \cdot \Delta T} \quad (6)$$

Безразмерный коэффициент *n* рассчитывается в зависимости от величины параметра $V_м$ следующим образом:

при $V_м \le 0{,}3$ $\quad n = 3$ (7)

при $0{,}3 < V_м \le 2$ $\quad n = 3 - \sqrt{(V_м - 0{,}3)(4{,}36 - V_м)}$ (8)

при $V_м > 2$ $\quad n = 1$ (9)

При этом для случая выброса нагретой газовоздушной смеси

$$V_м = 0{,}65\sqrt{\frac{V_1 \Delta T}{H}} \quad (10)$$

Безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности на рассеивание примесей принимается равным единице, если в радиусе 50 высот труб от источника перепад отметок местности не превышает 50м на 1 км.

Величина ПДВ для случая выброса холодной газовоздушной смеси из единичного источника с круглым устьем рассчитывается по формуле

$$ПДВ = \frac{(ПДК - C_\phi) \cdot H^3}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \xi} \cdot \frac{8V_1}{D} \qquad (11)$$

При этом безразмерный коэффициент *n* определяется по формулам /7-9/ в зависимости от параметра $V_м$, который рассчитывается по формуле

$$V_м = 1{,}3\frac{W_0 \cdot D}{H}$$

Величины остальных параметров, входящих в формулу /11/, определяются таким же образом, как и для случая выброса нагретой воздушной смеси.

Расчет максимально допустимой концентрации химических веществ в выбросах в устье источника

Используя исходные данные, представленные в таблице /4/, необходимо определить максимально допустимую концентрацию (МДК) вредных веществ в газовоздушных выбросах предприятий при следующих условиях.

Задача 1. Формовочный цех литейного участка машзавода осуществляет выброс через вытяжную трубу общеобменной вентиляции нагретой газовоздушной смеси, в которой преобладает по концентрации загрязняющий компонент - пыль.

Задача 2. ТЭЦ машиностроительного предприятия использует в качестве топлива мазут. Преобладающий по концентрации загрязняющий компонент - сернистый ангидрид.

Задача 3. Промышленная установка по термическому обезвреживанию твердых промышленных отходов выделяет в атмосферу преобладающий по концентрации загрязняющий компонент - окись углерода.

Таблица 4

Вредные вещества	№ задачи	ПДВ вредных веществ, г/с	Средний секундный расход объема газовоздушной смеси из устья трубы (по вариантам), м³/с				
			1	2	3	4	5
Пыль	1	10	20	15	16	19	17
Сернистый ангидрид	2	0,5	10	9	7	8	11
Окись углерода	3	50	200	180	175	190	195

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ 1 - 3

Расчет МДК вредного химического вещества в выбросах в устье источника проводится по формуле

$$C_{мт} = \frac{ПДВ}{Vi}$$

где $C_{мт}$ - МДК вредного химического вещества в выбросах в устье источника;

ПДВ - ПДВ, г/с;

Vi - средний секундный расход объема газовоздушной смеси из устья трубы, $м^3/с$.

Контрольные вопросы

1. Дать понятие ПДК вредных веществ атмосферного воздуха и ПДК вредных веществ рабочей зоны.
2. Дать понятие максимально разовых концентраций вредных веществ и среднесуточных.
3. Дать понятие эффекта суммации вредных веществ.
4. Расскажите о методике расчета ПДВ вредных веществ.
5. Расскажите о методике расчета МДК вредных веществ в выбросах в устье источника.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2
ПУТИ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Цель занятия:

1) ознакомиться с методиками расчета степени очистки газов от вредных примесей и определения необходимой высоты трубы для улучшения условий рассеивания вредного вещества в верхних слоях атмосферы.

2) ознакомиться с методикой определения требуемого воздухообмена и его кратности для вентиляционной системы цеха завода.

3) ознакомиться с методикой оценки санитарно-защитных зон.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Способы снижения фактической концентрации вредного вещества в приземном слое воздуха

Уровень загрязнения той или иной среды каким-либо вредным веществом определяется отношением фактической концентрации вредного вещества в среде к ее предельно допустимому значению. Следовательно, задача снижения уровня загрязнения сводится к уменьшению фактической концентрации данного вещества путем воздействия на механизм его образования.

Так, при выбросе выхлопных газов через выхлопную трубу в атмосферу одиночным источником максимальная фактическая концентрация вредного вещества в приземном слое воздуха в опасной зоне рассеивания, создаваемая этим источником, в соответствии с законами распространения потоков в слоях атмосферы может быть определена по общепринятой модифицированной формуле Андреева

$$C_м = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \sqrt[3]{V \Delta T}} \cdot \zeta \quad ,$$

где $C_м$,- фактическая максимальная концентрация вредного вещества в приземном слое воздуха, создаваемая одиночным источником, г/м^3;

А - коэффициент температурной стратификации атмосферы / распределение температуры воздуха по вертикали, который зависит от географического положения источника/;

М - интенсивность выброса вредного вещества в атмосферу дымным источником, г/с;

Е - безразмерный коэффициент учитывающий скорость оседания вредного вещества в атмосферном воздухе:

m и *n* - безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовоздушной смеси из устья источника выброса;

Н - геометрическая высота источника выброса от уровня земли, м:

V - интенсивность выброса газовоздушной смеси, м^3/с;

ΔТ- разность между температурой выбрасываемой газовоздушной смеси и температурой окружающего атмосферного воздуха, С°;

ζ - безразмерный коэффициент, учитывающий рельеф местности, в случае ровной местности = 1.

Из анализа приведенной формулы следует, что фактическая концентрация вредного вещества в приземном слое воздуха, создаваемая одиночным источником выброса, может быть снижена двумя способами: 1)уменьшением интенсивности выброса вредного вещества; 2) улучшением условий рассеивания /увеличение высоты трубы, разности температур/ вредного вещества в верхних слоях атмосферы.

Первый способ может быть реализован уменьшением интенсивности образования и выделения вредного вещества за счет совершенствования технологии и оборудования производственных процессов и организации специальной очистки газовоздушной смеси перед выбросом ее в атмосферу.

Второй способ снижения уровня загрязнения атмосферы можно осуществить за счет увеличения геометрической высоты дымовой трубы, подогрева выбросной воздушной смеси, уменьшением ее плотности и установки дополнительного вентилятора перед дымовой трубой, обеспечивающего повышение скорости газовоздушного потока в стволе трубы.

Наиболее простым и широко применяемым способом снижения уровня загрязнения приземного воздуха до настоящего времени является рассеивание выбросных смесей в верхних слоях атмосферы с помощью высоких дымовых труб. Однако этот способ имеет ограниченные возможности и весьма низкую экологическую эффективность. Во-первых, потому что для обеспечения достаточно высокой степени рассеивания вредностей для целого ряда промышленных источников выбросов потребовалось бы соорудить трубы высотой более 1 и даже 2 км, что чрезвычайно дорого и технически трудно осуществимо. Во-вторых, эффективность рассеивания в значительной степени зависит от метеорологических условий, и в отдельные периоды при неблагоприятном ветре факел выброса нисходящим потоком может прижиматься к земной поверхности, создавая концентрации вредных веществ в приземном слое воздуха, близкие к концентрациям их в выбросных газовоздушных смесях, т.е. значительно превышающие ПДК. При отсутствии ветра вредные вещества не могут рассеиваться, что способствует образованию смога. И наконец, что самое главное, этот путь практически не решает проблемы охраны атмосферы и в конечном счете

окружающей среды от загрязнения, поскольку снижение уровня ПДК достигается за счет загрязнения больших по площади территорий. Кроме того, многие вредные вещества способны накапливаться в воздухе. В связи с этим такой путь не может быть рекомендован для широкого использования и должен рассматриваться лишь как сугубо временная мера по предотвращению опасного загрязнения воздушной среды в ограниченном районе или в качестве одного из компонентов комплексного решения по снижению уровня загрязнения приземного воздуха.

Самый надежный и действенный метод охраны окружающей среды - сокращение интенсивности выброса вредных веществ в атмосферу за счет усовершенствования технологии и оборудования производственных процессов и организации специальной очистки выбросных газов. Поскольку организация надежной очистки связана с большими капиталовложениями и эксплуатационными затратами /стоимость очистки в ряде случаев достигает 25-30, а иногда даже 40% стоимости получаемой продукции, / часто возникает необходимость в реализации комплекса мероприятий, включающего все возможные пути и способы снижения уровня загрязнения воздушной среды. Выбор оптимального комплекса технических решений при этом должен основываться на результатах технико-экономического сравнения конкурентоспособных вариантов с учетом ожидаемых возможных экологических последствий оценки ущерба, наносимого выбросами.

Санитарно- технические зоны

Наряду с техническими и технологическими средствами борьбы с загрязнениями окружающей среды в целом и особенно воздушного бассейна, важное значение имеют методы фитомелиорации с использованием зеленых насаждений — облесение и задернение территории. Особое место среди них занимают насаждения санитарно-защитных зон (СЗЗ), создаваемых между селитебной и промышленной территориями города для защиты жилых районов от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий, а также для отделения селитебных территорий от термоэлектростанций, железнодорожных линий и станций, автомагистралей, портовых зон, складских территорий, котельных и т.д. Размеры санитарно-защитных зон устанавливаются соответственно требованиям “Санитарных норм проектирования промышленных предприятий СН 245-71”. В соответствии с классификацией промышленных

предприятий в зависимости от выделяемых вредностей установлены пять санитарно-защитных зон: для предприятий 1-го класса - 1000м; 2-го класса — 500м 3-го класса - 300м; 4-го класса - 100м; 5-го класса — 50м.

Машиностроительные предприятия по степени воздействия на окружающую среду в основном относятся к 4-му и 5-му классам. При наличии неблагоприятных экологических условий, при отсутствии или недостаточной эффективности очистных установок санитарно-защитная зона может быть увеличена, но не более чем в 3 раза, по совместному решению Главного санитарно-эпидемиологического управления России.

Территории СЗЗ предусматриваются при выборе площадок для размещения промышленных предприятий, жилых и других объектов в соответствии со схемой районной планировки промышленного района и проектом генерального плана развития города.

При создании СЭЗ должны учитываться характер и направление движения ветра, а следовательно, характер выпадения пылевых частиц. В связи с тем, что у подветренной опушки выпадает много пыли, защитная полоса не должна примыкать непосредственно к жилому району, а отделяться от него пространством в 150-200м, покрытым травянистыми растениями или низким кустарником. Хвойные растения более пыледымоустойчивы, чем лиственные, на единицу массы хвои пыли оседает примерно в 1,5 раза больше, чем на единицу массы листьев. В зимнее время защитное действие хвойных насаждений намного выше, чем лиственных, поэтому СЗЗ целесообразно создавать из смешанных насаждений – газопоглощающих, газоустойчивых деревьев и кустарников. Сажать плодовые деревья и ягодники в санитарно-защитных зонах не следует, так как многие промышленные выбросы содержат вредные для организма человека химические вещества, накапливающиеся в плодах и ягодах.

Архитектурно-планировочную организацию озеленения территории СЗЗ осуществляют с учетом природно-климатических факторов, почвенно-климатических условий, рельефа местности, наличия крупных водоемов, наличия и характера крупных зеленых массивов, а также планировочной системы города и системы зеленых насаждений.

Создание минимальных СЗЗ в виде лесных полос разной ширины не оправдывает себя, поскольку они в лучшем случае способны задержать лишь часть пылевых выбросов. В связи с увеличением высоты дымовых труб и интенсификацией металлургического производства за счет продувки кислородом максимальные концентрации загрязняющих веществ часто наблюдаются за пределами СЗЗ на расстоянии 2-5 км от источников выбросов, что зависит от высоты труб, силы и направления ветра, влажности воздуха. Основой для составления плана размещения зеленых насаждений в СЗЗ является схема разграничения территории, предусматривающая наиболее рациональное размещение производственных, вспомогательных служб, служебных зданий, складов, стоянок. Столовые, площадки для отдыха должны иметь свои защитные насаждения. Они создаются в виде плотных полос, расположенных перпендикулярно направлению распространения выбросов, и конструируются из нескольких рядов деревьев и двух-четырех рядов опушечных кустарников при общей ширине полосы 40-100 м. Защитные насаждения устраиваются вдоль дорог и проездов. Запрещается размещать в СЗЗ школы, спортивные сооружения. Основные насаждения СЗЗ - фильтрующие. Они представляют собой зеленые массивы различной конфигурации, включая полосы шириной 40-100 м и площадью не менее 3-

5га, чередующиеся с открытыми площадями, газонами, водоемами. Для достижения наибольшего защитного эффекта полосы целесообразно размещать под углом 80-90° к основному направлению ветра.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

1. Расчет степени очистки газов от вредных примесей и определение необходимой высоты трубы для улучшения условий рассеивания вредного вещества в верхних слоях атмосферы

Задача 1. На машиностроительном предприятии необходимо определить степень очистки газов, выбрасываемых из адсорбера в количестве G = 800 г/с через трубу высотой H= 60 м, от сернистого ангидрида. Газ холодный, поэтому возвышением струи над устьем трубы *h* пренебрегаем. Скорость ветра V=5 м/с.

Используя исходные данные, представленные в табл. 5, необходимо рассчитать высоту трубы для эффективного рассеивания вредных веществ в атмосфере.

Задача 2. Тепловая электростанция, используя в качестве топлива уголь, выбрасывает в атмосферу пыль, содержащую пропилен в количестве G = 640 г/с через трубу высотой H= 40 м. Скорость ветра V= 6 м/с.

Необходимо определить степень очистки газов от пыли и рассчитать высоту трубы для улучшения условий рассеивания вредного вещества в верхних слоях атмосферы, используя табл.5.

Задача 3. На предприятии осуществляется выброс холодной газовоздушной смеси из одиночного источника. Выбрасывается окись углерода в количестве G = 970 г/с через трубу высотой H = 50 м. Скорость ветра V= 4 м/с.

Определить степень очистки газов от окиси углерода и высоту дымовой трубы для эффективного рассеивания вредных веществ.

Таблица 5

Вредные вещества	Максимальная разовая концентрация вредных веществ, мг/м^3	Количество выбрасываемых вредных веществ (по вариантам), г/с				
		1	2	3	4	5
Сернистый ангидрид	0,5	820	835	810	818	815
Пыль, содержащая пропилен	3,0	650	658	680	648	642
Окись углерода	3,0	980	975	973	982	984

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ 1-3

Максимальная концентрация вредного вещества определяется по формуле:

$$C_{max} = \frac{94 \cdot G}{V_0 \cdot H^2}, \text{ мг/м}^3$$

где G- количество выбрасываемого вредного вещества, г/с:
V- скорость ветра, м/с;
Н - геометрическая высота трубы, м.
Необходимая степень очистки газа от вредных веществ определяется по формуле

$$\zeta = \frac{C_{max} - C_{доп}}{C_{max}} \cdot 100\ \%,$$

где C_{max}- максимальная концентрация вредного вещества мг/м^3;
$C_{доп}$ - допустимая максимальная разовая концентрация вредного вещества.

Необходимая высота трубы для улучшения рассеивания вредных веществ определяется по формуле

$$H = \sqrt{\frac{94 \cdot G}{V_0 C_{доп}}}, \text{ м}$$

2. Расчет требуемого воздухообмена и его кратности

Задача 4. Определить требуемый воздухообмен и его кратность для вентиляционной системы цеха завода, имеющего длину 60 м, ширину 12 м, высоту 6 м.

В воздушную среду цеха выделяется пыль в количестве Н = 120 г/с. Концентрация пыли в рабочей зоне С*р.з* = 2,8 мг/м, в приточном воздухе С*п* = 0,3 мг/м. Пыль

равномерно распределена в воздухе. Количество воздуха, забираемого из рабочей зоны местными отсосами, G = 1500 м^3/ч.

Используя данные, представленные в табл.6, определить требуемый воздухообмен в его кратность при различных исходных показателях.

Таблица 6

Показатели	Варианты				
	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
Размеры цеха, м	60*12*7	60*12*7	60*12*5	60*12*6	60*12*5
Количество выделяемой пыли, г/ч	110	100	115	118	122
Концентрация пыли в рабочей зоне, мг/м^3	2,6	2,4	2,8	2,2	2,5
Концентрация пыли в приточном воздухе, мг/м^3	0,2	0,4	0,5	0,6	0,4
Количество воздуха, забираемого из рабочей зоны отсосами, м^3/ч	1400	1500	1380	1450	1560

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАЧИ 4

Определяем объем цеха, используя геометрические размеры. Требуемый воздухообмен определяют по формуле

$$G_{пр} = G_{м} + \frac{1000W - G_{м}(C_{р.з} - C_{п})}{C_{р.з} - C_{п}},$$

где $G_{пр}$ - требуемый воздухообмен, м^3/ч;

$G_{м}$ — количество воздуха, забираемого из рабочей зоны местными отсосами, м^3/ч;

W - количество пыли, которая выделилась в воздушную среду цеха, г/ч;

$C_{р.з}$ - концентрация пыли в рабочей зоне, мг/м^3 ;

$C_{п}$ - концентрация пыли в приточном воздухе, мг/м^3;

Кратность воздухообмена в цехе определяется по формуле

$$K = \frac{G_{п.р.}}{V}, \quad 1/ч$$

3. Оценка размеров санитарно-защитных зон

Используя данные, представленные в табл.7, оцените достаточность принятых размеров санитарно-защитных зон при следующих условиях.

Задача 1. Литейный цех производит 78000 т/год чугунного литья. Санитарно-защитная зона этого цеха 400 м.

Задача 2. Предприятие имеет автотранспортный цех мощностью 250 грузовых, 10 легковых автомобилей и 70 автобусов. Цех расположен на расстоянии 290 метров от жилых кварталов города. Санитарно-защитная зона 200м.

Задача 3. Предприятие выпускает электродвигатели. Мощность предприятия 50000 электродвигателей в год. Санитарно защитная зона составляет 100 м. В санитарно-защитной зоне размещено пожарное депо и магазин.

Задача 4. Литейный цех производит черное литье. Мощность цеха составляет 80000 т/год. Круговая санитарно-защитная зона составляет 500 м.

Таблица 7

Класс предприятия	Характеристика предприятия, производства	Размер санитарно-защитной зоны, м
1	Автомобильный и другие виды транспорта	1000
2	Производство чугунного фасонного литья от 20 тыс. до 100 тыс. т/год	500
3	Производство фасонного чугунного литья от 10 тыс. до 20 тыс. т/год	300
4	Производство машин и приборов электротехнической промышленности при наличии небольших горячих цехов.	100

Контрольные вопросы

1. Какие существуют способы снижения фактической концентрации вредного вещества в приземном слое воздуха?
2. Какова роль санитарно-защитных зон в снижении концентрации и вредного вещества в приземном слое воздуха?
3. Расскажите о методике расчета степени очистки газов от вредных примесей и определении необходимой высоты трубы для эффективного рассеивания вредного вещества.
4. Расскажите о методике расчета воздухообмена и его кратности для вентиляционной системы цеха завода.
5. Как проводится оценка размеров санитарно-защитных зон?

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ №3 И №4

КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ВОДЫ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

Цель занятия:

1) ознакомиться с методикой определения условий спуска сточных вод в водные объекты,

2) ознакомиться с методикой определения необходимой степени очистки или разбавления сточных вод,

3) ознакомиться с методикой расчета нефтеловушки для очистки производственных сточных вод.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Предельно допустимая нагрузка на данный водный объект /ПДН/ и предельно допустимая экологическая нагрузка на водный объект /ПДЭН/.

Контроль качества воды и управление им в настоящее время рассматриваются в качестве санитарной охраны водоемов вследствие исключительной значимости воды как элемента окружающей среды. С экологических позиций значение воды двояко: во-первых, она является главной “образующей” средой для водных, а во-вторых, играет решающую роль в жизни любых наземных биогеоценозов. В отличие от атмосферы вода как природное тело более локализирована в пространстве, что существенно сказывается на результативности ее загрязнения с точки зрения влияния на здоровье людей.

Важнейшей задачей в условиях промышленного развития и временной неизбежности попадания отходов в водные биогеоценозы является установление допустимых нагрузок на водные объекты в результате водопользования. *Водопользование* - это использование воды без изъятия ее из мест естественной локализации. *Водопотребление* - это использование воды с изъятием ее из мест локализации с частичным или полным безвозвратным расходованием и с возвращением в источники водозабора в загрязненном состоянии. Крупнейшие водопотребители - сельское хозяйство, промышленность и культурно-бытовое хозяйство.

Степень предельно допустимого загрязнения воды в водном объекте, определяемого его физическими особенностями, а также способностью к нейтрализации примесей, рассматривается как ПДН на данный водный объект. Однако, поскольку использование воды связано или с ее изъятием из места локализации, а значит, с угрозой истощения этого водного объекта, разрушением его экологической системы, или использованием объекта в целях рыбной ловли, отдыха, ограничение нагрузки только с точки зрения поступления в воду промышленных отходов явно недостаточно. В этих случаях речь должна идти о разработке нормативов ПДЭН на водный объект.

Допустимые нагрузки на водоем определяются как разность между установленной нормативной нагрузкой и уже существующей:

$$C_{доп} = C_{норм} - C_{сущ}.$$

Если показатели свойства и состава воды в водном объекте изменялись под прямым или косвенным влиянием производственной деятельности и бытового использования населением и стали частично или полностью непригодными для одного из видов водопользования, то такой водный объект считается загрязненным. Под

загрязненностью понимается такое состояние водного объекта в официально установленном месте его использования, при котором наблюдается отклонение от нормы в сторону увеличения тех или иных нормируемых компонентов.

Загрязняющим веществом считается не любая примесь в воде и не в любом количестве, а только избыточная примесь, которая нарушает нормативы качества воды. Критерием загрязненности воды служит ухудшение ее качества вследствие изменения ее органолептических свойств, появления вредных веществ для человека, животных и растений и изменения температурного режима воды.

2. Нормативные требования к качеству воды

Основное нормативное требование к качеству воды в водных объектах это соблюдение установленных предельно допустимых концентраций, т.е. группы экологических стандартов, оценивающих состояние окружающей среды в целом. Санитарное состояние водных объектов и качество их воды у мест водопользования должны соответствовать нормативным показателям, т.е. ПДК. Предельно допустимая концентрация примеси в воде водного объекта это такой нормативный показатель, который исключает неблагоприятное влияние на организм человека и возможность ограничения или нарушения нормальных условий хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и других видов водопользования. Иными словами, ПДК вредных веществ в водном объекте это такая концентрация, при превышении которой вода становится непригодной для одного или нескольких видов водопользования.

Состав и свойства воды водных объектов должны соответствовать нормативам, заложенным водостоках - в одном километре выше ближайшего по течению пункта водопользования, а на непроточных водоемах - в одном километре по обе стороны от пункта водопользования.

В условиях крупных промышленных центров с большим населением сточные воды нередко сбрасываются в черте городских застроек, т.е. первым пунктом водопользования в данном случае является этот населенный пункт. В подобных случаях требования, установленные к составу и свойствам воды водоема или водотока, должны относиться к самим сточным водам, кроме тех случаев, когда выпускное устройство сразу обеспечивает разбавление примеси до неопасных концентраций. Для инженера производства это означает, что сточные воды должны либо очищаться, либо разбавляться перед сбросом в водный объект, либо рассеиваться сразу после выпуска до установленных нормативов - ПДК.

Для веществ, загрязняющих воду, в нашей стране установлено раздельное нормирование качества воды. Принцип разделения здесь связан с категорией водопользования.

К первой категории относится вода, предназначенная для нужд населения, ко второй категории - вода, которая используется для хозяйственных целей.

Для нужд населения используют только пресную воду, содержащую определенное количество растворимых солей и нерастворимых примесей. В случае превышения этих показателей природная вода подвергается очистке, удалению взвешенных веществ и солей, в основном кальция и магния.

Некоторые вещества вредны только в высоких концентрациях именно при контактном или органолептическом воздействии, и поэтому их ПДК в водных объектах

первой категории имеют высокие значения с общесанитарной точки зрения. Однако в водных объектах второй категории они оказываются вредными для их ихтиофауны, и здесь на первое место выдвигается их токсичное действие. Соответственно нормы ПДК на эти вещества ужесточаются. Например, если в водных объектах первой категории ПДК аммиака составляет /по азоту/ 2 мг/л, то во второй категории - в 40 раз ниже. Есть вещества малоядовитые, но обладающие резким запахом /нефтепродукты/. В водных объектах первой категории преимущественное значение имеет запах, и поэтому в основу ограничения кладутся органолептические свойства воды, загрязненной нефтью (ПДК = 0,3 мг/л). Однако мясо рыбы, обитающей в загрязненной нефтепродуктами воде, обладает резким запахом, а кроме того, нефть токсична для икры и мальков. Поэтому в таких объектах наличие нефти лимитируется прежде всего по рыбохозяйственному показателю.

Таким образом для обеспечения чистоты водных объектов, кроме ПДК, используется другой норматив: лимитирующий показатель вредности, отражающий приоритетность требований к качеству воды.

В водных объектах культурно-бытового и хозяйственно - питьевого назначения в основу нормирования положены преимущественно санитарно - токсикологический, общесанитарный и органолептический лимиты, а в водных объектах рыбохозяйственного назначения - в основном рыбохозяйственный, токсикологический и отчасти ограниченные лимиты. ПДК вредных веществ разделяются на два вида: для водных объектов первой и второй категории. ПДК в воде водных объектов первой категории существует для 640 веществ, второй категории 147 веществ, причем лимиты некоторые из них присутствуют в обоих списках.

3.Прочие требования к составу и свойствам воды

Загрязнение воды связано не только с присутствием в ней токсичных или дурно пахнущих веществ, но и с изменением ряда других показателей. К таким показателям относятся взвешенные вещества, плавающие примеси, запахи и привкусы, окраска, температура, РН, минеральный состав, растворенный кислород, биохимическая потребность в кислороде, возбудители заболеваний и ядовитые вещества.

Производственное предприятие непосредственно несет ответственность за превышение тех или иных показателей качества воды, а следовательно, обязано соблюдать установленные нормативы за счет совокупности технических и технологических мероприятий, направленных на снижение или предотвращение изменения качества воды. При этом возникает немало сложностей, связанных преимущественно с гидрологическими факторами. Например, разбавление зависит от расхода воды в реке, который периодически меняется в разное время года и в разные годы. Поэтому требуемое разбавление на расстояние от места сброса до контрольного створа не обеспечивается. Кроме того, в воде могут присутствовать примеси от других предприятий, расположенных выше по течению, образующие фоновое загрязнение. Следовательно, предельно допустимых концентраций достаточно для обеспечения качества воды. Чтобы исправить существующее положение и гарантировать качество воды в створе водопользования, для каждого предприятия должен устанавливаться предельно допустимый сброс /ПДС/ вредных веществ. Согласно ГОСТу, ПДС вредного вещества – это его масса в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью

обеспечения норм качества воды в контрольном пункте. Таким образом, ПДС – это максимальное количество загрязняющих веществ, допускаемое к сбросу в водные объекты в единицу времени в определенном пункте с таким расчетом, чтобы в контрольном створе ближайшего пункта водопользования не происходило превышение ПДС загрязняющих веществ и не ухудшились в результате их сброса физические показатели, химический состав и санитарно-биологические характеристики воды водного объекта выше допустимых. ПДС устанавливается с учетом ПДК вредных веществ в местах водопользования, ассимилирующей способности водного объекта и оптимального распределения массы сбрасываемых веществ.

При поступлении в водные объекты нескольких веществ с одинаковыми лимитирующими показателями вредности и с учетом примесей, поступающих сюда же с вышерасположенных выпусков, сумма отношений фактических концентраций этих веществ к соответствующим ПДК не должна превышать единицы.

Вредные вещества, содержащиеся в промышленных стоках, способны подвергаться окислению в природных водах, что связано с потреблением растворенного в воде кислорода. Перерасход кислорода может привести к его дефициту в воде. Зная химический состав и количество примесей в воде, рассчитывают потребность в кислороде на окисление и определяют, насколько опасны те или иные стоки, с тем чтобы ограничить их сброс. Для этого используют два показателя, обязательно контролируемые санитарными лабораториями предприятий в сточных, природных и оборотных водах: химическое потребление кислорода /ХПК/ и биохимическое потребление кислорода /БПК/.

ХПК – это количество кислорода в миллиграммах или граммах на 1 литр воды, необходимое для окисления углеродсодержащих веществ до CO_2, H_2O, фосфатов. БПК – это количество кислорода, израсходованное в определенный промежуток времени на разложение нестойких органических соединений. БПК определяют для различных отрезков времени, например, на 5 суток ($БПК_5$), на 20 суток ($БПК_{20}$). Размерность ХПК и БПК в миллиграммах O_2/л.

Независимо от нормативных требований к качеству воды в одном объекте существуют производственные ограничения на сброс сточных вод, которые предприятия должны выполнять. Запрещается сбрасывать в водные объекты следующие виды сточных вод: 1) воды, которые с помощью рациональной технологии могут быть пригодны для максимального использования в системах оборотного водоснабжения; 2) воды с ценными примесями, подлежащими утилизации; 3) воды, содержащие производственное сырье, реагенты и конечные продукты производства в количествах, превышающих установленные нормы; 4) воды, включающие вредные вещества, для которых не установлены ПДК; 5) воды, которые с учетом их состава в местных условиях могут быть использованы для орошения в сельском хозяйстве.

Контроль и управление качеством воды в водных объектах предусматривает решение следующих задач: 1) определение требуемой степени очистки сточных вод; 2) установление достаточной степени разбавления сточных вод для того, чтобы в пункте водопользования примеси рассеивались до неопасных концентраций; 3) прогнозирование качества воды на заданную перспективу.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

Определение условий спуска сточных вод в водные объекты

1. Расчет концентрации вредного вещества перед расчетным пунктом водопользования. Прогнозирование санитарного состояния воды

Используя исходные данные задач и данные, приведенные в табл.8, определить концентрацию вредного вещества перед расчетным пунктом водопользования и дать оценку санитарного состояния воды.

Задача 1. Предприятие сбрасывает в реку сточные воды с расходом g = 3м^3/с. Расход воды в водостоке реки Q = 118 м^3/с. Коэффициент смешения γ = 0,3. В сточных водах содержатся нефтепродукты, концентрация которых $C_{ст}$ =1. Концентрация нефтепродуктов в водостоке выше сброса сточных вод (фоновая) $C_{рн}$ = 0,05 мг/л, ПДК нефтепродуктов в водных объектах – 1,0 мг/л.

Задача 2. Предприятие сбрасывает в реку сточные воды с расходом g = 4м /с. Расход воды в водостоке реки Q = 0,3 м/с. Коэффициент смешения γ = 1,0. В сточных водах содержатся нефтепродукты, концентрация которых $C_{ст}$ =0,9 мг/л, и медь ($C_{ст}$ =0,3 мг/л). Концентрация нефтепродуктов в водостоке выше сброса сточных вод $C_{рн}$ = 0,07 мг/л, ПДК меди – 1,0 мг/л.

Задача 3. Автотранспортный цех сбрасывает сточные воды от мойки автомобилей с расходом g = 0,2 м^3/с в реку. Расход воды в водостоке реки Q = 0,4 м^3/с. Коэффициент смешения γ = 1,0. В сточных водах содержатся нефтепродукты, концентрация которых $C_{ст}$ = 2 мг/л, и взвешенные вещества (C_{cm} = 4 мг/л). Концентрация нефтепродуктов в водостоке выше сброса сточных вод (фоновая) $C_{рн}$ = 0,01 мг/л, взвешенных веществ $C_{вв}$ = 2,0 мг/л. ПДК нефтепродуктов в водных объектах – 0,1 мг/л, взвешенные вещества – 0,25 мг/л.

Таблица 8

ПОКАЗАТЕЛИ	№ задач	ВАРИАНТЫ				
		1	2	3	4	5
Расход сточных вод предприятиями, $м^3/с$	1	3	4,5	4,8	3,5	4,0
Расход воды в водотоке реки, $м^3/с$		131	128	130	127	132
Концентрация нефтепродуктов в сточных водах, мг/л		1,5	1,6	1,4	0,9	0,8
Концентрация нефтепродуктов в водотоке, мг/л		0,04	0,03	0,02	0,05	0,06
Расход сточных вод предприятием, $м^3/с$	2	3,5	3,9	4,0	3,8	3,7
Расход воды в водотоке реки, $м^3/с$		0,4	0,5	0,6	0,3	0,5
Концентрация нефтепродуктов в сточных водах, мг/л		0,8	0,6	0,9	0,7	0,8
Концентрация меди в сточных водах, мг/л		0,1	0,2	0,5	0,4	0,6
Концентрация нефтепродуктов в водотоке, мг/л		0,06	0,04	0,05	0,03	0,07
Концентрация меди в водотоке, мг/л		0,05	0	0,04	0	0,02
Расход сточных вод автотранспортным цехом, $м^3/с$	3	0,3	0,1	0,4	0,2	0,3
Расход воды в водотоке реки, $м^3/с$		0,5	0,6	0,6	0,7	0,8
Концентрация нефтепродуктов в сточных водах, мг/л		2,5	3,0	2,8	3.0	3,5
Концентрация взвешенных веществ в сточных водах, мг/л		4,5	4,6	4,0	3,9	4,2
Концентрация нефтепродуктов в водотоке (фоновая), мг/л		0,02	0,01	0,03	0,02	0,04
Концентрация взвешенных веществ в водотоке (фоновая), мг/л		2,5	2,2	2,4	2,6	2,0

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ 1-3

1. Основное уравнение смешения сточных вод с природными имеет вид:

$$gC_{ст} + QC_{р} = (g + \gamma Q) * C_{ппв},$$

где Q – расход воды в водостоке, $м^3/с$;

g – расход сточных вод, $м^3/с$;

$C_р$ – концентрация данного вредного вещества в водостоке (фоновая), мг/л;

$C_{ст}$ – концентрация данного вредного вещества в сточных водах, мг/л;

γ – коэффициент смешения, показывающий, какая часть расхода водного объекта смешивается в данном водостоке со сточной водой;

$C_{ппв}$ – концентрация данного вредного вещества перед расчетным пунктом водопользования, мг/л.

Решая это уравнение относительно $C_{ппв}$, имеем:

$C_{ппв} = gC_{ст} + QC_р / g + \gamma Q$, мг/л

Эта формула позволяет прогнозировать санитарное состояние воды при всех заданных параметрах, входящих в нее. Прогноз осуществляется путем сравнения $C_{ппв}$ с установленной для данного вещества ПДК. Если $C_{ппв} \leq$ ПДК, то прогноз благоприятен и, следовательно, меры, принимаемые на предприятии для очистки или разбавления сточных вод, достаточны. В противном случае необходимо применять меры по уменьшению количества сточных вод или концентрации в них вредного вещества либо за счет дополнительных систем очистки, либо совершенствованием технологических процессов.

2. Расчет максимальной предельной концентрации вещества, которую предприятие может допустить в стоках

Используя исходные данные задач и данные, приведенные в табл.9, определить максимальную предельную концентрацию вредного вещества, которую предприятие может допустить в стоках, и дать оценку возможности сброса сточных вод в водные объекты.

Задача 1. Предприятие сбрасывает в реку сточные воды с расходом g = 1,5$м^3$ /с. Расход воды в реке Q = 16 $м^3/с$, коэффициент смешения γ = 0,3. В сточных водах содержатся нефтепродукты, медь, цинк, свинец. Концентрация нефтепродуктов в водостоке выше сброса сточных вод $C_{рн}$ = 0,01 мг/л, меди $C_{рн}$ = 0,1 мг/л, цинка $C_{рн}$ = 0,03 мг/л, свинца $C_{рн}$ = 0,01 мг/л. ПДК вредных веществ: нефти - 0,1 мг/л, меди – 1,0 мг/л, цинка -1,0 мг/л, свинца – 0,1 мг/л.

Задача 2. Литейный цех сбрасывает сточные воды в реку с расходом g = 0,6 $м^3$ /с. Расход воды в реке Q = 6 $м^3/с$, коэффициент смешения γ = 0,8. В сточных водах содержатся нефтепродукты, железо, медь, цинк, свинец. Концентрация нефтепродуктов в водостоке выше сброса сточных вод $C_{рн}$ = 0,01 мг/л, цинка $C_{рн}$ = 0,02, свинца $C_{рн}$ = 0,02 мг/л. ПДК вредных веществ в водных объектах составляет: нефти - 0,1 мг/л, меди – 1,0 мг/л, железа – 0,5 мг/л, цинка -1,0 мг/л, свинца – 0,1 мг/л.

Задача 3. Автохозяйство сбрасывает сточные воды с расходом g = 2 $м^3$ /с в реку. Расход воды в реке Q = 4 $м^3/с$. Коэффициент смешения γ = 1,0. В сточных водах содержатся нефтепродукты и взвешенные вещества. Концентрация нефтепродуктов в водостоке выше сброса сточных вод $C_{рн}$ = 0,02 мг/л, взвешенных веществ $C_{вв}$ = 2 мг/л. ПДК вредных веществ в водных объектах составляет: нефти - 0,1 мг/л, взвешенных веществ – 0,25 мг/л.

Таблица 9

ПОКАЗАТЕЛИ	№ задач	ВАРИАНТЫ				
		1	2	3	4	5
Расход сточных вод предприятием, $м^3/с$	1	1,4	1,5	1,6	1,7	1,4
расход воды в водостоке реки, $м^3/с$		15	16	17	12	14
Концентрация вредных веществ в водотоке, мг/л: нефтепродуктов		0,02	0,01	0,01	0,03	0,04
меди		0,2	0,1	0,3	0,2	0,4
цинка		0,04	0,03	0,03	0,02	0,04
свинца		0,02	0,03	0,01	0,01	0,04
Расход сточных вод предприятием, $м^3/с$	2	0,5	0,6	0,4	0,7	0,6
расход воды в водостоке реки, $м^3/с$		5	6	7	4	6
концентрация вредных веществ в водотоке, мг/л: нефтепродуктов		0,01	0,02	0,03	0,02	0,01
железа		0,03	0,04	0,02	0,5	0,06
меди		0,8	0,7	0,9	0,8	0,7
цинка		1,0	1,5	0	1,0	0
свинца		0	0	0,03	0,02	0
Расход сточных вод автохозяйством, $м^3/с$	3	2	2,5	3	2,8	3,5
Расход воды в водостоке реки, $м^3/с$		4,5	4,0	4,6	4,8	5,0
Концентрация нефтепродуктов в водостоке, мг/л		0,02	0,01	0,03	0,01	0,02
Концентрация взвешенных веществ в водостоке, мг/л		1,0	0,9	1,5	2,0	0,8

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ 1-3

Для определения максимальной предельной концентрации вредного вещества, которую предприятие может допустить в стоках, используется уравнение

$$C_{ст.пр.} = \frac{\gamma Q}{g}\left(C_{ПДК} + C_P\right) + C_{ПДК},\ \text{мг/л}$$

где $C_{ст.пр}$ – максимальная предельная концентрация вредного вещества,

γ – коэффициент смешения;

Q – расход воды в водостоке, $м^3/с$;

g – расход сточных вод, $м^3/с$;

$C_{ПДК}$ - ПДК вредного вещества, мл/л;

$C_р$ - концентрация вредного вещества в водостоке (фоновая), мг/л.

Результаты уравнения предупреждает о тех условиях, при которых разбавление стоков в природной воде невозможно и сброс должен быть вообще исключен.

Например, если вода вне места сброса уже загрязнена так, что $C_Р \geq C_{ПДК}$, то оказывается, что $C_{ст.пр} = C_{ПДК}$, или

$$C_{ст.пр.} = + \frac{\gamma Q}{g}\left(C_{ПДК} - C_Р\right) C_{ПДК}$$

В этих ситуациях сброс сточных вод недопустим, даже если нормативные требования к воде водного объекта относить к сточным водам.

Определение необходимой степени очистки или разбавления сточных вод перед их отведением в водный объект

1. Определение кратности разбавления сточных вод при сбросе их в водные объекты

Используя исходные данные задачи и данные, приведенные в табл 10. определить кратность разбавления сточных вод

Задача 1. Предприятие сбрасывает в реку сточные воды с расходом g=3 м/с.Расход воды в реке Q= 130 м^3/с. Выброс сточных вод сосредоточенный, береговой. На расстоянии 500 м от выпуска сточных вод коэффициент смешения γ= 0,3. На расстоянии 3000 м — коэффициент смешения γ= 1,0.

Задача 2. Предприятие сбрасывает сточные воды с расходом g=4 м^3/с.Расход воды в реке Q= 0,4 м^3/с. Выпуск сточных вод рассеивающий. На расстоянии 200 м от места выпуска коэффициент смешения γ= 1,0.

Задача 3. Автотранспортное предприятие сбрасывает сточные воды от мойки автомобилей в реку с расходом g=0,2 м^3/с.Расход воды в реке Q= 0,5 м^3/с. Выпуск сточных вод береговой, сосредоточенный. На расстоянии 300 м от выпуска сточных вод коэффициент смешения γ= 1,0.

Таблица 10

ПОКАЗАТЕЛИ	№ задач	ВАРИАНТЫ				
		1	2	3	4	5
Расход сточных вод предприятием, м^3/с	1	3,5	4,0	2,0	2,5	3,8
расход воды в реке, м^3/с		129	131	120	135	125
Расход сточных вод предприятием, м^3/с	2	3,8	4,5	4,6	3,9	4,8
расход воды в водостоке реки, м^3/с		0,4	0,6	0,8	0,3	0,7
Расход сточных вод автохозяйством, м^3/с	3	0,3	0,4	0,2	0,2	0,1
Расход воды в водостоке реки, м^3/с		0,6	0,5	0,7	0,6	0,4

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ 1-3

Кратность разбавления сточных вод в реке определяется по формуле

$$n = \frac{g + Q_{cm}}{g},$$

где n – кратность разбавления сточных вод;

g – расход сточных вод, $м^3/с$;

Q_{cm} – часть расхода воды водного объекта, принимающего участие в разбавлении сточных вод, $м^3/с$;

$$Q_{cm} = Q * \gamma,$$

где γ – коэффициент смешения, показывающий, какая часть расхода водного объекта смешивается в данном створе со сточной водой;

Q – расход воды в одном объекте, $м^3/с$.

2.Расчет нефтеловушки для очистки производственных сточных вод, содержащих нефтепродукты

Используя исходные данные, приведенные в задаче и табл.11, рассчитать нефтеловушку для очистки производственных сточных вод, содержащих нефтепродукты. Исходные данные: средний расход сточных вод $Q_{ср.сут.}$=8000 $м^3$/сут.; часовой коэффициент неравномерности $К_ч$=1,2; содержание нефтепродуктов в загрязненной воде $С_1$= 150 мг/л; в очищенной – $С_2$ =60 мг/л.

Таблица 11

Показатели	Варианты				
	1	2	3	4	5
Средний расход сточных вод, $м^3/с$.	7800 160	8050 155	7800 149	8020 152	7900 158
Содержание нефтепродуктов в загрязненной воде, мг/л	55	59	60	60	58
Содержание нефтепродуктов в очищенной воде, мг/л					

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ

Максимальный средний расход на нефтеловушку

$$Q_{max} = \frac{Q_{ср.сут} * К_ч}{24 * 3600}, м^3/с$$

В соответствии со СНиП принимаем: число секций нефтеловушки n=2; расчетная скорость движения воды V=0,004 м/с; гидравлическая крупность (скорость всплытия частиц) V_0= 0,6 мм/с; К – коэффициент, зависящий от типа отстойника, для горизонтальных К=0,5.

Размеры нефтеловушки определяют по формулам:

ширина секций

$$B = \frac{Q_{max}}{n * H * V}, \text{м},$$

где Q_{max} – максимальный секундный расход на нефтеловушку,

n – число секций нефтеловушки, м^3/с,

H – высота нефтеловушки (2 метра),

V – расчетная скорость движения воды, м/с.

длина

$$L = \frac{V * H}{K * V_0}, \text{м},$$

где V – расчетная скорость движения воды, м/с.

H – высота нефтеловушки (2 метра),

K – коэффициент, зависящий от типа отстойника;

V_0 – скорость всплытия частиц, мм/с.

Эффективность очистки сточной воды от нефтепродуктов

$$Э = \frac{(C_1 - C_2) * 100}{C_1} \%$$

Количество уловленных за сутки нефтепродуктов

$$G_H = \frac{C_1 * ЭКQ_{ср.сут}}{1000 * 1000}, \ m/cym,$$

где C_1 – содержание нефтепродуктов в загрязненной воде, мг/л;

Э – эффективность очистки сточной воды от нефтепродуктов, %;

$Q_{ср.сут}$ – средний расход сточных вод, м^3/сут.

Контрольные вопросы

1.Дать понятие предельно допустимых нагрузок на данный водный объект.

2.Каковы нормативные требования к качеству воды?

3. Дать понятие ПДК примесей в воде водных объектов.

4. Какие требования предъявляются к составу и свойствам воды?

5.Дать понятие о предельно допустимых сбросах в водные объекты.

6.Дать понятие химического потребления кислорода и биохимического потребления кислорода.

7. Как проводится расчет концентрации вредного вещества перед расчетным пунктом водопользования?

8. Как проводится расчет максимальной предельной концентрации вредного вещества, которую предприятие может допустить в стоках?

9. Как проводится определение кратности разбавления сточных вод при сбросе их в водные объекты?

10. Как проводится расчет нефтеловушки?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5

Расчет предельно допустимого выброса загрязняющих веществ

1.1 Формулы для расчета ПДВ

Предельно допустимый выброс определяется по формуле:

$$ПДВ = \frac{(ПДК_{м.р.} - C_ф) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{Q \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \xi \cdot 1000}, \quad (1)$$

где $ПДК_{м.р.}$ - максимально-разовая предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества, мг/м^3;
$C_ф$ - фоновая концентрация загрязняющего вещества в воздухе, мг/м^3;
H - высота выброса над уровнем земли, м;
Q - выброс газовоздушной смеси, м^3/с;
ΔT - разность между температурами выбрасываемой смеси и окружающей среды;
A - к-т атмосферной, температурной стратификации, A = 200;
F - к-т, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосфере, F=1;
m, n - к-ты, учитывающие условия выхода газовоздушной смеси из устья источника выброса;
ξ - к-т, учитывающий влияние рельефа местности на рассеивание, ξ = 1.

$$Q = \frac{Q_T \cdot V_o}{\tau}, \quad (2)$$

где $Q_т$ - расход топлива, кг;
V_o - расход воздуха, необходимый для сгорания 1кг топлива, м^3/кг;
τ - время работы тепловоза, с.

$$m = \frac{1}{0{,}67 + 0{,}1 \cdot \sqrt{f} + 0{,}34 \cdot \sqrt[3]{f}}, \quad (3)$$

$$f = 10^3 \cdot \frac{W_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}, \quad (4)$$

где D - диаметр устья трубы, м.

$$W_0 = \frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot D^2}, \quad (5)$$

Коэффициент n определятся, исходя из величины V_m, рассчитывающейся по формуле:

$$V_m = 1{,}3 \cdot \frac{W_0 \cdot D}{H}, \quad (6)$$

$$\left.\begin{array}{l} V_m \le 0{,}3 \rightarrow \ n = 3; \\ 0{,}3 < V_m < 2 \rightarrow \ n = 3 - \sqrt{(V_m - 0{,}3)\cdot(4{,}36 - V_m)}; \\ V_m \ge 2 \rightarrow \ n = 1. \end{array}\right\} \quad (7)$$

1.2 Расчет ПДВ для диоксида азота и ацетальдегида

Выброс газовоздушной смеси тремя тепловозами составит:

$$Q = \frac{3\cdot 124\cdot 1000\cdot 10{,}8}{3\cdot 3800\cdot 3600} = 0{,}098 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$W_0 = \frac{0{,}098\cdot 4}{\pi\cdot 0{,}15^2} = 5{,}546 \text{ м/с}$$

$$V_m = 1{,}3\cdot\frac{5{,}546\cdot 0{,}15}{3} = 0{,}36 \text{ м/с}$$

$$n = 3 - \sqrt{(0{,}36 - 0{,}3)\cdot(4{,}36 - 0{,}36)} = 2{,}51$$

$$f = 10^3\cdot\frac{5{,}546^2\cdot 0{,}15}{3^2\cdot 350} = 1{,}465$$

$$m = \frac{1}{0{,}67 + 0{,}1\cdot\sqrt{1{,}465} + 0{,}34\cdot\sqrt[3]{1{,}465}} = 0{,}85$$

1) ПДВ для диоксида азота:

$$ПДВ_1 = \frac{(0{,}085 - 0{,}05)\cdot 3^2\cdot\sqrt[3]{0{,}098\cdot 350}}{200\cdot 1\cdot 0{,}85\cdot 2{,}51\cdot 1\cdot 1000} = 2{,}399\cdot 10^{-6} \text{ г/с}$$

2) ПДВ для ацетальдегида:

$$ПДВ_2 = \frac{(0{,}01 - 0{,}005)\cdot 3^2\cdot\sqrt[3]{0{,}098\cdot 350}}{200\cdot 1\cdot 0{,}85\cdot 2{,}51\cdot 1\cdot 1000} = 3{,}43\cdot 10^{-7} \text{ г/с}$$

2 Определение фактического выброса загрязняющих веществ

Фактический выброс загрязняющих веществ рассчитывается по формуле:

$$M = \frac{C_{\max}\cdot Q}{1000}, \quad (8)$$

где C_{max} - максимальная концентрация загрязняющего вещества на выходе из трубы,

мг/м^3.

1) Фактический выброс диоксида азота составит:

$$M_1 = \frac{85 \cdot 0{,}098}{1000} = 0{,}00833 \text{ г/с}$$

2) Фактический выброс ацетальдегида составит:

$$M_2 = \frac{60{,}4 \cdot 0{,}098}{1000} = 0{,}00592 \text{ г/с}$$

$0{,}00833 > 2{,}399 \cdot 10^{-6}$

$0{,}00592 > 3{,}43 \cdot 10^{-7}$

Т.к. фактические выбросы загрязняющих веществ превышают ПДВ, то необходимо установить улавливающее оборудование.

3 Определение платы за загрязнение атмосферного воздуха выбросами а1предприятия

Плата за выброс загрязняющих веществ в пределах нормы ПДВ определяется по формуле:

$$П_1 = \sum_{i=1}^{k} E_i \frac{M_i \cdot \tau}{10^6}, \quad (9)$$

$$E_i = e_i \cdot K, \quad (10)$$

где e_i - базовый норматив платы за выброс 1т загрязняющего вещества в пределах нормы допустимых выбросов, e_1=41500 (руб·год)/т, e_2=96000 (руб·год)/т;

K - к-т экологической ситуации региона, K=1.

Плата за выброс загрязняющих веществ сверх нормы ПДВ определяется по формуле:

$$П_3 = 5 \cdot \sum_{i=1}^{k} E_i \frac{(M_i - ПДВ_i) \cdot \tau}{10^6}, \quad (11)$$

$E_1 = 41500 \cdot 1 = 41500$ (руб·год)/т

$E_2 = 96000 \cdot 1 = 96000$ (руб·год)/т

$$П_1 = 41500 \cdot \frac{2{,}399 \cdot 10^{-6} \cdot 3800 \cdot 3600}{10^6} + 96000 \cdot \frac{3{,}43 \cdot 10^{-7} \cdot 3800 \cdot 3600}{10^6} = 1{,}81 \text{ руб/год}$$

$$П_3 = 5 \cdot \left(41500 \cdot \frac{(0{,}00833 - 2{,}399 \cdot 10^{-6}) \cdot 3800 \cdot 3600}{10^6} + 96000 \cdot \frac{(0{,}00592 - 3{,}43 \cdot 10^{-7}) \cdot 3800 \cdot 3600}{10^6} \right.$$

$$= 62509{,}56 \, руб / год$$

$$П = П_1 + П_3 = 1{,}81 + 62509{,}56 = 62511{,}37 \text{ руб/год}$$

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6
ЗАЩИТА ОТ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Цель занятия:

1) ознакомиться с видами ионизирующих излучений и их биологическим воздействием на организм человека.
2) ознакомиться с перспективными путями защиты от радиации и расчетом безопасного расстояния, на котором радиоактивное излучение соответствует предельно допустимому.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Виды ионизирующих излучений

Ионизирующим излучением называют любой вид излучения, взаимодействие которого со средой приводит к образованию электрических зарядов разных знаков. Ионизирующее излучение, проникая в организм человека и проходя через ткань, вызывает в ней появление заряженных частиц – свободных электронов. Сводные электроны, взаимодействуя с соседними атомами, ионизируют их, что сопровождается изменением структуры молекул и гибелью клеток.

Нейтронное излучение – поток нейронов, которые преобразуют свою энергию в упругих и неупругих взаимодействиях с ядрами атомов. При неупругих взаимодействиях возникает вторичное излучение, которое может состоять как из заряженных частиц, так и из гамма-квантов. При упругих взаимодействиях возможна обычная ионизация вещества. Проникающая способность нейтронов большая. Рентгеновское излучение, возникающее при бомбардировке вещества потоком электронов, является также электромагнитным излучением. Оно может возникнуть в любых электровакуумных установках, обладающих малой ионизирующей способностью и большой глубиной проникновения.

Биологическое воздействие ионизирующих излучений на организм человека

Ионизирующее излучение, попадая в организм человека, может стать причиной заболеваний. В результате воздействия излучения на организм человека происходят сложные физические, химические и биохимические процессы. Процессы ионизации

сопровождаются ультрафиолетовым излучением, возбуждающим молекулы клеток. Это ведет к разрыву молекулярных связей и изменению химической структуры различных соединений. Такое действие излучения называют прямым. Под действием излучения вода в организме ионизируется, образуя положительные и отрицательные ионы, которые, распадаясь, вступают в химические соединения со свободным кислородом. Эти соединения взаимодействуют с молекулами органического вещества ткани, окисляя и разрушая ее. Такое действие излучения называют непрямым, оно наносит большой вред, чем прямое.

Возможно внешнее и внутреннее облучение организма. *Внешнее* облучение – это воздействие на организм ионизирующих излучений от внешних по отношению к нему источников, а *внутреннее* – это воздействие радиоактивных веществ, находящихся внутри организма. Внутреннее облучение возможно, когда радиоактивное вещество попадает внутрь организма через органы дыхания, поры кожи или места ее повреждения, слизистые оболочки, желудочно-кишечный тракт.

Острые поражения, вызванные радиацией, наступают при облучении большими дозами в течение короткого промежутка времени; хронические поражения – при облучении небольшими дозами в течение длительного периода. Различные виды ионизирующих облучений оказывают различное биологическое воздействие. Лучевая болезнь, развивающаяся в результате воздействия ионизирующих излучений, может быть острой и хронической, в виде общих и местных поражений. Общие поражения вызывают лейкемию, местные ведут к заболевании кожи и злокачественным опухолям.

Нормирование ионизирующих излучений

В настоящее время предельно допустимые уровни ионизирующего излучения определяются нормами радиационной безопасности и основными санитарными правилами работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений (НРБ – 76/78 и ОСН-72/87).

В соответствии с нормами установлены следующие категории облучаемых лиц: категория *А* – персонал; категория *Б* – ограниченная часть населения; категория *В* – население области, края, страны.

Персонал – лица, которые постоянно или временно работают непосредственно с источниками ионизирующих излучений.

Ограниченная часть населения – лица, которые не работают непосредственно с источниками излучений, но по условиям проживания или размещения рабочих мест могут подвергаться воздействию радиоактивных веществ и других источников излучения.

Безопасность работающих с радиоактивными веществами обеспечивается путем установления предельно допустимых доз (ПДД) облучения различными видами радиоактивных веществ, применения защиты временем или расстоянием, проведения общих мер защиты, использования средств индивидуальной защиты.

Действующими нормами установлены ПДД облучения, а также годовой уровень облучения персонала, не вызывающий при равномерном накоплении дозы в течение 50 лет обнаруживаемых современными методами неблагоприятных изменений в состоянии здоровья самого облучаемого и его потомства.

Нормы радиационной безопасности устанавливает ПДД внешнего и внутреннего облучения в зависимости от групп критических органов и категории облучаемых лиц.

ПДД внешнего и внутреннего облучения устанавливается для трех групп критических органов или тканей человека: 1 – все тело, костный мозг; 2 – мышцы, щитовидная железа, печень, жировая ткань, легкие, селезенка, желудочно-кишечный тракт, хрусталик глаза; 3 – кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, лодышки и стопы.

ПДД внешнего и внутреннего облучения критических органов персонала приведены в табл.12, а ПДД в зависимости от категории облучения и группы критических органов приведены в табл.13. В любом случае доза накопления в возрасте до 30 лет не должна превышать 12 ПДД.

Таблица 12

ПДД внешнего и внутреннего облучения персонала

Группа критических органов или тканей	ПДД, бэр	
	За квартал	За год
1	3	5
2	8	15
3	15	30

Таблица 13

Категории лиц, подвергающихся облучению	Значение ПДД (для категории А) и предел дозы (для категории В) для групп критических органов		
	1	2	3
А	5	15	30
В	0,5	1,5	3

ПДД облучения для лиц категории А в группе 1 не должна превышать ПДД, определяемую по формуле

$Д<5 (N-18)$,

где Д – доза, бэр;

N – возраст, лет.

Для защиты от внутреннего облучения необходимо исключить контакт с радиоактивными веществами в открытом виде, предотвратить попадание их внутрь организма, в воздух рабочей зоны и не допускать радиоактивного заражения рук, одежды, оборудования. Радиоактивные вещества в открытом виде как потенциальные источники внутреннего облучения делятся по степени радиоактивности на пять групп: А, Б, В, Г и Д.

Работа с открытыми радиоактивными веществами в зависимости от их активности на рабочем месте и относительной радиотоксичности делится на три класса.

Работы 3-го класса можно проводить в общих химических лабораториях, а работы 1-го и 2-го классов – только в специально оборудованных помещениях, к которым предъявляются особые санитарные и технические требования (работы в вытяжных шкафах, боксах и т.д.).

Защита от ионизирующих излучений

Безопасность работающих с радиоактивными веществами обеспечивают путем установления ПДД облучения различными видами ионизирующих облучений, применения защиты временем, расстоянием, проведения общих мер защиты, использования средств индивидуальной защиты. Большое значение имеет применение приборов индивидуального и общего контроля для определения интенсивности радиоактивного облучения. Защита работающих с радиоактивными изотопами от ионизирующих облучений осуществляется системой организационных, технических, санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий.

Организационные меры заключаются в детальном анализе условий работы. Для проведения работ следует, по возможности, выбирать изотопы с меньшим периодом полураспада. Применение приборов большой точности также дает возможность применять изотопы с меньшей активностью. На предприятии составляются подробные инструкции, в которых указываются порядок и правила проведения работ, обеспечивающие безопасность. Специальные хранилища изотопов обеспечивают защиту от излучения. Открытые источники излучения и все облучаемые предметы должны находиться в строго ограниченной зоне, пребывание персонала в которых разрешается только в особых случаях и минимальное время. На контейнерах, оборудовании, дверях помещений и других объектах наносится предупредительный знак радиационной опасности. Помещения, предназначенные для работы с радиоактивными изотопами, должны быть отдельными, изолированными от других помещений и специально оборудованными. Для облегчения устройства защитных средств желательно в одном помещении проводить работу с веществами одной

активности. Стены, потолки и двери делают гладкими, чтобы они не имели пори и трещин. Стены покрывают масляной краской на высоту 2м, а при поступлении в воздушную среду помещений радиоактивных аэрозолей или паров как стены, так и потолки покрывают масляной краской полностью. В помещении необходимо предусматривать воздушное отопление. Обязательно наличие притяжно-вытяжной вентиляции не менее чем 5-кратным обменом воздуха. В рабочих помещениях ежедневно проводят влажную приборку.

Технические меры защиты:

-применение систем автоматизированного оборудования с дистанционным управлением, когда работающий в целях защиты должен находиться на определенном расстоянии от места выполнения работ;

- применение защитных экранов, позволяющих снизить облучение на рабочем месте до любого заданного уровня;

- применение вытяжных шкафов, камер и боксов, оборудованных манипуляторами;

- применение средств индивидуальной защиты.

Защитные экраны имеют разную конструкцию и могут быть стационарными и передвижными, разборными, настольными. Стационарные экраны являются частью строительной конструкции, их целесообразно изготовлять из бетона.

Для защиты от альфа-излучения нет необходимости рассчитывать толщину экрана, поскольку слой воздуха в несколько сантиметров, одежда, резиновые перчатки являются достаточной защитой.

При защите от бета-излучения для экранов применяют материалы с небольшим атомным весом (алюминий, плексиглас, карболит), толщину защитного экрана для бета излучения рассчитывают по формуле

$$d_{\beta} = \frac{l_{\beta}}{p},$$

где l_{β} – длина пробега частиц, г/см^2,

p – плотность вещества экрана, г/см^2.

Гамма – излучение лучше всего поглощается материалами с большим атомным номером и высокой плотностью: свинцом, вольфрамом, пригодны металлы средней плотности: чугун, медные сплавы, нержавеющая сталь. Рассчитать экран для защиты от гамма-излучения можно по формулам. На практике часто для определения толщины защитного экрана используют табличные данные. При использовании немограммы определяют необходимую толщину экрана d по оси абсцисс; по оси ординат откладывают величину кратности ослабления радиации К, вычисляемую по формуле

$$K = \frac{Д_{э}}{Д_{э.з.}},$$

где $Д_{э}$ – экспозиционная доза в данной точке при отсутствии защиты;

$Д_{э.з.}$ – тоже после устройства защиты толщиной d, см.

Для защиты от нейтронного излучения применяют материалы, содержащие водород (вода, парафин), а также бериллий, графит, бетон с соединением бора. Для комбинированной защиты от нейтронного излучения применяют слоевые экраны

(свинец-полиэтилен, железо-вода и т.д.). При эксплуатации рентгеновских установок должна быть обеспечена надежная защита как от прямых, так и от отраженных лучей. Рабочие помещения экранируют листовым свинцом, свинцовой резиной. Вентиляция должна обеспечивать 3-5-кратный обмен воздуха.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) предохраняют от попадания радиоактивных загрязнений на кожу и внутрь организма, защищают от альфа- и бета-излучений. От гамма- и нейтронного излучения СИЗ, как правило не помогают. В качестве спецодежды используют хлопчатобумажные халаты, шапочки, резиновые перчатки, ботинки, очки, респираторы, комбинезоны.

Дозиметрический контроль

Дозиметрический контроль осуществляется с целью защиты работающих от переоблучения, своевременного выявления и устранения источников излучения и загрязнения воздуха радиоактивными веществами. Дозиметрический контроль может быть индивидуальным и общим.

Индивидуальный дозиметрический контроль заключается в том, что с помощью приборов карманного типа систематически замеряется доза, получаемая человеком за определенный промежуток времени. В зависимости от метода регистрации излучений, на котором основан дозиметр, принято индивидуальный контроль доз подразделять на *индивидуальный дозиметрический контроль* (ИДК) и *индивидуальный фотометрический контроль* (ИФК).

Индивидуальный контроль доз рентгеновского и гамма-излучения проводится с помощью приборов, напоминающих по форме авторучки. Прибор состоит из конденсаторской камеры, которую заряжают до потенциала V_1. В процессе работы камера, находящаяся в нагрудном кармане костюма работающего, подвергается гамма-излучению, вследствие ионизации воздуха в ней разряжается до потенциала V_2. В конце рабочего дня с помощью специального устройства по разности $V=V_1-V_2$ можно определить дозу, полученную камерой.

Показывающие дозиметры – это камеры, внутри которых для измерения оставшегося заряда вмонтирован небольшой электромер. Отклонение нити электромера пропорционально накопившемуся на ней заряду. Шкала электромера проградуирована в миллирентгенах.

Индивидуальный фотометрический контроль (ИФК) основан на способности ионизирующих излучений создавать скрытое изображение в фотоэмульсии. Фотопленки применятся для измерения доз рентгеновского и гамма-излучений.

Общий дозиметрический контроль заключается в периодической проверке поверхности защитных ограждений и контроле загрязнений радиоактивными веществами кожных покровов тела работающих, одежды, обуви, оборудования, воздуха. Осуществляется этот контроль дозиметрическими приборами стационарного и переносного типа.

Перспективные пути защиты от радиации

К 2000 году около 59% электроэнергии на нашей планете будут получать за счет ядерной энергетики. В то же время продолжают накапливаться радиоактивные отходы, требующие надежного захоронения. Ядерные взрывы и промышленные радиоактивные источники вводят в окружающую среду стронций и другие радионуклиды. В настоящее

время доза радиации, получаемая населением от искусственно созданных человеком радиоактивных источников, остается ниже уровня естественного радиационного фона, складывающегося из ионизирующего излучения космических лучей, гамма-излучения земли и газообразного радиоактивного элемента радона. Изнутри это естественное излучение дополняется за счет таких радиоактивных изотопов, как калий-40, углерод-14 и др.

Искусственный радиационный фон, связанный с деятельностью человека, возрастает. Исследования показывают, что под действием радиации гены способны изменяться (мутировать). Факторы физической, химической и биологической природы, вызывающие генные изменения (мутации), называют мутагенными или просто мутагенами. В клетке мутагены могут вызывать грубые повреждения хромосом (тяжелые заболевания, не поддающиеся лечению). Даже небольшие дозы облучения могут вызывать мутации у человека. Так, доза в 10 рентген может удваивать частоту мутаций у человека. Вот почему проблема развития атомной энергетики привлекает пристальное внимание специалистов-биологов и медиков.

В наши дни население и животный мир на некоторых территориях живут на фоне удвоенной дозы радиации.

В качестве коренных мер по защите от радиации можно назвать генетический мониторинг (длительное целенаправленное наблюдение за влиянием мутагенов среды), создание специальных лабораторий.

Необходимо дальнейшее развитие научно-организационных мероприятий и исследований по обеспечению радиационной безопасности.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

Расчет безопасного расстояния, на котором радиоактивное облучение соответствует предельно допустимому

Используя исходные данные задачи и данные, приведенные в табл.14, необходимо рассчитать безопасное расстояние R, м, на котором радиоактивное облучение соответствует предельно допустимому, если гамма-эквивалент изотопа М=200мг-экв.радия; время облучения t=12 с.

Таблица 14

ПОКАЗАТЕЛИ	ВАРИАНТЫ				
	1	2	3	4	5
Грамм-эквивалент изотопа, мг-экв радия	190	195	200	198	196
Время облучения, с	14	12	10	16	15

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ

Используя данные таблицы, определяем ПДД:

$Д_{пдд}$ = 0,1 р/нед.

Безопасное расстояние определяется по формуле:

$$R = \sqrt{\frac{8.4 * M * t}{Д_{пдд} * 10^4}} \quad м,$$

где М – гамма-эквивалент изотопа радия, мг-экв;

t- время облучения, с;

$Д_{пдд}$ – предельно допустимая доза, р/нед.

Контрольные вопросы

1. Перечислить виды ионизирующих излучений.
2. Какое воздействие оказывает ионизирующее излучение на организм человека?
3. Дать понятие ПДД ионизирующих излучений.
4. Какие мероприятия проводятся по защите от ионизирующих излучений?
5. Как осуществляется дозиметрический контроль?
6. Каковы перспективные пути защиты от радиации?
7. Как производится расчет безопасного расстояния, на котором радиоактивное облучение соответствует предельно допустимому?

15.Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов и изучения дисциплины:

Текущая и опережающая самостоятельная работа студентов, направленная на углубление и закрепление знаний, а также развитие практических умений заключается в:

- работе студентов с лекционным материалом;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовке к практическим занятиям;
- подготовке к контрольным работам, коллоквиумам, зачету и экзаменам.

Выполнение контрольной работы есть один из видов самостоятельной работы студентов. В лекционном курсе и при изучении материалов для чтения студенты знакомятся с курсом «Экология». Это содержание является основой для подготовки к семинарским (практическим) занятиям и для самостоятельного выполнения контрольной работы.

Контрольная работа выполняется на основе изучения систематически издаваемых информационных экологических материалов, которые доступны как в библиотеке

института, так и в сети Интернет (в т.ч. сайт Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов; сайт экологического отдела Администрации г. Ижевска).

Эти издания отражают текущее состояние окружающей среды в регионе и деятельность в республике по улучшению качества окружающей среды.

Необходимо письменно ответить на вопросы (см. *Пакет контрольных заданий и тестов для самопроверки, вопросов и заданий для текущей промежуточной аттестации→Темы контрольных работ (по вариантам, которые выдаются преподавателем))* с привлечением примеров из информационных экологических изданий. Ответы должны быть полными и обоснованными.

Выполнение контрольной работы направлено на углубление теоретических знаний студента по данной дисциплине и с целью проверки качества этих знаний, а также их закрепления.

При написании контрольной работы необходимо соблюдать следующее:

1. Контрольная работа выполняется по одному из предлагаемых вариантов по предлагаемой тематике.
2. При оформлении контрольной работы основной текст следует структурировать по параграфам; выделить введение, оглавление, заключение; оформить титульный лист и список литературы.
3. Содержание текста должно быть написано четко (лучше в печатном виде) с выделением основных положений выбранной темы. Во введении следует ясно сформулировать цель и задачу работы. В основном тексте изложить ответы на вопросы, а в заключении показать научное или практическое значение их решения. Объем работы должен иметь 10-12 страниц.
4. Выполненная контрольная работа направляется на кафедру ЗОС с указанием фамилии преподавателя.
5. Проверенная преподавателем контрольная работа оценивается и принимается преподавателем посредством устного собеседования со студентом.

Контрольная работа должна быть направлена преподавателю заблаговременно, учитывая время необходимое на проверку и прием работы. Студент, не выполнивший контрольную работу, к сессии не допускается.

Проверенная преподавателем контрольная работа оценивается и принимается преподавателем посредством устного собеседования со студентом.

В случае, если учебным планом предусмотрен экзамен, знания студентов по дисциплине «Экология» оцениваются по следующим критериям:

Низкий уровень знаний - 2 (неудовлетворительно)

Действия на узнавание, распознавание и различие понятий (объектов изучения**)**

- отсутствие ответа или отказ от ответа
- фрагментарное изложение теоретического материала по всем разделам программы ГЭК, полное отсутствие владения научной терминологией;
- систематические грубые ошибки при ответе на все вопросы билета
- студент не приступил к выполнению практического задания билета

- студент не владеет источниками литературы в рамках программы

Достаточный уровень знаний**.** Действия по применению студентом знаний в знакомой ситуации по образцу; объяснение сущности явлений; выполнение действий с четко обозначенными правилами; применение знаний на основе обобщенного алгоритма для решения новой учебной задачи.

3 (удовлетворительно)

- достаточно полные и систематизированные знания в объеме программы государственного экзамена
- использование необходимой научной терминологии, в том числе безошибочное использование латинской терминологии
- стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы по вопросам билета.
- владение инструментарием специальности, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач.
- студент способен самостоятельно применять типовые решения задач в рамках программы государственного экзамена.
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины.
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку.
- студент способен поддерживать дискуссию с преподавателем по большинству вопросов билета.
- студент дает ответ с незначительными ошибками и неточностями
- практическое задание выполнено в полном объеме

Хороший уровень знаний**.** Действия по применению знаний в незнакомых, нестандартных ситуациях для решения качественно новых задач; самостоятельные действия по описанию, объяснению и преобразованию объектов изучения

4 (хорошо)

- систематизированные, глубокие и полные знания по поставленным вопросам в объеме программы государственного экзамена.
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы.
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении профессиональных и научных задач.
- способность самостоятельно решать поставленные преподавателем проблемные ситуации выходящие за рамки билета
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой.

• умение ориентироваться в основных теориях, концепциях, направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку.

• студент поддерживает дискуссию с преподавателем по всем вопросам билета и по дополнительно задаваемым вопросам.

• студент дает ответ с единичными неточностями

• студент при ответе на вопросы билета и при ответе на дополнительные вопросы делает попытки установления межпредметных связей из разных разделов специальности

• практическое задание выполнено в полном объеме.

Высокий уровень знаний**.** Действия по применению знаний в незнакомых, нестандартных ситуациях для решения качественно новых задач; самостоятельные действия по описанию, объяснению и преобразованию объектов изучения.

5 (отлично)

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы.
- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач.
- способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках программы.
- полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованное учебной программой дисциплины.
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине, давать им критическую оценку с установлением глубоких межпредметных связей в разных разделах и направлениях специальности.
- студент поддерживает дискуссию с преподавателем по всем вопросам билета и по дополнительно задаваемым вопросам.
- студент дает полный и развернутый ответ на все вопросы билета.
- студент при ответе на вопросы билета и при ответе на дополнительные вопросы самостоятельно прибегает к анализу материала, способен интегрировать информацию из разных областей специальности.
- практическое задание выполнено в полном объеме, при выполнении здания студент прибегает к творческому подходу.
- студент предлагает несколько способов решения практического задания
- студент демонстрирует знание новых научных и образовательных технологий

15. Курс лекций по дисциплине

РАЗДЕЛ 1. БИОСФЕРА

Лекция 1. Цель и задачи изучения экологии

В настоящее время существует много определений экологии как науки.

Одно из них: ***”Экология – это наука о взаимных связях и взаимном влиянии живых организмов и окружающей их среды“.***

Термин “Экология” предложил в 1866 году немецкий биолог Эрнст Геккель. Этот термин образован от греческих слов: *“oikos”* – дом, жилище, родина и *“logos”* – учение, наука и в буквальном переводе означает “наука о среде обитания”.

Сам Э. Геккель дал такое определение экологии: “Экология – это познание экономики природы, одновременное исследование взаимоотношений всего живого с органическими и неорганическими компонентами среды, включая непременно неантогонистические и антогонистические взаимоотношения животных и растений, контактирующих друг с другом. Одним словом, экология – наука, изучающая все сложные взаимосвязи и взаимоотношения в природе, рассматриваемые Ч. Дарвином как условия борьбы за существование”.

Ввиду сложности и глобальности предмета изучения, на который претендует экология, некоторыми учеными высказывались сомнения:

- А является ли экология самостоятельной наукой?
- Не есть ли она лишь искусственный синтез других отраслей знания?

На этот вопрос можно ответить с позиций науковедения. Область знаний может претендовать на роль самостоятельной науки, если имеет самостоятельные, присущие только этой науке:

1) предмет изучения,
2) цели и задачи,
3) набор методов и средств исследования, т.е. методологию.

По этим признакам на вопрос о самостоятельности науки “экология” следует ответить положительно. Действительно, если схематически изобразить уровни организации живой материи (биосистем) и сопоставить им науки, изучающие соответствующие уровни, то получим следующую картину (рис.).

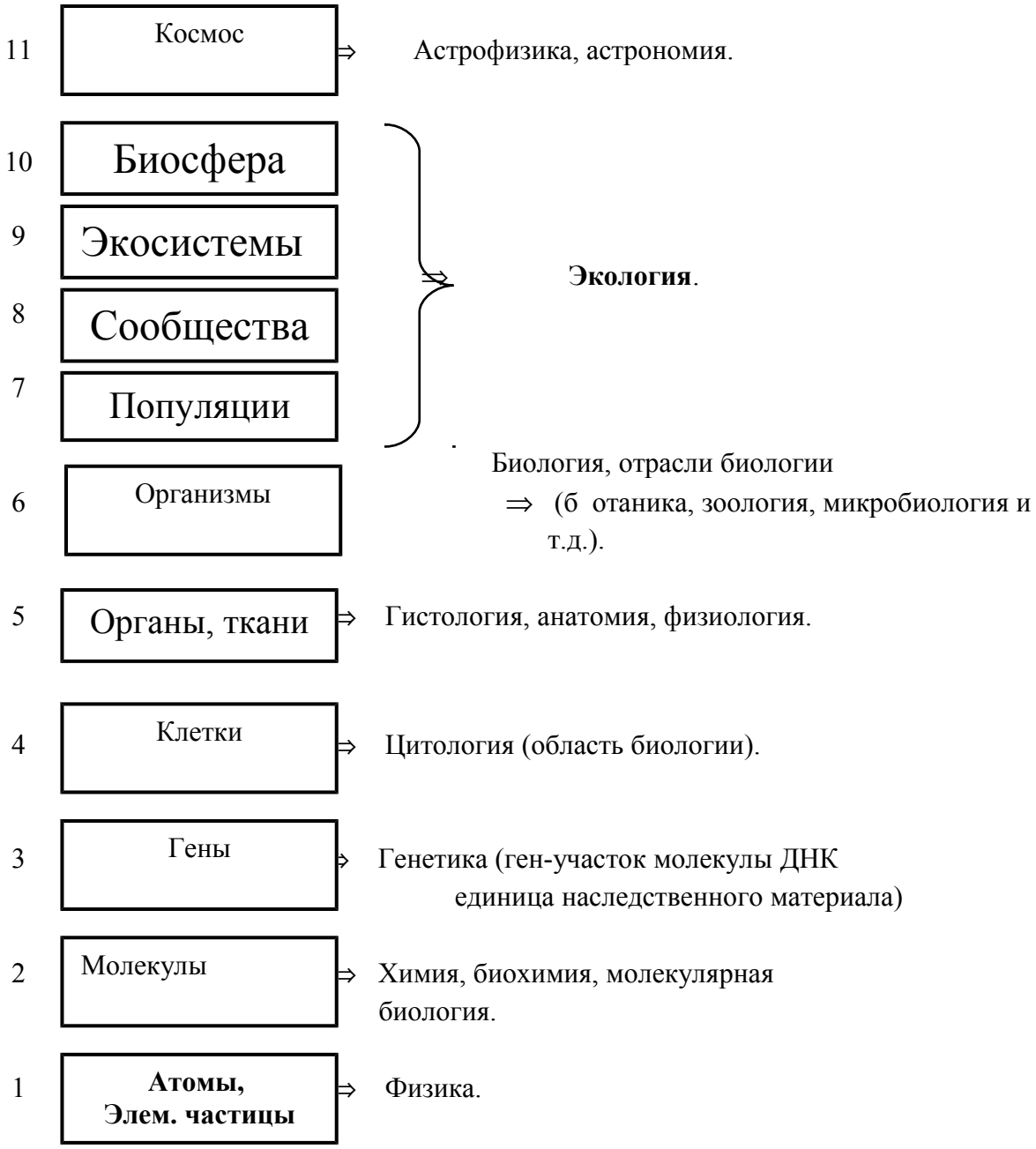


Рис. *Уровни организации живой материи.*

Деление биосистем на уровни (ступени) условно, т.к. каждый уровень интегрирован, т.е. взаимосвязан с соседними уровнями в функциональном смысле. Действительно, клетки (кроме одноклеточных) не могут функционировать вне тканей, ткани – вне органов, органы – вне организма, отдельные организмы – вне популяции, популяции не могут существовать вне сообществ и экосистем.

Самое важное следствие иерархической организованности живой природы состоит в том, что при переходе от низших подсистем к более крупным, у этих более крупных систем возникают принципиально новые качества, свойства и законы их функционирования, которых не было на предыдущем уровне и которые не могут быть предсказаны на основании свойств подсистем низшего порядка.

При каждом объединении подмножеств в новое множество возникает, по крайней мере, одно новое качество или свойство.

Этот принцип в экологии называется принципом эмерджентности (от англ. *emerdgent* – неожиданно возникающий). Например, свойства воды не могут быть предсказаны на основании свойств кислорода и водорода. Применительно к живой природе принцип эмерджентности заключается в том, что биологические системы обладают свойствами, которые нельзя свести к сумме свойств составляющих их подсистем. Из принципа эмерджентности вытекает выбор подхода в изучении экологических систем.

Науке известны два различных подхода и способа мышления в изучении сложных систем:

1) ***холистический*** (от гр. *holos* – весь, целый), при котором система изучается в ее целостности, исследуются общие для системы, системные функции и законы;
2) ***редукционистский*** (от лат. *reductio* – сведение сложного к простому) или ***мерологический*** (от гр. *meros* – часть), при котором система изучается путем детального анализа все более и более мелких подсистем, их функций и законов.

Человек от природы обладает склонностью к редукционистскому складу мышления, т.е. человеку свойственно выявление единичных, простых причинно-следственных связей и простых функциональных зависимостей типа “причина – следствие”. Этим, в частности, объясняется сложность изучения процессов в биосфере, где имеют место многопараметрические процессы, многоуровневые обратные связи, замкнутые циклы, круговороты вещества и энергии, где следствие является одновременно и причиной многих явлений.

Следовательно, каждый уровень организации живой материи требует самостоятельного изучения. Организация и функционирование надорганизменных биологических систем: популяционных, сообществ, экосистем и биосферы – суть и являются предметом изучения экологии (уровни 7-10 на рис.).

Таким образом, ***предметом изучения экологии в широкой постановке вопроса является система “организмы плюс среда их обитания”, причем среда, преобразованная самими организмами и, в частности, человеком.***

В последние десятилетие, когда угроза глобального экологического кризиса коснулась всего человечества, произошел взрывообразный рост обеспокоенности и

общественного интереса к экологической проблематике. Если до 60-х годов XX столетия на экологию смотрели, главным образом, как на один из разделов биологии, то сейчас она вышла за ее рамки, переросла в новую интегрированную дисциплину, связанную с естественными, инженерно-техническими и гуманитарными науками. Важность и актуальность экологических проблем для судеб человечества столь велика, что для их решения необходима мобилизация всех отраслей знаний, накопленных человечеством. Происходит взаимопроникновение и взаимообогащение целями, идеями и методами между такими науками, как: науки о Земле, математика, физика, химия, классическая экология, вычислительная техника, теория больших систем, экономика, социология, политология, юриспруденция, этика, философия, медицина и др.

Этот процесс проникновения идей и задач экологии в другие области знания получил название **э к о л о г и з а ц и и**. Экология становится интегральной гипернаукой (“природа не знает факультетов”).

Расширение предмета экологии привело к появлению новых ее определений. Авторитетный американский эколог Юджин Одум дает такое определение (1986 г.):

“Экология – междисциплинарная область знания об устройстве и функционировании многоуровневых систем в природе и обществе в их взаимосвязи”.

Это очень широкое определение, но оно больше других соответствует современному широкому пониманию экологии. Экология приобретает роль всеобъемлющего мировоззрения и превращается в учение о выборе путей выживания человечества.

Ц Е Л Ь.

Изучение законов функционирования экологических систем всех уровней и биосферы в целом в условиях природопреобразующей деятельности человечества и выработка тактики и стратегии поведения человечества в целях оптимизации функционирования этих систем.

З А Д А Ч И.

Задачи экологии прямо вытекают из цели и существующих на планете проблем:

1) всеобъемлющая диагностика состояния природы планеты и ее ресурсов;
2) определение порогов выносливости экологических систем по отношению к антропогенной нагрузке;
3) выработка критериев оптимальности функционирования экологических систем;
4) изучение обратимости и путей восстановления антропогенных нарушений экологических систем;
5) разработка прогнозов изменений в биосфере и состояний окружающей человека среды при разных сценариях политического, экономического и социального развития человечества;
6) отказ от дискредитировавшей себя природопокорительной идеологии и формирование идеологии и методологии экоцентризма, направленной на экологизацию экономики, производства, политики и образования.

М Е Т О Д О Л О Г И Я.

Методологическую основу современной экологии составляет сочетание:

1) системного анализа;
2) натурных наблюдений и измерений;
3) эксперимента;
4) моделирования.

1. Признание экологических систем предметом экологии, принцип эмерджентности и холистический подход к изучению неизбежно приводят к необходимости использования в качестве методологической основы науки экологии **системного анализа**.

Системный анализ – это направление научного познания и социальной практики, в основе которого лежит исследование объекта как системы.

Системный подход в экологии состоит в определении составных частей экологической системы (подсистем) и взаимодействующих с ней объектов внешней среды, установлении совокупности внутренних и внешних связей, нахождении законов функционирования и их изменений в результате различных воздействий. Экологические системы как объект изучения имеют ряд особенностей по сравнению с искусственными кибернетическими системами, созданными человеком:

а) беспрецедентная структурная сложность;

б) многоуровневость и перекрестность связей;

в) управляющие функции и обратные связи экологических систем диффузны и формируются внутри нее, а не направлены извне;

г) законы функционирования многофакторны, сложны и всегда нелинейны.

Системный анализ завоевал признание лишь во второй половине XX века, что связано прежде всего с развитием инструментальных и дистанционных методов наблюдений и измерений, вычислительной техники, давших возможность изучать природные системы как целостные системы на количественном уровне, а также с проникновением в экологию идей кибернетики.

2. Натурные наблюдения – исторически первый метод экологического исследования. Современная система наблюдений включает космические, атмосферные, наземные подземные, наводные, подводные измерительные комплексы. В настоящее время действуют международная (глобальная) и национальная системы мониторинга – т.е. система контроля, оценки и прогноза качества природной среды, включающая исследование антропогенных воздействий.

3. Эксперименты широко применяются в экологии, как и в других естественных и технических науках. Отличие эксперимента от наблюдения состоит в том, что при эксперименте сознательно организуется определенное воздействие на экологическую систему и затем изучается реакция системы на это воздействие. Эксперименты делятся на ***лабораторные и натурные***.

Лабораторные эксперименты позволяют обеспечить контроль большого числа факторов, исключив воздействие неконтролируемых. Классической схемой проведения лабораторных исследований является однофакторный эксперимент, когда изучается влияние избранного фактора при фиксированных значениях всех остальных.

Натурные эксперименты позволяют исследовать влияние одного или нескольких факторов в реальных условиях.

Особое место в изучении экологических систем занимают ***непреднамеренные эксперименты***, которые явились следствием естественных процессов (извержение вулканов, образование и исчезновение островов и т.п.) или деятельности человека. По существу непреднамеренные антропогенные эксперименты – это вся история развития цивилизации, в процессе которой человечество постоянно "экспериментирует" с природой.

4. Моделирование – это изучение экологических закономерностей с помощью лабораторных, натурных или математических моделей. Под моделью понимается имитация того или иного явления реального мира, позволяющая делать прогнозы.

СТРУКТУРА И ОТРАСЛИ ЭКОЛОГИИ

Сегодня различают следующие основные отрасли экологии:

1. Общая экология – изучает общие законы формирования, функционирования и эволюции экологических систем на основе анализа таких целостных ее характеристик, как продуктивность, круговорот вещества и энергии, устойчивость, биоразнообразие (генофонд) и др.

Ее ядром является теоретическая экология.

2. Специальная экология (биоэкология) – первоначально сформировавшееся научное направление, включающее специальные, чисто биологические разделы экологии; к настоящему времени разделившееся на подотрасли:

а) *аутэкология* (от гр. *out* – отдельно) – экология отдельных особей и видов;

б) *популяционная экология*;

в) *синэкология* (от гр. *syn* – вместе) – экология многовидовых сообществ, биоценозов (от гр. *bios* – жизнь, *kinos* – сообща, вместе);

г) *экология систематических групп* (бактерий, грибов, растений, животных, а также более мелких систематических единиц: типов, классов, отрядов и т. д.);

д) *эволюционная экология* – учение о роли экологических факторов в эволюции.

3. Геоэкология – изучает взаимоотношения организмов и среды обитания с точки зрения их географической принадлежности.

В нее входят:

а) *экология сред* – воздушной, суши, почвенной, морской, пресноводной;

б) *экология природно-климатических зон* – тундры, тайги, степи, пустыни, гор, болот, морских берегов, и т.п.;

в) *экология географических областей, регионов, стран, континентов*.

4. Прикладная экология – большой комплекс дисциплин, связанных с различными областями взаимоотношений между человеческим обществом и природой. Прикладная экология имеет следующие основные разделы:

а) *инженерная экология* – изучение и разработка инженерных норм и средств, отвечающих экологическим требованиям;

б) *сельскохозяйственная экология* (агроэкология и экология сельскохозяйственных животных);

в) *биоресурсная и промысловая экология*;

г) *урбоэкология* (экология городов, населенных пунктов, коммунальная экология);

д) *медицинская экология*;

е) *экотоксикология*;

ж) *приложения экологии к практике охраны природы и окружающей среды.*

5. Экология человека – комплекс дисциплин, изучающих взаимодействие человека к биологической особи и, как социального субъекта с окружающей его природной и социальной средой.

Сюда входят:

а) *биоэкология человека*;

б) *социальная экология* (экология личности, семьи, социальных групп, экология рас и наций, демографическая экология).

6. Глобальная экология (биосферология) – изучает взаимоотношения всего человечества в процессе его развития с биосферой.

Экологией часто называют охрану окружающей среды, а иногда и просто состояние этой среды. Это неправильно! Действительно, разделы прикладной экологии и практика охраны окружающей среды тесно связаны между собой, но это не одно и тоже.

Не следует также смешивать охрану природы и охрану окружающей среды. Окружающая человека среда все заметнее вытесняет природную среду.

Охрана природы означает ограничение изъятия природных ресурсов, недопущение нарушения природных систем.

Охрана окружающей среды означает недопущение появлений в среде обитания людей вредных и опасных для здоровья агентов.

При этом следует помнить, что сохранение качества окружающей человека среды невозможно без участия природных экологических механизмов.

Экология является также, теоретической базой природоохранных мероприятий.

Многие экологи считают концепцию “охраны” порочной с самого начала, т.к. деятельность следует строить таким образом, чтобы ***не допускать, предотвращать негативные эффекты и последствия, от которых потом пришлось бы “охранять”.***

К О Н Ц Е П Ц И И И П О Д Х О Д Ы.

С начала века в экологии сформировалось две концепции, два подхода к проблеме взаимоотношений человечества и природы:

1) *антропоцентрический (технологический);*
2) *биоцентрический (экоцентрический).*

Согласно антропоцентрическому подходу взаимоотношения строятся по правилам, которые устанавливает сам человек. При этом человек ставит себя в центре природы, а иногда и над ней. Овладевая законами природы, подчиняя их своим интересам, опираясь на социальную организацию и технологическую мощь, человек считает себя свободным от давления всех тех сил, которые действуют в природе. Возникающие проблемы окружающей среды рассматриваются им как следствие неправильного ведения хозяйства, технологических промахов. Решение проблем усматривается на пути технологической реорганизации и модернизации, т.е., что проблемы могут быть решены теми же средствами, которые и явились причиной их возникновения (технологический оптимизм). Считается, что законы природы не могут и не должны мешать научно-техническому и социальному прогрессу человечества. В центр экологических проблем становиться человек, его технологии, его “власть над природой”.

Этот подход характерен для большинства политиков, экономистов, хозяйственников и инженеров.

Согласно биоцентрическому подходу, человек как биологический вид в значительной мере остается под контролем главных экологических законов и в своих взаимоотношениях с природой вынужден и должен принимать ее условия. Прогресс человечества ограничивается необходимостью подчинения законам природы. Проблемы окружающей среды вызваны антропогенным нарушением регуляторных функций биосферы, которые не могут быть изменены или восстановлены технологическим путем (технологический пессимизм). Сторонники биоцентрического подхода ставят в центр экологических проблем состояние и устойчивость живой природы, биосферы.

Этот подход характерен для относительно небольшого круга профессиональных экологов и системных аналитиков, а также для стихийного экоцентризма многих людей.

Выбор между этими двумя точками зрения или компромиссе между ними во многом определяет стратегию дальнейшего развития человечества. Большинство людей пока еще склоняются к антропоцентрической точке зрения, т.к. она выглядит проще и оптимистичнее, однако существуют очень веские аргументы в пользу экоцентризма, пренебрегать которыми нельзя.

О С Н О В Н Ы Е П Р О Б Л Е М Ы.

Природа в целом сама по себе не знает экологических проблем в их сегодняшнем понимании. Если они и возникли у некоторых групп организмов, то решались медленным эволюционным путем. В отличии от этого экологические проблемы человечества стали весьма существенными проблемами всей природы на Земле.

Условно и обобщенно весь спектр экологических проблем можно свести к двум классам:

I. проблема роста численности населения Земли и ограниченности ресурсов;

II. проблема растущего загрязнения окружающей человека и природной среды.

Обширная экологическая проблематика имеет ряд особенностей, среди которых могут быть названы:

1) объем и интенсивность антропогенного (от гр. *anthropos* –человек, *genos* – происхождение) воздействия на природу и окружающую человека среду в XX веке стали слишком велики и приблизились к пределу устойчивости биосферы, а по некоторым параметрам и превзошли его;

2) природа отвечает на возрастающее антропогенное давление часто непредвиденными реакциями (мутации и т.п.);

3) человек оказывается в ловушке противоречия между своей биологической сущностью и нарастающим отчуждением от природы;

4) для биосферы характерен естественный круговорот веществ и энергии, человек же в своей хозяйственной деятельности часто разрушает замкнутые циклы, превращая их в линейные тупиковые цепи, заканчивающиеся отходами и загрязнением, которые не могут быть вовлечены в естественный круговорот (человек извлекает из

биосферы ресурс, использует его на 10 %, а остальные 90 % в форме “грязи” возвращает в биосферу);

5) большинство экологических проблем носит феноменологический характер, т.е. человечество столкнулось с ними впервые, а цена ошибки в решении очень велика.

Среди конкретных проблем экологии могут быть названы:

1. комплекс энергетических проблем;
2. демографическая проблема;
3. недостаток экологически чистых продуктов питания и питьевой воды;
4. парниковый эффект;
5. проблема озонового слоя;
6. кислотные дожди;
7. эвтрофирование водоемов;
8. деградация наземных экологических систем;
9. экологические заболевания (злокачественные новообразования, иммунодефицит, аллергии);
10. отсутствие последовательной экологической политики;
11. уменьшение биоразнообразия (исчезновение видов представителей флоры и фауны).

Лекция 2. Учение о биосфере

Для того чтобы иметь возможность прогнозировать последствия воздействия хозяйственной деятельности человечества на природную среду, следует знать характер взаимодействия животного и растительного мира с неживой природой и изучить “опыт” природных сообществ, которые в течение миллиардов лет своего существования умели избавляться от отходов жизнедеятельности, не загрязняя среду обитания благодаря замкнутому кругообороту вещества.

1. Характеристика и состав биосферы

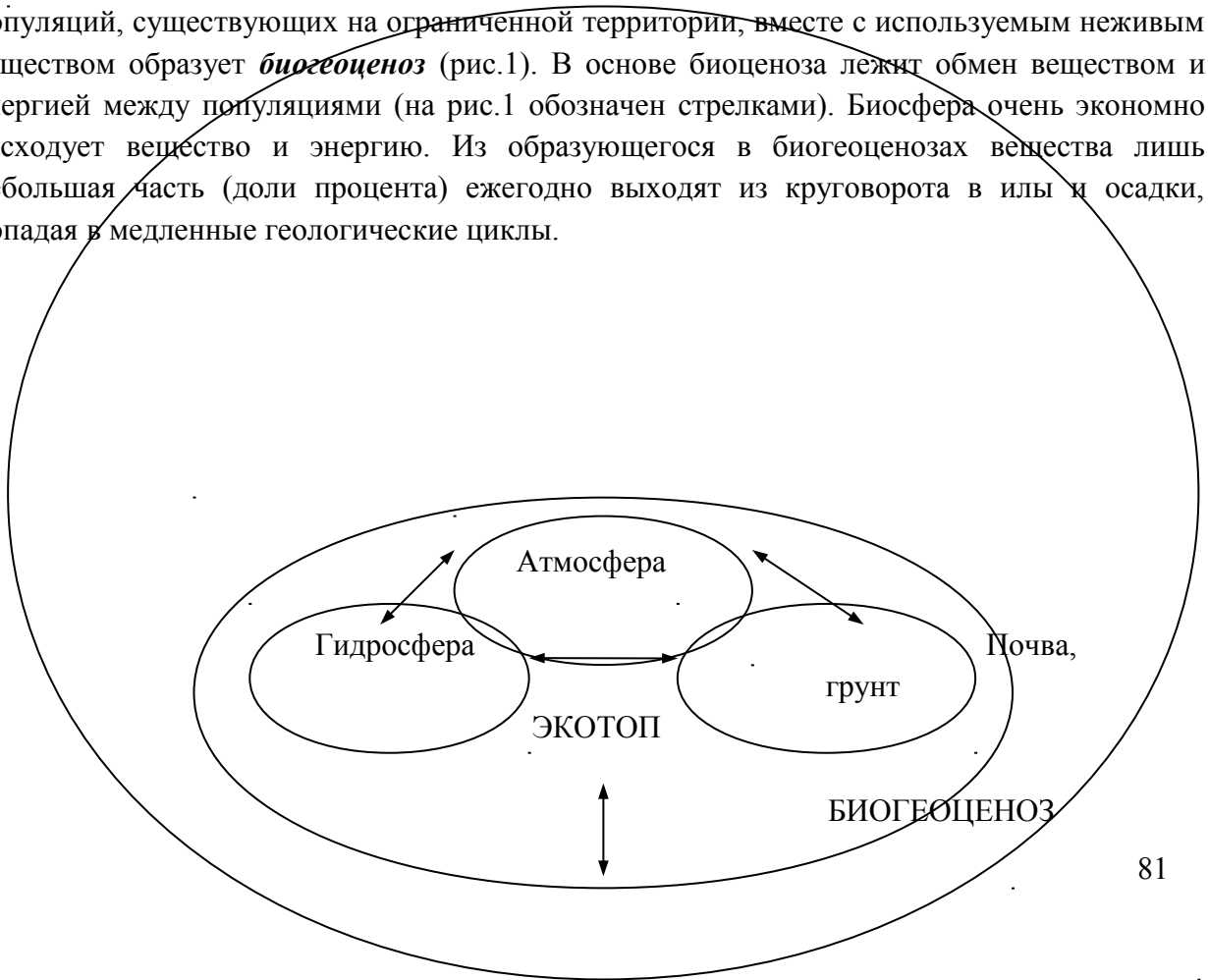
Экология является наукой, изучающей организацию и функционирование надорганизменных систем различных уровней: популяций, видов, биоценозов (сообществ), экосистем, биогеоценозов и биосферы. Часто экологию определяют и как науку, которая рассматривает проблемы взаимоотношения человека и биосферы. Иными словами все, что

нас окружает и подвергается нашему воздействию, имеет отношение к экологической науке.

При всех огромных размерах земного шара реальная жизнь существует только на его поверхности, в той части Земли, которую называют биосферой. В этом тонком слое земной поверхности взаимодействуют воздух, вода, земля, животный и растительный мир. Все живое на Земле зависит от сохранения целостности биосферы. Что же угрожает биосфере, можно ли защитить ее от разрушений? Чтобы понять это, необходимо, прежде всего, рассмотреть составляющие биосферы, ее живые и неживые компоненты, их сложнейшие взаимодействия, которые поддерживают и уравновешивают биосферу как единое целое.

Характер взаимодействия живой и неживой природы начал всерьез изучаться в конце XIX века, когда австрийский геолог Э.Зюсс впервые ввел термин “биосфера”, а русский естествоиспытатель В.И. Вернадский в начале нашего века создал биогеохимию - науку, изучающую роль живого вещества (биоты) в геологических процессах планеты. Современная наука рассматривает ***биосферу*** как сложную общепланетарную саморегулирующуюся систему живого вещества (биоты) и неживой материи (экотопа), термодинамически открытую, аккумулирующую и перераспределяющую огромные ресурсы энергии. Под биосферой подразумевают *литосферу* (слой земной коры глубиной до 3 километров), *гидросферу* (водную среду, представленную, в основном, мировым океаном), *атмосферу* (ее нижний слой - тропосферу) и совокупность всех живых организмов (биоту). Все составляющие биосферы играют важную роль в жизненных процессах на Земле, но главным компонентом биосферы все же является живое вещество.

Составляющие биосферы находятся в постоянном взаимодействии и взаимопроникновении. Сущность взаимодействия живых сообществ - обмен веществом, при котором отходы одних популяций используются в пищу другими популяциями. Кроме того, живые организмы являются открытыми системами, постоянно обменивающимися веществом и энергией с окружающей неживой средой. Совокупность взаимодействующих популяций, существующих на ограниченной территории, вместе с используемым неживым веществом образует ***биогеоценоз*** (рис.1). В основе биоценоза лежит обмен веществом и энергией между популяциями (на рис.1 обозначен стрелками). Биосфера очень экономно расходует вещество и энергию. Из образующегося в биогеоценозах вещества лишь небольшая часть (доли процента) ежегодно выходят из круговорота в илы и осадки, попадая в медленные геологические циклы.



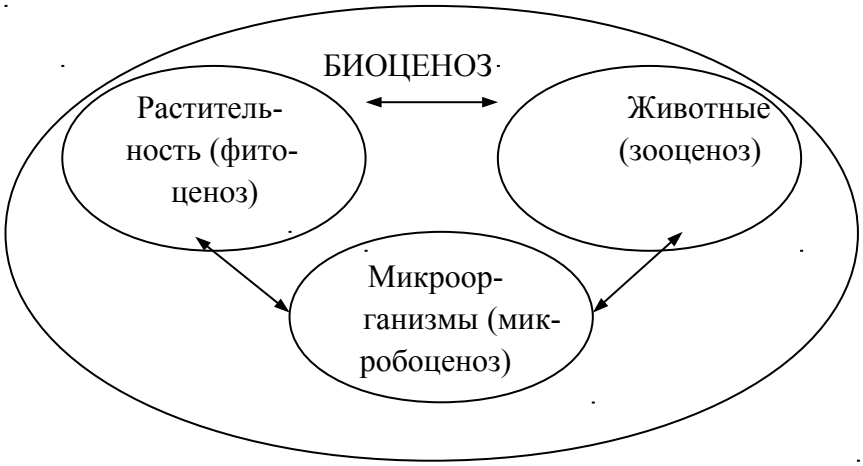


Рис.1. Основные составляющие биосферы

Земная кора – это преобразованные в ходе геологического времени прежние биосферы. Целый ряд минералов земной коры (известняки, мел, фосфориты, нефть, уголь и др.) возникли из тканей погибших организмов. Парадоксальный факт, что сравнительно небольшие живые организмы смогли вызвать явления геологического масштаба, объясняется их высочайший способностью к размножению. Напр., холерный вибрион при благоприятных условиях может создать массу вещества, равную массе земной коры всего за 1,75 суток! Можно предположить, что в биосферах прежних эпох колоссальные массы живого вещества перемещались по планете, образуя в результате гибели запасы нефти, угля и т.п.

Биосфера существует, используя многократно одни и те же атомы. При этом на долю 10 элементов, расположенных в первой половине периодической системы (кислород-29,5%, натрий, магний-12,7%, алюминий, кремний-15,2%, сера, калий, кальций, железо-34,6%) приходится 99% всей массы нашей планеты (масса Земли – $5976*10^{21}$кг), а 1% на долю остальных элементов. Однако значение этих элементов очень велико - они играют существенную роль в живом веществе.

В.И. Вернадский разделил все элементы биосферы на 6 групп, каждая из которых выполняет определенные функции в жизни биосферы. **Первая группа – инертные газы** (гелий, криптон, неон, аргон, ксенон). **Вторая группа – благородные металлы** (рутений, палладий, платина, осмий, иридий, золото). В земной коре элементы этих групп химически малоактивны, их масса незначительна ($4,4*10^{-4}$% от массы земной коры), а участие в образовании живого вещества слабо изучено. ***Третья группа – лантаноиды*** (14 химических элементов – металлов) составляют 0,02% от массы земной коры и их роль в биосфере не изучена. **Четвертая группа – радиоактивные элементы** являются основным источником образования внутреннего тепла Земли и оказывают влияние на рост живых организмов (0,0015% массы земной коры). Некоторые элементы **пятой группы – рассеянные элементы** (0,027% земной коры) – играют существенную роль в жизни организмов (например, йод и бром). Самую большую **шестую группу** составляют **циклические элементы**, которые, пройдя ряд превращений в геохимических процессах, возвращаются к исходным химическим состояниям. К этой группе относятся 13 легких элементов (водород, углерод, азот, кислород, натрий, магний, алюминий, кремний, фосфор, сера, хлор, калий, кальций) и один тяжелый элемент (железо).

Биота в основном состоит из циклических элементов. Особенно велика роль таких элементов, как углерод, азот и водород, процентное содержание которых в биоте выше, чем в земной коре (углерода в 60 раз, азота и водорода в 10 раз). На рисунке приведена схема замкнутого углеродного цикла. Только благодаря круговороту основных элементов в таких циклах (прежде всего углерода) возможно существование жизни на Земле.

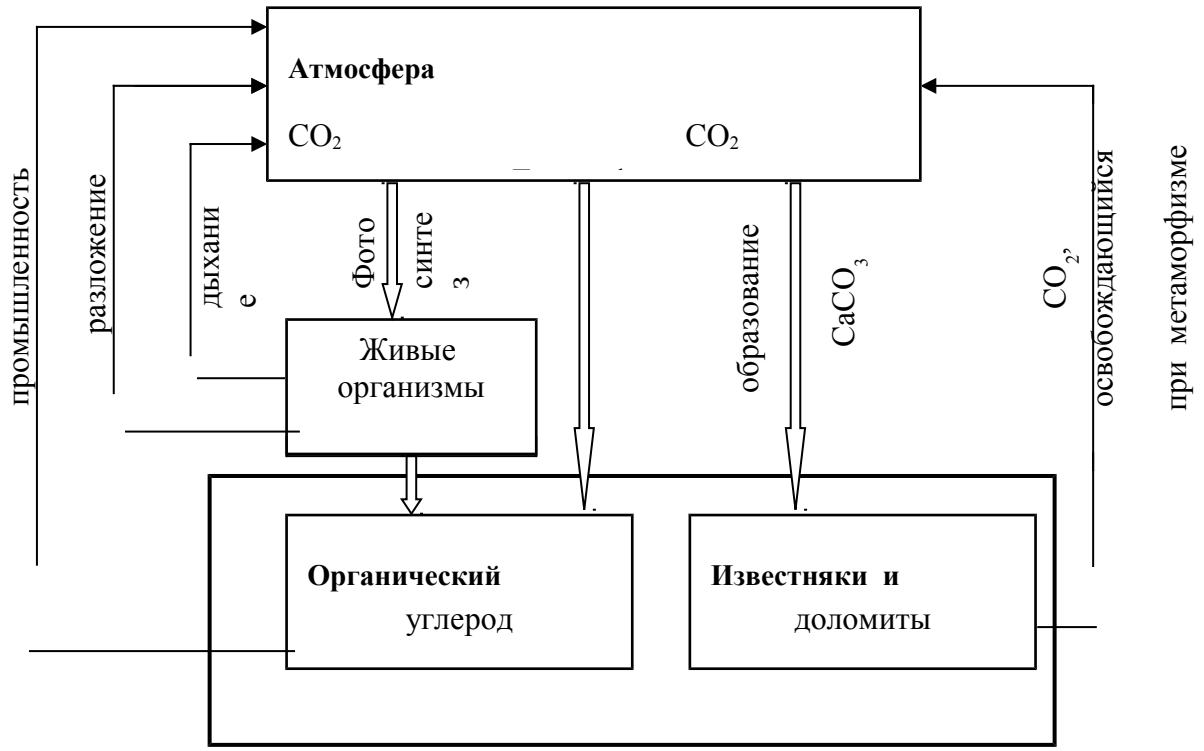


Рис.2 Замкнутый углеродный цикл в биосфере

ГИДРОСФЕРА. Составляет около 4% массы земной коры и ее средняя мощность равна 3,8 км. На массу океанической воды приходится 97% массы всей гидросферы ($2*10^{21}$кг). Роль океана в жизни биосферы огромна: в нем протекают основные химические реакции, обуславливающие производство биомассы и химическую очистку биосферы. Так, за 40 дней поверхностный пятисотметровый слой воды в океане проходит через фильтрационный аппарат планктона, следовательно (с учетом перемешивания) в течение года вся океаническая вода океана подвергается очистке. Все составляющие гидросферы (водяные пары атмосферы, воды морей, рек, озер, ледников, болот, подземные воды) находятся в непрерывном движении и обновлении.

Вода - основа биоты (живое вещество на 70% состоит из воды) и ее значение в жизни биосферы является определяющим. Можно назвать такие важнейшие функции воды, как:

1. производство биомассы;
2. химическая очистка биосферы;
3. обеспечение углеродного баланса;
4. стабилизация климата (вода выполняет роль буфера в тепловых процессах на планете).

Огромное значение мирового океана состоит в том, что он продуцирует своим фитопланктоном почти половину всего кислорода атмосферы, т.е. является своего рода “легкими” планеты. При этом растения и микроорганизмы океана в процессе фотосинтеза

усваивают ежегодно значительно большую часть углекислого газа, чем поглощают растения на суше.

Живые организмы океана – гидробионаты – подразделяются на три основные экологические группы: планктон, нектон и бентос. **Планктон** – совокупность пассивно плавающих и переносимых морскими течениями растений (фитопланктон), живых организмов (зоопланктон) и бактерий (бактериопланктон). **Нектон** – это группа активно плавающих живых организмов, перемещающихся на значительные расстояния (рыбы, китообразные, тюлени, морские змеи и черепахи, кальмары осьминоги и др.). **Бентос** – это организмы, обитающие на морском дне: сидячие (кораллы, водоросли, губки); роющие (черви, моллюски); ползающие (ракообразные, иглокожие); свободно плавающие у самого дна. Наиболее богаты бентосом прибрежные районы океанов и морей.

Мировой океан – источник огромных минеральных ресурсов. Уже сейчас из него добывается нефть, газ, 90% брома, 60% магния, 30% поваренной соли и т.д. В океане имеются огромные запасы золота, платины, фосфоритов, окислов железа и марганца, других минералов. Уровень добычи полезных ископаемых в океане постоянно растет.

АТМОСФЕРА – воздушная среда вокруг Земли, ее масса около $5{,}15*10^{18}$ кг. Газовый состав атмосферы следующий: азот (79,09%), кислород (20,95%), аргон (0,93%), углекислый газ (0,03%) и незначительное количество инертных газов (гелий, неон, криптон, ксенон), аммиака, метана, водорода и др. В нижних слоях атмосферы (20 км) содержится водяной пар, количество которого с высотой быстро убывает. Слой озона, предохраняющий живые организмы от вредного коротковолнового излучения, расположен на высоте 20-25 км. Выше 100 км растет доля легких газов, и на очень больших высотах преобладают гелий и водород; часть молекул газов распадаются на атомы и ионы, образуя ионосферу. Давление и плотность воздуха с высотой убывают. В зависимости от распределения температуры атмосферу подразделяют на **тропосферу** (от +40 до –50°С на высотах 10-15 км), **стратосферу** (от –50 до 0°С на высотах около 50 км), **мезосферу** (от 0 до –90°С на высотах 50-55 км), **термосферу** (от –90 до +1500°С на высотах 200-300 км) и **экзосферу** (от нескольких сотен км). Неравномерность нагревания способствует общей циркуляции атмосферы, которая влияет на погоду и климат Земли.

Атмосфера оказывает огромное влияние на биологические процессы на суше и в водоемах. Содержащийся в ней кислород используется в процессе дыхания организмов и при минерализации органического вещества, углекислый газ расходуется в ходе фотосинтеза автотрофными растениями, озон снижает вредное для организмов ультрафиолетовое излучение Солнца. Кроме того, атмосфера способствует сохранению тепла Земли, регулирует климат, воспринимает газообразные продукты обмена веществ, переносит водяные пары по планете и т.д. Без атмосферы невозможно существование сколько-нибудь сложных организмов.

БИОТА - это совокупность всех видов растений, животных и микроорганизмов. Биота является активной частью биосферы, определяющей все важнейшие химические реакции, в результате которых создаются основные газы биосферы (кислород, азот, окись углерода, метан) и устанавливаются между ними количественные соотношения. Биота непрерывно образует биогенные минералы и поддерживает постоянный химический состав океанических вод. Ее масса составляет не более 0,01% от массы всей биосферы и ограничивается количеством углерода в биосфере. Основную биомассу составляют зеленые растения суши – около 97%, а биомасса животных и микроорганизмов – 3%.

Объектом изучения экологии является взаимодействие *пяти уровней биоты: живых организмов, популяций, сообществ, экосистем и экосферы.*

Живой организм - это любая форма жизнедеятельности. Принято подразделять все организмы на три категории: растения, животные и микроорганизмы.

Популяция - это группа организмов одного вида, проживающих в определенном районе. Примеры популяций: окуни в пруду, грибы белые в лесах, население в отдельной стране или население Земли в целом.

Сообщество (биологическое сообщество) - это несколько популяций, проживающих в одном месте и взаимодействующих друг с другом. Примерами являются все животные, растения и микроорганизмы, проживающие и произрастающие в лесу, пруду, пустыне или аквариуме.

Экосистема - это совокупность различных видов растений, животных и микробов, взаимодействующих друг с другом и с окружающей средой таким образом, что вся эта совокупность может сохраняться неопределенно долгое время. Т.е. экосистема представляет собой функциональное единство организмов и окружающей среды. Понятие экосистемы весьма широко. Выделяют микроэкосистемы (напр., ствол гниющего дерева), мезоэкосистемы (лес, река, пруд), макроэкосистемы (море, тундра, пустыня). Границы и объем экосистем - определенная условность, т.к. между ними существует обмен веществом и энергией.

Экосфера - это совокупность всех экосистем Земли.

2. Структура экосистем

Несмотря на огромное многообразие экосистем, с точки зрения экологии всем им свойственна примерно одинаковая биотическая структура. Все экосистемы включают одни и те же основные категории организмов, взаимодействующих друг с другом стереотипным образом: *продуценты и консументы.*

Продуценты, или автотрофы (самопитающиеся), - это организмы, производящие органические соединения, используемые ими как источник энергии и питательных веществ. Большинство продуцентов -зеленые растения, создающие органические вещества в процессе фотосинтеза. Растения используют солнечную энергию для получения углеводов (глюкозы, крахмала, целлюлозы) из углекислого газа. Т.е. превращают солнечную энергию в энергию химических связей органических веществ. При этом выделяется кислород - побочный продукт фотосинтеза.

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{хлорофилл}]{h\nu} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

где $h \cong 6{,}626 * 10^{-34}$ дж*с - постоянная Планка,

v - частота колебаний, 1/с.

Все углеводы делятся на две группы: простые углеводы (*моносахариды, или монозы*) и сложные углеводы (*полисахариды, или полиозы*).

Общая формула *моносахаридов* $C_nH_{2n}O_n$. В природе чаще встречаются пентозы $C_5H_{10}O_5$ и гексозы $C_6H_{12}O_6$. *Гексозы: глюкоза, фруктоза, галактоза*.

Общая формула *полисахаридов* $(C_5H_{10}O_5)_n$. *Полисахариды*: *крахмал и целлюлоза (клетчатка)*.

Общая формула *дисахаридов (биозов)* $C_{12}H_{22}O_{11}$. К ним относятся: *сахароза (свекловичный или тростниковый сахар), лактоза (молочный сахар), мальтоза (солодовый сахар), целлобиоза и др.*

Накопленная химическая энергия, созданная в результате фотосинтеза, является прямым или косвенным источником питания для большинства организмов.

Некоторые продуценты, в основном бактерии, способны поглощать из окружающей среды неорганические соединения и преобразовывать их в органические питательные вещества без солнечного света. Этот процесс наз. **хемосинтезом**.

Консументы, или гетеротрофы (питающиеся другими) - организмы, получающие питательные вещества и необходимую энергию, питаясь напрямую или косвенно продуцентами.

В зависимости от источников питания консументы, питающиеся живыми организмами, подразделяются на три класса:

- **фитофаги** (растительноядные) - это консументы 1-го порядка, питающиеся исключительно живыми растениями. Напр., птицы, олени, зайцы, насекомые.

- **хищники** (плотоядные) - это консументы 2-го порядка, которые питаются исключительно растительноядными животными (фитофагами), а также консументы 3-го порядка, питаются только плотоядными животными.

- **эврифаги** (всеядные) - могут питаться как растительной, так и животной пищей. Напр., свиньи, крысы, таракана, а также человек.

Консументы, питающиеся остатками мертвых растений или животных, называются **редуцентами**. Существуют два основных класса редуцентов: *детритофаги и деструкторы*.

Детритофаги питаются мертвыми растительными и животными остатками, т.е. детритом, напр., грибы, раки, грифы, муравьи, шакалы, черви.

Большая часть мертвой материи в экосистеме, особенно деревья и листья, проходят стадии разложения и гниения, в результате сложные органические соединения делятся на простые неорганические. Это осуществляется **деструкторами** (грибы и микроскопические одноклеточные бактерии).

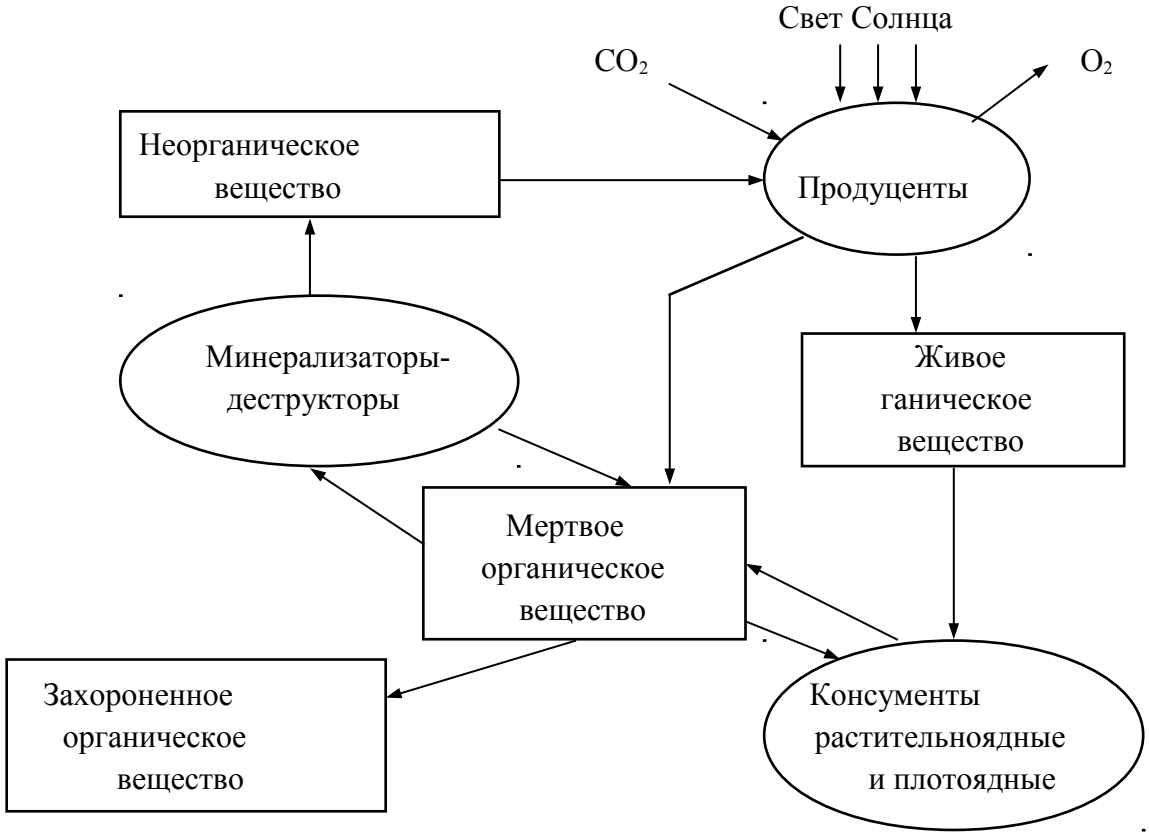


Рис.3 Функциональная структура экосистемы и
потоки вещества в ней

3. Пищевые цепи

В биологической структуре экосистем к числу важнейших взаимоотношений между организмами относятся пищевые. Можно проследить бесчисленные пути вещества в экосистеме, при которых один организм поедается другим, тот - третьим и т.д. Ряд таких звеньев называется пищевой цепью. Но в экологической системе практически все пищевые цепи соединены между собой и образуют сложную цепь пищевых взаимоотношений. Продуценты, консументы и редуценты - разные уровни этой общей цепи. Эти уровни называются трофическими, что означает пищевые.

Пищевые цепи - это путь однонаправленного потока высокоэффективной солнечной энергии, поглощенной в процессе фотосинтеза, через живые организмы экосистемы в окружающую среду в виде низкоэффективной тепловой энергии. Пищевые цепи - это также движение питательных веществ от продуцентов к консументам и, далее, к редуцентам и обратно к продуцентам.

Движение энергии в экосистемах осуществляется двумя типами пищевых сетей – пастбищной и детритной. В первой участвуют продуценты и консументы, во второй – редуценты.

Все организмы, пользующиеся одним видом пищи, принадлежат к одному трофическому уровню. Продуценты – к первому уровню, первичные консументы, питающиеся продуцентами, - ко второму трофическому уровню, хищники – к третьему и т.д.

Солнечная энергия по мере прохождения по цепям питания в соответствии со вторым законом термодинамики теряет свое качество, постепенно превращаясь в низкоэффективную тепловую энергию. Энергия, полученная живыми организмами, используется на каждом трофическом уровне для строительства собственной биомассы и на клеточное дыхание, в результате которого органические соединения разлагаются на углекислый газ и воду:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O + Q$$

Этим уравнением и уравнением фотосинтеза характеризуется “малый круг” углеродного цикла, являющийся составной частью круговорота элементов в биосфере.

По мере движения энергии по пищевой цепи количество высококачественной энергии снижается. В среднем около 1% энергии высокого качества расходуется на построение собственной биомассы на каждом трофическом уровне и около 10% передается на следующий трофической уровень.

Указанные соотношения известны в экологии, как “*правило одного процента*” и “*правило десяти процентов*”, а схема движения энергии по трофическим уровням получила название *экологической пирамиды* энергетических потоков. Каждый трофический уровень в ней изображается прямоугольником, у которого длина большей стороны пропорциональна количеству энергии, накопленной на этом уровне единицей объема в единицу времени. Поскольку количество энергии по мере движения по пищевой цепи убывает, экологическая пирамида имеет вид треугольника с вершиной, обращенной вниз.

В экологии известны еще два вида пирамид - *пирамиды численностей и биомасс.* Пирамиды биомасс характеризуют содержание сухих органических веществ на каждом трофическом уровне. Размер каждого слоя в пирамиде пропорционален сухой массе всех организмов, обитающих на единице площади (объема) каждого уровня определенной экосистемы. Для большинства наземных экосистем суммарная биомасса снижается по мере возрастания трофических уровней, в водных экосистемах биомасса фитопланктона (продуцент) может быть меньше биомассы зоопланктона.

Накопление растениями химической энергии можно считать полезной работой. Скорость, с которой накапливается химическая энергия в биомассе, называется чистой первичной продуктивностью. Она определяется, как разность между скоростью накопления энергии и скоростью использования части этой энергии в процессе клеточного дыхания.

Литература

Основная

1. Горелов А.А. Экология: Конспект лекций. – М.: ЮРАЙТ, Высшее образование, 2009. – 192с. – (Хочу все сдать)
2. Коробкин В.И. Экология: учеб. для вузов / В.И.Коробкин, Л.В.Передельский. – 16-е изд., доп. и перераб. – Ростов н/Д: Феникс, 2010. – 602с.: ил. _ (Высшее образование) МО РФ
3. Николайкин Н.И. Экология: учеб. для вузов / Н.И.Николайкин, Н.Е.Николайкина, О.П.Мелехова. - 7-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2009. – 622 с.: ил. – (Высш. образование) МОРФ

Дополнительная литература

1. Вронский В.А. Экология и окружающая среда. Словарь – справочник. М.: МарТ, 2008.
2. Занимательная экология. Интерактивная компьютерная обучающая программа. CD: Экология в рассказах. Основы экологии. География экосистем и экологических катастроф. Тесты: Информационно-справочные материалы. CD
3. Инженерная экология в нефтегазовом комплексе: Учеб. пособ. / Ягафарова Г.Г., Насырова Л.А., Шахова В.А. и др. –Уфа: Нефтегазовое дело, 2007. – 334с.
4. Природа и география России. Большая энциклопедия России. 2007. CD.
5. Учебно-метод. видеофильмы для учителей и педагогов дополнительного образования. Эколог. исследования школьников в природе. Ч.1 Весенний сезон. CD
6. Учебно-метод. видеофильмы для учителей и педагогов дополнительного образования. Эколог. исследования школьников в природе. Ч.1 Зимний сезон. CD
7. Учебно-метод. видеофильмы для учителей и педагогов дополнительного образования. Эколог. исследования школьников в природе. Ч.1 Летний сезон. CD
8. Учебно-метод. видеофильмы для учителей и педагогов дополнительного образования. Эколог. исследования школьников в природе. Ч.1 Осенний сезон. CD

9. ЭкоГид: Путеводитель по экосистемам.(Иллюстрированные атласы-определители средней полосы)Ассоциация «Экосистема».CD
10. Экология и космос. Учебное пособие по специальности «Природопользование». (направление «Экология и природопользование» по специализации экология и космос «Экология»). –М.:ГУУ,2007. DVD
11. Экология: Электронный учебник /Л.В.Передельский, В.И.Коробкин, О.Е.Приходченко. – М.: КНОРУС, 2009. – 1 электрон. опт. Диск: зв,. цв. (Презентации (анимация, звук); подробные тренировочные тесты; контрольные тесты; словарь терминов; персоналии)

РАЗДЕЛ 2. ЭКОСИСТЕМЫ

Лекция 1. Понятие экосистемы

Основным фундаментальным понятием и объектом в экологии является экосистема. В настоящее время в научной литературе сформировалось несколько определений экосистемы. Приведем некоторые из них.

Экологическая система или экосистема – это простран-ственно определенная совокупность живых организмов и среды их обитания, объединенных вещественно-энергетическими и информационными взаимодействиями.

Любая экосистема состоит из двух частей (двух блоков): ***биотической и абиотической.***

Биотическая часть экосистемы (биота) или биоценоз (от гр. *bios* – жизнь, *koinos* – сообщество) образована совокупностью всего входящего в нее живого вещества, т.е. флоры, фауны и микроорганизмов.

Основной функциональной единицей биоценоза является популяция.

Популяция – это совокупность разновозрастных особей одного вида, обменивающихся генетической информацией, объединенных общими условиями существования, необходимыми для поддержания численности в течение длительного времени: общность ареала, происхождения, свободное скрещивание и т.д. Популяция характеризуется рядом признаков, носителями которых является именно популяция (группа), но не отдельные особи, такими как: плотность, рождаемость, смертность, возрастная структура, половая структура, пространственная структура, динамика численности и т.д.

Совокупность популяции разных видов, которые функционируют в определенном пространстве, образуют биоценоз.

Абиотическая часть экосистемы (экотоп) или биотоп (от гр. *bios* – жизнь, *topos* – место) – образована совокупностью всего входящего в нее неживого вещества с его свойствами, т.е. неживое органическое и неорганическое вещество почвы, вода, воздух, энергия, информация.

Таким образом:

ЭКОСИСТЕМА = БИОТОП + БИОЦЕНОЗ

Причем, экосистема является не простой механической совокупностью биотопа и биоценоза, а биотоп и биоценоз взаимосвязаны в экосистеме, активно воздействуют друг на друга, образуя взаимозависимое единство и находясь при этом в относительно

устойчивом состоянии. Сообщество организмов и физическая среда развиваются и функционируют как единое целое, как система.

Более конкретизированное определение экосистемы может быть сформулировано так:

Любое единство, включающее все организмы, населяющие данную область, и взаимодействующее с физической средой таким образом, что внешний поток энергии и информации создает определенное видовое разнообразие, обмен веществ между биотической и абиотической частями внутри системы и определенную трофическую структуру (цепи питания), представляет собой экологическую систему или экосистему.

Термин "экосистема" был предложен английским экологом А. Тенсли в 1935 году, но само представление об экосистеме возникло значительно раньше. В качестве синонима термина "экосистема" в научной литературе используются термины:

- *биогеоценоз* (для сухопутных экосистем) (В.Н. Сукачев, 1944 г.);
- *биокосное тело* (В.И. Вернадский, 1944 г.);
- *холон* (А. Костлер, 1969 г.).

С Т Р У К Т У Р А Э К О С И С Т Е М Ы.

Структурная схема (блочная модель) экосистемы, предложенная российским экологом В.Н. Сукачевым, графически изображена на рис.

ПОТОК ВЕЩЕСТВА, ЭНЕРГИИ И ИНФОРМАЦИИ ОТ СОЛНЦА И ДРУГИХ КОСМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ.

Рис. Структурная схема (блочная модель) экосистемы.

Функционирование экосистемы обеспечивается взаимодействием четырех основных составляющих:

1) *биотопа;*

2) *биоценоза;*

3) *потока вещества, энергии и информации, пронизывающего экосистему;*

4) *круговорота веществ внутри экосистемы.*

С точки зрения теории систем экосистемы относятся к типу открытых, т.е. обмениваются с внешней средой и веществом, и энергией, и информацией.

Понятие экосистемы не ограничивается какими-то признаками ранга, размера, сложности или происхождения. Ценность этого понятия в его универсальности – оно приложимо как к относительно простым искусственным экосистемам (аквариум, теплица, пшеничное поле, обитаемый космический корабль), так и к сложным естественным (озеро, лес, океан, биосфера). В частном случае конкретная экосистема может и не содержать одного или более блоков, входящих в структурную схему (рис.1). Например, различают водные и наземные экосистемы. Все они образуют на поверхности планеты густую пеструю мозаику.

П р и м е р ы э к о с и с т е м:

1. Естественные (природные):

а) *микроэкосистемы* (лесная кочка, лужица);

б) *мезоэкосистемы* (роща, степь, озеро);

в) *макроэкосистемы* (тайга, океан).

2. Искусственные (антропогенные): сельскохозяйственное поле, городской парк, искусственное водохранилище, город.

Особенностью искусственных экосистем является то, что они не могут длительно сохранять свое состояние без поддержания его человеком, т.е. без внесения извне значительной энергии.

Самая крупная и наиболее близкая к идеалу "самообеспечения" экосистема, известная науке, – это биосфера, которая включает все живые организмы Земли, находящиеся в постоянном взаимодействии с физической средой Земли, в результате чего эта система, через которую проходит поток вещества, энергии и информации от Солнца, из космоса и из недр Земли, находится в состоянии устойчивого динамического равновесия.

Экосистема – понятие весьма широкое. Его главное значение для экологической теории состоит в том, что оно подчеркивает обязательное наличие материальных, энергетических и информационных взаимоотношений, взаимозависимостей и причинно-следственных связей между отдельными блоками, иначе говоря, объединения блоков в функциональное целое. Экосистема является основной функциональной единицей экологии.

Э К О Л О Г И Ч Е С К И Е Ф А К Т О Р Ы.

Экологическими факторами называются важные для жизни организма компоненты окружающей среды, с которыми он неизбежно сталкивается.

Экологические факторы могут быть необходимы или вредны для живых существ, способствовать или препятствовать жизнедеятельности.

Совокупность экологических факторов, обуславливающих рост, развитие, выживание и воспроизводство потомства организмами образует ***условия существования.***

Экологические факторы могут быть классифицированы по различным признакам.

1. ***По расположению источника*** фактора относительно границы экосистемы принято различать ***внешние и внутренние факторы.***

Внешние факторы воздействуют на экосистему, но не испытывают непосредственного обратного действия (солнечная радиация, атмосферное давление, ветер и т.п.).

Внутренние факторы связаны со свойствами самой экосистемы и образуют ее состав (пища, концентрации веществ, состав воздуха, численность популяции и т.п.).

По изменению во времени (динамике) различают факторы:

– ***периодические*** (смена времени суток, времен года, приливноотливные явления и т.п.);

– ***действующие без строгой периодичности*** (погодные явления, наводнения, ураганы, землетрясения и т.п.);

– ***факторы направленного действия***, изменяющиеся в одном направлении (потепление или похолодание климата, заболачивание территорий и т.п.).

2. ***В соответствии со структурой экосистемы***, содержащей абиотическую и биотическую части (см.рис.1), в ней могут быть выделены два класса факторов, определяющих ее состояние:

А. *Абиотические факторы;*

Б. *Биотические факторы.*

Особый класс составляют ***антропогенные факторы***, характеризующие различные воздействия человека на неживую и живую природу.

А. ***Абиотические факторы*** в соответствии со структурой биотопа разделяются на ***климатические, географические, эдафические и гидрологические.***

- *Климатические факторы* характеризуют физико-химические свойства атмосферы. К ним относятся: температура, влажность, давление, скорость движения, степень ионизации воздуха, освещенность. Климатические факторы имеют первостепенное значение, т.к. именно от этих факторов, в первую очередь, зависит географическое распространение видов животных и растений на земной поверхности. Газовый состав воздуха, содержание посторонних газов, примесей, пыли и т.п., вообще говоря, не являются климатическими факторами, но характеризуют состояние атмосферного воздуха.

- Географические факторы (географическая широта, продолжительность дня и ночи, рельеф местности).

- Эдафические факторы (от гр. *edaphos* – почва) характеризуют физико-химические свойства почвы. К ним относятся: состав, структура и влажность почвы. Эдафические факторы важны для наземных животных и особенно обитателей почвы, а также для всех растений.

- Гидрологические факторы (от гр. *hydor* – вода) характеризуют физико-химические свойства воды. К ним относятся: температура, содержание солей, газов (в первую очередь кислорода и углекислого газа), микроэлементов, течение, волнение и

т.д. Гидрологические факторы являются определяющими для рыб и других водных организмов.

К абиотическим факторам относят также физические поля (гравитационное, магнитное, электромагнитное), ионизирующее излучение. Абиотические факторы могут быть охарактеризованы количественно и доступны для объективного измерения.

Б. ***Биотические факторы*** – это прямые или опосредованные воздействия на конкретный организм других организмов, населяющих общую среду обитания. Биотические факторы принято разделять на ***внутривидовые и межвидовые, антогонистические и неантогонистические.***

- **Внутривидовые биотические факторы** действуют внутри данного вида в популяции. К ним относятся:

а) ***демографические факторы*** (численность и плотность популяции, продолжительность жизни особей, плодовитость, смертность и т.п.);

б) ***этологические факторы***, т.е. поведенческие, играющие значительную роль у животных с развитой психикой (контакты между членами семьи, группы, стада, популяции, отношения полов, размножение, уход за потомством, взаимопомощь и защита или, наоборот, возникновение внутривидовой конкуренции, отношений доминирования и подчинения, иерархии в стаде или в популяции и т.п.).

- **Межвидовые биотические факторы** действуют между представителями разных видов, населяющих одну экосистему.

К ним относятся:

а) ***антогонистические:***

- *хищничество* (+, –);
- *паразитизм* (+, –);
- *конкуренция* (– , –);

б) ***неантогонистические:***

- *симбиоз* (от гр. *symbiosis* – сожительство), (+ , +) – это обоюдовыгодные, но не обязательные взаимоотношения разных видов организмов;
- *мутуализм* (от лат. *mutuus* – взаимный), (+ , +) – взаимовыгодные и обязательные для роста и выживания отношения организмов разных видов;
- *комменсализм* (от лат. *commensalis* – сотрапезник), (+ , 0) – взаимоотношения, при которых один из партнеров извлекает выгоду, а другому они безразличны;
- *нейтрализм* (0 , 0) – взаимоотношения, при которых организмы практически не оказывают влияния друг на друга.

По расположению источника	По изменению во времени	В соответствии Абиотические	со структурой Биоти	экосистем ческие
Внешние Внутренние	Периодические Непериодические Направленного действия	-климатические - г и	Внутривидовые - д е	Межвидовые антогонистические неантогонистически е

		дрологические -эдафические -географические	морграфические -этологические	

Условием существования всех живых организмов является поток вещества и энергии. В своей жизнедеятельности организмы используют энергию химических связей органических молекул, из которых состоят их тела. Сами же эти молекулы они либо синтезируют из простых неорганических веществ, которые получают из окружающей среды, либо преобразуют из соединений, поступающих из тел других организмов. Соответственно этому все живые существа по типу питания делятся на ***автотрофных*** и ***гетеротрофных.*** Автотрофы используют для синтеза либо энергию солнечного света *(фототрофы),* либо энергию химических связей неорганических веществ *(хемотрофы)*. Гетеротрофы энергетически зависят от других организмов, т.к. в состоянии преобразовывать только органические соединения.

Уже из этой простой схемы, приводимой в школьных учебниках, очевидна тесная вещественно-энергетическая зависимость организмов друг от друга. Подавляющее большинство видов в живой природе составляют гетеротрофы. Это значительная часть бактерий, простейших, все грибы и животные. Они существуют, в конечном итоге, за счет автотрофных организмов, к которым относятся все растения, часть бактерий и некоторая часть простейших. Однако и фотосинтезирующие организмы, будучи

независимыми от других по источнику поступления энергии, нуждаются в содействии гетеротрофов в обеспечении себя веществом. Они могут использовать лишь ограниченный круг неорганических соединений (например, углерод — в составе углекислого газа; азот, фосфор, калий — только в составе определенных солей и т.п.). Эти соединения, вовлекаемые в процесс органического синтеза, получили название *биогенные вещества,* или *биогены*. Их запас в окружающей среде всегда ограничен. В этом нетрудно убедиться на примере быстрого падения урожайности, если продукция растений вывозится с полей, а в почву не вносят удобрений. Биогенные вещества поступают в окружающую среду за счет деятельности гетеротрофов, разлагающих растительные остатки и другую мертвую органику. Дыхание всех живых существ возвращает в атмосферу необходимый для фототрофов углекислый газ.

Эта взаимная вещественно-энергетическая зависимость связывает в биоценозах виды друг с другом и окружающей неживой природой, откуда поступают биогенные вещества и энергия и куда выводятся продукты обмена. В биоценозах возникает и поддерживается круговорот биогенных веществ, получивший название ***биологический круговорот.*** Жизнь на Земле существует миллиарды лет, не исчерпывая запасы необходимых элементов. По высказыванию академика В.Р. Виль- ямса, единственный способ придать ограниченному количеству свойства бесконечного — это заставить его вращаться по замкнутой кривой. Этот способ найден природой еще на заре развития жизни, и именно биологический круговорот — главная причина сохранения жизни на планете.

Любые ячейки природы, в которых возникает биологический круговорот вещества, называют *экосистемами*. В структуре любой экосистемы должны присутствовать четыре компонента, необходимых для осуществления биологического круговорота: биогенные элементы в окружающей среде и три разных по функциям группы организмов: продуценты, консументы и редуценты. *Продуценты* создают биологическую продукцию — органические вещества из биогенных элементов, *консументы* перерабатывают их в органические соединения собственных тел, а *редуценты* вновь разлагают эти соединения до усваиваемых продуцентами молекул.

В большинстве природных экосистем функцию продуцентов выполняют зеленые растения, консументов — животные, а редуцентов — грибы и бактерии. Однако, строго говоря, любому организму частично присуща функция редуцента, так как и животные, и растения часть продуктов обмена веществ выделяют в виде простых неорганических молекул — углекислого газа, аммиака, солей и т.п. Точно так же и грибы, и гетеротрофные бактерии часть потребляемого органического вещества используют на построение своего тела, т.е. выступают как консументы. Поэтому соответствующие названия определенным группам организмов даются по той преобладающей роли, которую они играют в экосистемах.

В природе можно выделить экосистемы самого разного масштаба, с разной степенью замкнутости и интенсивности биологического круговорота, разной длительности существования — от временных, эфемерных, до постоянных и стабильных. Например, как временная экосистема может функционировать высыхающая лужа, в которой развились одноклеточные водоросли, мелкие фильтраторы — коловратки, рачки-дафнии и, безусловно, бактерии. Разрушающийся

пень, поросший мхом и лишайником и населенный грибами, бактериями и беспозвоночными животными — тоже небольшая, временно существующая экосистема. Пруд, озеро, море и океан можно рассматривать как экосистемы последовательно нарастающей степени сложности, с разным временем существования в биосфере. Мелкие экосистемы входят в состав более крупных, и все вместе представляют составные части глобальной экосистемы Земли — ***биосферы.***

Полнота круговорота веществ в экосистемах может быть очень разной. Будучи во многом зависимой от соотношения и особенностей продуцентов, консументов и редуцентов, она зависит также и от внешних по отношению к экосистеме факторов, например, изменения климата, погоды или антропогенного воздействия. В высыхающей луже атомы углерода, азота и других биогенных элементов могут совершить несколько циклов, переходя из тел организмов во внешнюю среду и обратно, но большая их часть выбывает затем из данного круговорота, поступая в состав почвы или воздуха и переходя в другие круговороты. Такие экосистемы, как зрелые дубравы или ковыльные степи могут долго поддерживать циклику своих элементов, возвращая растениям необходимые для фотосинтеза вещества и существовать тысячелетиями, если внешние силы не нарушат их состав и структуру. Но даже в самых крупных и устойчивых экосистемах биологический круговорот не бывает замкнутым полностью. Часть вещества может надолго выпадать из него, оседая на дне океана, в почвах, болотах и т.д., другая часть ускользает в другие экосистемы, переносясь водой, ветром, живыми организмами. В результате все экосистемы планеты оказываются связанными между собой.

В некоторых типах экосистем — проточных — устойчивость поддерживается не столько цикликой биогенных элементов, сколько балансом привноса и выноса веществ. Типичным примером таких экосистем служат реки.

Неразрывность, единство живой и неживой природы давно осознавалось исследователями. Предлагалось множество терминов для обозначения отдельных участков среды, где это единство проявляется наиболее наглядно (например, *микрокосм* — для озера и др.). Термин *экосистема* был предложен в 1935 г. английским ботаником А.Тенсли и утвердился как универсальное понятие, приложимое к природным образованиям разного ранга, в которых поддерживается обмен веществ и энергии между абиотической средой и сообществом населяющих ее организмов. Почти одновременно российский геоботаник В.Н. Сукачев предложил термин *биогеоценоз* для обозначения аналогичной системы, которая возникает в пределах фитоценоза, т.е. единицы растительного покрова. Оба термина прижились в науке и употребляются в близком смысле с небольшими различиями. Не любую экосистему можно назвать биогеоценозом — границы последнего определяются в природе фитоценозом, т.е. определенной растительной ассоциацией (например, ельник-кисличник, ельник-зеленомош- ник, сосняк-беломошник, луг разнотравный, сфагновое болото и т.п.). Термин же *экосистема* приложим не только к природным ячейкам разного масштаба, но и к рукотворным: аквариумам, теплицам, полям, прудам, кабинам космических кораблей и др., если в них присутствуют необходимые компоненты, обеспечивающие хотя бы временный, частичный биологический круговорот веществ.

Экосистемные исследования стали развиваться в полной мере лишь с 1950-х гг., после того, как были разработаны методы учета потоков вещества и энергии в биоценозах.

Любой круговорот вещества требует затрат энергии. Основной механизм осуществления биологического круговорота — пищевые связи организмов. Передача энергии при питании одного организма другим подчиняется определенным закономерностям. Если, например, растительноядное животное (коза, кролик, саранча, лошадь и т.п.) съело целиком растение, энергетическую ценность которого мы примем за 100%, то часть этой энергии вернется во внешнюю среду в составе непереваренных тканей, выводимых с экскрементами. Основная доля усвоенной животным организмом энергии используется для поддержания работы клеток, жизнедеятельности организма в целом и постепенно превращается в тепловую, которая рассеивается в окружающем пространстве. (По второму закону термодинамики, любое превращение энергии из одного состояния в другое сопровождается переходом части ее в тепловую, и все химические реакции в клетках подчиняются этому закону). Другая, меньшая, доля усвоенной из пищи энергии может сохраняться в организме в химически связанном виде в составе прироста массы организма.

По усредненным данным, доля энергии растения, «задержавшаяся» в теле съевшего его животного, не превышает 10%. Хищник, съевший травоядное животное, при тех же условиях сохранит в своем теле, соответственно, не более 1% энергии, изначально содержавшейся в растении. Таким образом, солнечная энергия, связанная растением в ходе фотосинтеза, через два звена трофических связей почти полностью возвращается в окружающую среду в виде тепла.

Конкретная последовательность питающихся друг другом организмов, в которой еще можно различить судьбу первоначальной порции энергии, получила название ***трофическая цепь,*** или ***цепь питания.*** Хотя пищевые связи в биоценозах разнообразны и общая трофическая сеть, соединяющая живущие вместе виды, состоит из множества переплетающихся трофических цепей, каждая из таких цепей включает всего несколько звеньев. Цепи питания не могут быть длинными, поскольку поступающая в них энергия стремительно иссякает. Ее можно проследить всего в четырех, максимум шести, звеньях. Энергия не может передаваться бесконечно долго и не может обращаться в экосистеме по кругу, как биогенные вещества. Она должна все время поступать заново. Жизнь в целом существует на потоке энергии. Образным выражением функционирования экосистемы может служить колесо водяной мельницы: постоянное вращение (круговорот вещества) в струях постоянно поступающей извне воды (поток энергии).

Место, занимаемое организмом в цепи питания, называется ***трофическим уровнем.*** Пищевые цепи начинаются всегда с автотрофных организмов (в подавляющем большинстве случаев — растений), создающих органическое вещество. Они представляют первый трофический уровень. На втором находятся растительноядные организмы, на третьем и далее — плотоядные. Хищники и виды со смешанным типом питания могут занимать в разных трофических цепях разные уровни. Воробей, склевавший зерно, представляет второе звено пищевой цепи, а съевший насекомое —

третий или четвертый, в зависимости от того, было ли это насекомое растительноядным или хищным.

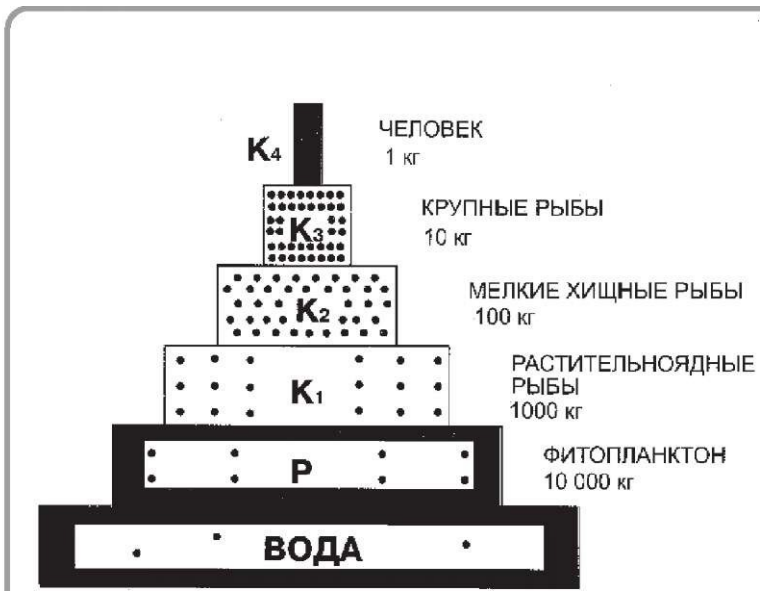
Итак, с одного трофического уровня на другой в среднем переходит только 10% энергии, поступившей на предыдущий. Эта закономерность, получившая в экологии название **правило десяти процентов,** чрезвычайно важна для понимания того, как функционируют экосистемы, и для грамотного природопользования. Она лежит в основе создания в природе вторичной биологической продукции.

Биологической продукцией называют то количество органического вещества, которое создается в единицу времени на определенном трофическом уровне. Различают первичную и вторичную биологическую продукцию. Первичную создают растения из неорганических компонентов. Валовая первичная продукция определяется скоростью фотосинтеза, которая зависит и от вида растений, и от условий среды. Значительную часть валовой первичной продукции (в среднем 50—60%) растения тратят на поддержание собственной жизнедеятельности, а оставшаяся часть идет на рост — увеличение массы. Эту часть, заключенную в созданной биомассе, называют *чистой первичной продукцией.* За счет чистой первичной продукции в конечном счете и существуют все гетеротрофные организмы биоценоза.

Вторичная биологическая продукция — это органическое вещество, создаваемое гетеротрофами, т.е. переработчиками. Она возникает за счет первичной чистой продукции и, по правилу передачи энергии по цепям питания, составляет не более 10% от растительной. Таким образом, в природе на создание 1 кг массы травоядного животного тратится в 10 раз больше солнечной энергии, чем на создание 1 кг массы растений, а на 1 к г массы хищника — по крайней мере в 100 раз

На планете — в глубинах океана, в местах выхода горячих минеральных источников и в некоторых других условиях — сохранились экосистемы, где первичную биологическую продукцию создают не фотосинтезируюшие организмы, а хемосинтезирующие бактерии. Однако и в этих сообществах цепи питания развиваются по сходным экологическим правилам, с большими потерями энергии при переходе от одного звена к другому.

В сельском хозяйстве законы передачи энергии по цепям питания выражаются в том известном всем обстоятельстве, что 1 кг пшеницы вырастить гораздо дешевле, чем получить 1 кг говядины или свинины. По этой же причине на мясо не разводят хищных животных, а среди одомашненных растительноядных для этой цели используют в основном тех, которые наиболее эффективно перерабатывают пищу на собственный прирост: кур, индеек, уток, свиней, крупный и мелкий рогатый скот и т.п. Как уже сказано, 10% — это усредненная величина, а конкретные живые организмы могут характеризоваться разной величиной этого показателя. Среди сельскохозяйственных животных, у свиней например, КПД использования 1 кг кормов на прирост 1 кг живой массы может достигать 20% и более. Для других видов, несмотря на старания селекционеров, достичь таких результатов не удается. Фазанов и павлинов разводят почти исключительно в декоративных целях, поскольку доля энергии, использующаяся на прирост, у них составляет всего 2—3%.



Пищевая пирамида

«Правило десяти процентов» определяет так называемую пирамиду биологической продукции в экосистемах. Десятикратное убывание количества органического вещества, создаваемого в единицу времени, по трофическим уровням можно схематически отобразить в виде ступеней пирамиды соответствующего масштаба. Ее называют также пирамидой энергии, поскольку продукция эквивалентна связанной в ней энергии.

Такой пирамиды часто не получается, если оценивать не продукцию, а биомассу или численность организмов на разных трофических уровнях. Продукция, напомним, — это количество органического вещества, которое создается в единицу времени, в то время как биомасса — это показатель, отражающий величину, имеющуюся на данный момент. Это может быть, например, общая масса всех растений на гектаре леса, масса стволовой древесины, общий вес стада лосей в данном лесу или общий вес всех животных изучаемой экосистемы. Термин *биомасса* применим и к отдельно взятому организму — дереву, лосю, человеку.

При высокой продуктивности общая биологическая продукция биомассы организмов определенного трофического уровня может быть и очень низкой, если эти организмы быстро поедаются представителями следующего уровня. Например одноклеточные водоросли в океане размножаются в благоприятных условиях с высокой скоростью, т.е. отличаются большой продуктивностью, но в каждый определенный момент их всегда по весу мало, потому что они с не меньшей скоростью выедаются зоопланктоном и различными фильтраторами. Животные второго и третьего трофического уровня наращивают свою массу в десятки раз медленнее, но общий вес рыб и донных животных выше, чем фитопланктона, поскольку хищники поедают их с меньшей скоростью. Пирамида биомасс в океане оказывается перевернутой. Таким образом, конфигурация пирамид биомассы в экосистемах определяется не соотношением передачи энергии по цепям питания, а тем, быстро или медленно созданная продукция переходит на следующий трофический уровень.

Продуктивность экосистем суши и океана — основа жизнеобеспечения человечества. Люди нуждаются и в растительной, и в животной пище, поскольку в

организме человека не вырабатывается ряд незаменимых аминокислот, которые он должен получать преимущественно из белков животного происхождения. На нужды человеческого общества используются не только урожаи сельскохозяйственных растений, но и вся та первичная биологическая продукция, за счет которой существует животноводство и живут промысловые виды морских и наземных животных. Кроме обеспечения пищевых потребностей человека, первичная биологическая продукция (например, в виде древесины и пр.) используется во многих отраслях промышленности, строительства, транспорта, энергетики, медицины. В условиях демографического взрыва, быстрого роста числа людей на Земле, очень важно оценивать реальную емкость среды для населения всей планеты и ее отдельных территорий. Поэтому после того, как были разработаны методы оценки биологической продукции, первой задачей стало оценить ее масштабы в разных частях суши и океана и на планете в целом.

С конца 1960-х гг. ученые разных стран в течение 10 лет работали по общей Международной биологической программе (МБП), оценивая валовую и чистую биологическую продукцию в различных типах экосистем. В результате этой гигантской работы была создана карта продуктивности земного шара. Уточнение и дополнение полученных данных продолжаются и в настоящее время.

В *наиболее продуктивных* экосистемах Земли за сутки на 1 м^2 синтезируется в среднем не более 25 г органического вещества (в пересчете на сухой вес валовой продукции). К таким высокопродуктивным экосистемам относятся влажные тропические леса, эстуарии рек в аридных районах, коралловые рифы в тропических морях. Здесь создаются оптимальные условия для фотосинтеза: много тепла, света, воды, достаточно биогенов. Интересно, что основная первичная продукция на коралловых рифах производится симбиотическими одноклеточными водорослями — зооксантеллами, живущими в телах кораллов и других беспозвоночных животных в освещаемых слоях воды.

На своих полях человек тоже может добиться такого высокого выхода продукции некоторых сельскохозяйственных растений, но при условии снятия всех лимитирующих факторов, т.е. при обеспечении достаточным количеством регулярно вносимых удобрений, орошении, рыхлении почвы, защите от вредителей. Это так называемое интенсивное земледелие, которое обходится очень дорого и часто не окупается повышенным урожаем.

В условиях резкого недостатка какого-либо одного или нескольких факторов, влияющих на фотосинтез, возникают *экосистемы с низкой биологической продуктивностью.* К ним относятся холодные и жаркие пустыни, тундры, засоленные почвы, а также центральные акватории океанов даже в условиях тропического климата. В тундрах и полярных пустынях резко не хватает тепла, долго длится полярная ночь. В жарких пустынях ограничивающим фактором является прежде всего дефицит влаги, а в центральных частях океанов при избытке тепла, света и воды недостает биогенных веществ, главным образом азота и фосфора. Основные их количества выносятся в океан с материков и перехватываются водорослями краевых морей. Суточная первичная продукция таких экосистем не превышает 1 г сухого вещества на 1 м^2.

Большинство экосистем Земли относится к *среднепродуктивным,* поставляя от 1 до 5 г/м^2 сухого вещества за сутки. Это районы северной тайги, горные леса, луга,

глубокие озера, мелкие моря, пашни и др. В степях, саваннах, мелких, освещаемых до дна озерах суточная продукция может достигать 10 г/м^2 и более.

Созданное органическое вещество поступает в цепи питания в составе либо живых растений, либо их отмерших частей. В первом случае цепи питания называются *пастбищными,* во втором — *детритными.* В разных типах экосистем потоки энергии через пастбищные и детритные цепи различны. В лесах в норме все растительноядные виды (насекомые, грызуны, копытные и др.) используют около 10% ежегодного прироста растений, остальная часть идет в опад, формируя лесную подстилку. Над ее разрушением в детритных цепях питания трудятся тысячи видов разнообразных организмов — бактерий, грибов, животных. В степях и на лугах в пастбищные цепи может поступать 50—70% ежегодной продукции растений, детритные цепи развиты здесь в меньшей степени. Наиболее интенсивно выедается продукция водорослей в океанах.

Мертвое, неразложенное, органическое вещество в экосистемах получило название *мортмасса*. Организмы, разрушающие мортмассу, относятся к деструкционному блоку экосистем. Замедление их деятельности приводит к накоплению мертвой органики на поверхности почвы (степная ветошь, лесная подстилка) или ее захоронению (болотный торф, сапропель на дне озер и т.п.).

Запасы мортмассы свидетельствуют о скорости круговорота вещества в экосистемах разного типа. В лесах наглядный показатель — отношение массы подстилки к массе ежегодного опада. В тропических лесах общая биомасса растительности составляет более 5000 ц/га, ежегодно опадает более 250 ц/га листвы и веток, но подстилки присутствует не более 25 ц/га, т.е. ее отношение к опаду составляет 0,1, так как она очень быстро разрушается потребителями (бактериями, грибами, муравьями, термитами и т.п.). В дубравах средней полосы при ежегодном опаде 65 ц/га отношение массы подстилки к этой величине составляет около 4. Следовательно, только к концу четвертого года будет полностью возвращен тот запас биогенов, которые растения использовали за год. Для ельников северной тайги задержка в разложении годовой порции опада составляет уже 15—17 лет. В таких лесах на земле лежит толстый слой хвойной подстилки, и круговорот вещества сильно замедлен. Еще более замедлен он в болотных экосистемах, где постепенно накапливаются мощные слои торфа. В степях круговорот интенсивен и соответствующий индекс приближается к единице, а в саваннах составляет примерно 0,2.

Полнота и интенсивность биологического круговорота веществ очень важны для повышения урожаев сельскохозяйственных растений. Экосистемы, возникающие на возделываемых землях, носят название *агроэкосистемы*. Они сильно модифицированы человеком, но функционируют и развиваются по общим природным законам, с которыми необходимо считаться. Роль продуцентов в агроэкосистемах играют культурные растения. На больших площадях полей выращивают чаще всего один единственный вид, заменяя им природное разнообразие. Сорта культурных растений селекционированы в интересах человека, они не могут выдерживать конкуренции с дикими растениями, поэтому приходится тратить много энергии и средств на создание для них подходящих условий: рыхление, полив, борьбу с сорняками и т.п. На полях, по законам формирования экосистем, стремительно складываются цепи

питания, большие площади растений одного вида стимулируют размножение их специализированных потребителей. Так, на полях пшеницы в массе развиваются злаковые тли, шеститочечная и полосатая цикадки, хлебный клопик, злаковые трипсы, хлебная полосатая блошка, яровая и шведская мухи и другие виды сосущих и грызущих насекомых. На них, в свою очередь, кормятся божьи коровки, хищные жуки-стафилины, жужелицы, паразитические перпонча- токрылые, муравьи, пауки, птицы и др. Общее число видов насекомых, которые обнаруживаются в стеблестое пшеницы, исчисляется несколькими сотнями. Кроме того, на растениях развиваются разные виды круглых червей — нематод, обильны плесневые грибы, дрожжи, бактерии. Насыщена жизнью и почва. Таким образом, вокруг культурного растения формируются многовидовые биоценозы, которые называют *агроценозами*. Потребителей культурных растений мы называем вредителями, поскольку они отнимают у человека часть урожая. Борьба с вредителями выгодна только тогда, когда стоимость возвращения ожидаемых потерь урожая превышает стоимость средств, вкладываемых в подавление размножившегося вида. Урожай можно спасти и не прибегая к ядохимикатам, а стимулируя развитие третьего звена трофической цепи, т.е. увеличивая численность хищников и паразитов растительноядных организмов, присутствующих на поле. Этот принцип лежит в основе разработки биологических методов борьбы с вредителями.

Обработка почвы, посев, уход за сельскохозяйственными растениями, борьба с сорняками и вредителями требуют труда и, соответственно, расхода энергии. В результате агроэкосистемы, в отличие от природных, получают кроме солнечной еще и дополнительную энергию от человека. Без этого энергетического вложения они существовать не могут. Каждое заброшенное поле быстро преобразуется в природную экосистему.

Одна из основных сложностей в поддержании агроэкосистем — сохранение баланса биологического круговорота вещества. С полей удаляются большие массы урожая, содержащие биогенные элементы. Если равноценное количество этих элементов не будет возвращено в почву в виде минеральных или органических удобрений, продуктивность полей быстро упадет.

Подробные исследования выявляют высокую сложность даже предельно простого агроценоза. Стараясь сберечь урожай, мы обрываем множество цепей питания и дисбалансируем сообщество. По существу, все усилия по созданию высокочистой продукции в пользу человека есть «борьба против природы», которая требует много труда, средств и знаний. В современной сельскохозяйственной науке наиболее прогрессивное направление — *экологизация производства,* т.е использование таких методов и приемов, которые как можно меньше противоречили бы природным законам. Излишняя химизация почв, использование сильнодействующих ядохимикатов, а также тяжелой техники — главные препятствия в достижении экологически грамотного земледелия.

Природные экосистемы подвержены процессам саморазвития. Они меняют свой видовой состав, структуру и внешний облик до тех пор, пока в них не установится устойчивое равновесие поступления и расхода энергии. Этот закономерный направленный процесс изменения экосистем в результате взаимодействия организмов

между собой и с абиотической средой носит название ***сукцессия.*** Различают первичные и вторичные сукцессии.

Первичные сукцессии ведут к формированию устойчивых сообществ на первоначально безжизненных территориях. Такие участки постоянно возникают на современной суше в результате локальных событий: осыпей в горах, отступания ледников, разрушения скал, образования песчаных наносов, отступания уреза воды на побережьях и т.п. Сукцессии впервые были проанализированы на примере растительного покрова американским ботаником Ф.Клементсом еще в начале прошлого века. Он выделил ряд этапов сукцессионного процесса. Сначала возникает обнаженный участок, на котором еще не обитают никакие организмы. Потом начинается его заселение: на обнажившуюся территорию попадают представители разных видов растений из окружающих биотопов в виде семян, плодов, спор или других зачатков. На следующем этапе идет жесткий отбор видов абиотическими условиями, поскольку не все способны прижиться в этой экстремальной среде. Далее прижившиеся виды начинают изменять среду своей жизнедеятельностью: растения извлекают из грунта минеральные соединения, включают их в свои тела, оставляют опад, отмершие корни, меняют влагоемкость субстрата, влияя на микроклимат. После этого, полностью освоив и изменив местообитание, растения начинают конкурировать друг с другом, и отбор идет уже за счет преимущественно биотических факторов. Состав сообщества преобразуется, в него внедряются новые виды, более конкурентоспособные в изменяющейся среде. Естественно, что изменению состава растительности сопутствуют изменения и животного, и грибного, и бактериального мира. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не подберется такой состав сообщества, при котором изменения среды, вызванные деятельностью одних видов, компенсируются другими и весь биоценоз не станет способен поддерживать сбалансированный круговорот вещества. Такая экосистема становится устойчивой и существует до тех пор, пока не изменятся климатические условия или другие внешние силы не выведут ее из равновесия. Завершающий устойчивый этап сукцессии Клементс назвал *климаксовым,* или *климаксом,* начальные этапы — *пионерными,* а весь ряд ведущих к климаксу изменяющихся сообществ — *сукцесси- онной серией.* Наглядным примером первичных сукцессий служит зарастание стоячих водоемов, когда на их месте постепенно возникают заболоченные участки, затем развиваются травы и кустарники, сменяющиеся лесной растительностью.

Основная закономерность сукцессионного процесса — постепенное замедление преобразования экосистем. Первые стадии сукцессионной серии — наиболее быстротечные, неустойчивые. Чем ближе к климаксо- вому сообществу, тем медленнее совершаются изменения среды и видового состава. Отвалы, возникшие в результате строительной деятельности или добычи полезных ископаемых, зарастают на глазах человека. Вначале сообщества меняются очень быстро. На голых отвалах появляется мать-и-мачеха, на второй-третий год — бурьянные травы. Через несколько лет они сменяются злаковой растительностью, затем — кустарниками, и постепенно вырастает лес.

Первичные сукцессии — достаточно длительный процесс, поскольку он сопровождается формированием почвы. Климаксовые сообщества возникают только на той стадии, когда формируется почвенный профиль, соответствующий определенному

климату и подстилающей породе. На разных субстратах пионерные стадии сукцессионных серий различаются очень сильно. Например, обрастание голых скал начинается обычно с накипных лишайников; заселение сыпучих песков — с осок и злаков, устойчивых к обнажению ветром корневой системы; зарастание мелких водоемов — с пышной водной и прибрежной растительности: кубышек, рдестов, рясок, рогоза и т.п. Постепенно в сообщества внедряется все больше общих видов, и на климаксовой стадии они становятся похожими друг на друга. По-настоящему устойчивых сообществ, воспроизводящих себя и не меняющихся в течение столетий, в природе немного. Они формируют типичные экосистемы, характерные для климатических зон и горных поясов. Это, например, ельники средней тайги, дубравы широколиственного пояса, ковыльно-типчаковые степи, мохо- во-кустарниковые тундры и т.п.

В ходе сукцессий закономерно меняется структура сообществ. На пионерных стадиях экосистемы не сбалансированы. В биоценозах еще не сформировались сложные цепи питания, не заняты все экологические ниши, растительная продукция не полностью используется консументами и редуцентами: накапливается в виде мортмассы и изменяет условия среды. Круговорот веществ не замкнут. Но постепенно в сообществах нарастает видовое разнообразие, происходит более тонкое расхождение видов по экологическим нишам, ослабляется конкуренция, увеличивается роль взаимовыгодных мутуалистических отношений. Появляются виды с длительными циклами развития. Паразиты и хищники регулируют численность своих жертв. Вся чистая первичная продукция, созданная растениями, перерабатывается множеством грибов, бактерий и животных в пастбищных и детритных цепях питания. Общий прирост биомассы растений в биоценозе приближается к нулю. Круговорот веществ становится сбалансированным.

Кроме первичных сукцессий, формирующих устойчивые экосистемы на первоначально не измененных жизнью участках среды, в природе возникает много вторичных, или восстановительных. Это те изменения сообществ, которые начинаются после частичного нарушения уже сформировавшихся экосистем — например, после лесного или степного пожара, рубки леса, вспашки целины. В таких случаях в экосистемах часто сохраняются почва, семена или корни растений, выживают некоторые виды животных. Сообщество снова начинает развиваться в сторону устойчивого, климаксового. В геоботанике такие смены называют *демутациями*. Например, в средней тайге на гарях и вырубках развиваются заросли иван-чая, малины, затем — мелколиственные породы деревьев, и только под их прикрытием постепенно вырастает и сменяет их ельник. Стадии и последовательность этого процесса могут отличаться от первичной сукцессии: например, восстановлению еловых пород могут предшествовать не березняки, а осинники. Восстановительные сукцессии протекают быстрее, чем первичные.

Сукцессии наблюдаются в сообществах разного масштаба и на различных по размеру территориях. Зарастают, проходя закономерные этапы, вывалы деревьев в лесах, сусликовины в степях, выбросы кротов, дно высохших луж и т.п. На этих участках меняется, наряду с растениями, все их население. Такие мелкомасштабные сукцессии постоянно протекают во всех крупных экосистемах, восстанавливая локальные нарушения. Во всех случаях, когда в системе первичная продукция не равна

ее потреблению, начинается сукцессионный процесс, изменяются условия и происходит смена видов.

Экологические сукцессии являются механизмами развития, самоподдержания и восстановления природных экосистем. Знание их законов чрезвычайно важно для рационального природопользования. С одной стороны, сукцессии восстанавливают антропогенные нарушения в природных экосистемах. Восстановление лесов, разнотравной степи, зарастание отвалов, осыпей, оврагов можно ускорить, если грамотно стимулировать эти процессы. На юге нашей страны разработаны технологии, позволяющие за считанные годы превратить деградировавшую степь в высокопродуктивную многовидовую. Ограничивать сукцессии может недостаток воды, семян, насыщенность среды токсичными соединениями. Во всех случаях, чтобы ускорить восстановление почв и растительности, надо понять природу ограничивающих факторов.

С другой стороны, чтобы получать урожаи, человеку приходится бороться против природных сукцессий. Из экологических законов следует, что экосистема не может быть одновременно устойчивой и накапливать при этом избыток первичной продукции. Все наши агро- экосистемы — поля, огороды, сады — это крайне неустойчивые пионерные сообщества, они требуют постоянной поддержки человеком, а иначе быстро вовлекаются в природный процесс экологической сукцессии. За сельскохозяйственные урожаи человек платит нестабильностью среды.

Грамотная организация ландшафта — это мозаика разнообразных экосистем, как устойчивых, так и пионерных, предназначенных для получения избытка чистой продукции. Поля от горизонта до горизонта антиэкологичны, они должны чередоваться с лесополосами, лесами, перелесками, водоемами, пастбищами, лугами и т.п. Нельзя также, в соответствии со старым оптимистичным лозунгом, превратить всю землю в цветущий сад, это также антиэкологично. Сад — тоже пионерная и нестабильная экосистема, для поддержания которой также придется бороться «против природы». Человек должен поддерживать вокруг себя все то разнообразие экосистем, на котором строится и устойчивость природной среды.

Законы функционирования экосистем

*Первый закон***.** Основным условием долговременного выживания экосистем является многообразие видов биоты. Соответствующий закон, открытый в кибернетике Виннером-Шенноном-Эшби, носит название *“закона необходимого многообразия видов”*.

“Любая кибернетическая система только тогда обладает необходимой устойчивостью для блокирования внутренних и внешних возмущений, когда обладает достаточным внутренним многообразием”.

В биосфере был заложен огромный запас прочности, позволивший ей пережить все катаклизмы естественного происхождения. Однако в настоящее время, по разным оценкам,

в биосфере из-за нарушения законов экологии погибает от одного до пяти видов в час. Это неизбежно ведет к снижению устойчивости биосферы.

*Второй закон***.** Распространение организмов в экосистемах обусловлено их устойчивостью к физическим и химическим факторам окружающей Среды.

Диапазон колебаний абиотических факторов, в котором обеспечивается полноценное процветание популяции, называется *диапазоном толерантности***.** Этот диапазон включает в себя также значения абиотических факторов, в той или иной степени отклоняющихся от оптимального значения. При таких отклонениях выживает меньшее количество особей, но вид сохраняется. Закон толерантности можно сформулировать в следующем виде: "*Любая популяция может полноценно существовать только в пределах определенного диапазона колебаний абиотических факторов Среды обитания. Этот диапазон включает в себя оптимальную зону, в которой популяция способна к процветанию, и зону физиологического стресса, в которой выживает часть организмов*".

Третий закон. ***Закон порогового эффекта***: "*При постепенном изменении абиотических факторов популяция способна расширять диапазон толерантности, постепенно приближаясь к некоторому, свойственному каждой популяции, предельному значению, при котором "внезапно" возникает болезненная реакция или фатальный исход*".

Способность организмов адаптироваться к изменению условий обитания (акклиматизация) является их полезным защитным свойством. Однако этот механизм не лишен недостатков: пределы адаптации заранее неизвестны и пороговый предел наступает внезапно, без каких-либо предупреждений.

Четвертый закон носит название *"**Закон лимитирующего фактора**"* и формулируется следующим образом: "*Избыток или недостаток любого абиотического фактора может повлечь за собой ограничение или остановку роста популяции видов в экосистеме, даже если все остальные факторы находятся в диапазоне толерантности для этих видов. Ограничивающий рост популяции видов абиотический фактор называется лимитирующим*". Как правило, лимитирующими факторами наземных экосистем являются вода, температура, питательные вещества. Лимитирующими факторами водных экосистем являются соленость, освещенность, температура и наличие кислорода.

Как правило, при внимательном изучении естественных экосистем обнаруживается нарушение в той или иной степени всех законов, обеспечивающих их устойчивость.

В экосистемах четко взаимодействуют друг с другом продуценты, консументы и редуценты, поглощая и выделяя различные вещества. В этом состоит *первый основной принцип функционирования экосистем: получение ресурсов и избавление от отходов в рамках круговорота всех элементов экосистемы.* Этот принцип гармонирует с законом сохранения массы.

Поток энергии в экосистемах полностью соответствует началам термодинамики. Большая часть солнечной энергии, достигающей поверхности планеты, превращается в тепловую, нагревая воду, почву, от которых, в свою очередь, нагревается воздух. Это тепло является движущей силой круговорота воды, воздушных потоков и океанических течений, определяющих погоду. Однако постепенно оно отдается в космическое пространство, где и теряется. Экосистемы используют лишь небольшую часть солнечного потока энергии. В этом состоит *второй основной принцип функционирования экосистем**: они существуют за*

счет незагрязняющей среду и практически вечной солнечной энергии, количество которой постоянно и избыточно.

Следующий принцип функционирования экосистем связан с соотношениями биомасс популяций. Любую популяцию живых организмов можно рассматривать как биомассу, которая каждый год увеличивается за счет роста и размножения организмов и одновременно сокращается за счет их естественной гибели и потребления консументами. В стабильных экосистемах биомасса остается на постоянном уровне. *Третий основной принцип функционирования экосистем: чем больше биомасса популяции, тем ниже должен быть занимаемый ею уровень*.

В буквальном переводе термин “биосфера” обозначает сферу жизни и в таком смысле он впервые был введен в науку в 1875 г. австрийским геологом и палеонтологом Эдуардом Зюссом (1831 – 1914). Однако задолго до этого под другими названиями, в частности "пространство жизни", "картина природы", "живая оболочка Земли" и т.п., его содержание рассматривалось многими другими естествоиспытателями.

Первоначально под всеми этими терминами подразумевалась только совокупность живых организмов, обитающих на нашей планете, хотя иногда и указывалась их связь с географическими, геологическими и космическими процессами, но при этом скорее обращалось внимание на зависимость живой природы от сил и веществ неорганической природы. Даже автор самого термина "биосфера" Э.Зюсс в своей книге "Лик Земли", опубликованной спустя почти тридцать лет после введения термина (1909 г.), не замечал обратного воздействия биосферы и определял ее как "совокупность организмов, ограниченную в пространстве и во времени и обитающую на поверхности Земли".

Первым из биологов, который ясно указал на огромную роль живых организмов в образовании земной коры, был Ж.Б.Ламарк (1744 – 1829). Он подчеркивал, что все вещества, находящиеся на поверхности земного шара и образующие его кору, сформировались благодаря деятельности живых организмов.

Факты и положения о биосфере накапливались постепенно в связи с развитием ботаники, почвоведения, географии растений и других преимущественно биологических наук, а также геологических дисциплин. Те элементы знания, которые стали необходимыми для понимания биосферы в целом, оказались связанными с возникновением экологии, науки, которая изучает взаимоотношения организмов и окружающей среды. Биосфера является определенной природной системой, а ее существование в первую очередь выражается в круговороте энергии и веществ при участии живых организмов.

Очень важным для понимания биосферы было установление немецким физиологом Пфефером (1845 – 1920) трех способов питания живых организмов:

* автотрофное – построение организма за счет использования веществ неорганической природы;
* гетеротрофное – строение организма за счет использования низкомолекулярных органических соединений;
* миксотрофное – смешанный тип построения организма (автотрофно-гетеротрофный).

Биосфера (в современном понимании) – своеобразная оболочка Земли, содержащая всю совокупность живых организмов и ту часть вещества планеты, которая находится в непрерывном обмене с этими организмами.

Биосфера охватывает нижнюю часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы.

- Атмосфера – наиболее легкая оболочка Земли, которая граничит с космическим пространством; через атмосферу осуществляется обмен вещества и энергии с космосом.

Атмосфера имеет несколько слоев:

* тропосфера – нижний слой, примыкающий к поверхности Земли (высота 9–17 км). В нем сосредоточено около 80% газового состава атмосферы и весь водяной пар;
* стратосфера;
* ноносфера – там "живое вещество" отсутствует.

Преобладающие элементы химического состава атмосферы: N2 (78%), O2 (21%), CO2 (0,03%).

- Гидросфера – водная оболочка Земли. В следствие высокой подвижности вода проникает повсеместно в различные природные образования, даже наиболее чистые атмосферные воды содержат от 10 до 50 мгр/л растворимых веществ.

Преобладающие элементы химического состава гидросферы: Na^{+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Cl^{-}, S, C. Концентрация того или иного элемента в воде еще ничего не говорит о том, насколько он важен для растительных и животных организмов, обитающих в ней. В этом отношении ведущая роль принадлежит N, P, Si, которые усваиваются живыми организмами. Главной особенностью океанической воды является то, что основные ионы характеризуются постоянным соотношением во всем объеме мирового океана.

- Литосфера – внешняя твердая оболочка Земли, состоящая из осадочных и магматических пород. В настоящее время земной корой принято считать верхний слой твердого тела планеты, расположенный выше сейсмической границы Мохоровичича. Поверхностный слой литосферы, в котором осуществляется взаимодействие живой материи с минеральной (неорганической), представляет собой почву. Остатки организмов после разложения переходят в гумус (плодородную часть почвы). Составными частями почвы служат минералы, органические вещества, живые организмы, вода, газы.

Преобладающие элементы химического состава литосферы: O, Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K.

Ведущую роль выполняет кислород, на долю которого приходится половина массы земной коры и 92% ее объема, однако кислород прочно связан с другими элементами в главных породообразующих минералах. Т.о. в количественном отношении земная кора – это "царство" кислорода, химически связанного в ходе геологического развития земной коры.

Постепенно идея о тесной взаимосвязи между живой и неживой природой, об обратном воздействии живых организмов и их систем на окружающие их физические, химические и геологические факторы все настойчивее проникала в сознание ученых и находила реализацию в их конкретных исследованиях. Этому способствовали и перемены, произошедшие в общем подходе естествоиспытателей к изучению природы.

Они все больше убеждались в том, что обособленное исследование явлений и процессов природы с позиций отдельных научных дисциплин оказывается неадекватным. Поэтому на рубеже XIX – XX вв. в науку все шире проникают идеи холистического, или целостного, подхода к изучению природы, которые в наше время сформировались в системный метод ее изучения.

Результаты такого подхода незамедлительно сказались при исследовании общих проблем воздействия биотических, или живых, факторов на абиотические, или физические, условия. Так, оказалось, например, что состав морской воды во многом определяется активностью морских организмов. Растения, живущие на песчаной почве, значительно изменяют ее структуру. Живые организмы контролируют даже состав нашей атмосферы. Число подобных примеров легко увеличить, и все они свидетельствуют о наличии обратной связи между живой и неживой природой, в результате которой живое вещество в значительной мере меняет лик нашей Земли. Таким образом, биосферу нельзя рассматривать в отрыве от неживой природы, от которой она, с одной стороны зависит, а с другой – сама воздействует на нее. Поэтому перед естествоиспытателями возникает задача – конкретно исследовать, каким образом и в какой мере живое вещество влияет на физико-химические и геологические процессы, происходящие на поверхности Земли и в земной коре. Только подобный подход может дать ясное и глубокое представление о концепции биосферы. Такую задачу как раз и поставил перед собой выдающийся российский ученый Владимир Иванович Вернадский (1863 – 1945).

Литература

1. Горелов А.А. Экология: Конспект лекций. – М.: ЮРАЙТ, Высшее образование, 2009. – 192с. – (Хочу все сдать)
2. Коробкин В.И. Экология: учеб. для вузов / В.И.Коробкин, Л.В.Передельский. – 16-е изд., доп. и перераб. – Ростов н/Д: Феникс, 2010. – 602с.: ил. _ (Высшее образование) МО РФ
3. Николайкин Н.И. Экология: учеб. для вузов / Н.И.Николайкин, Н.Е.Николайкина, О.П.Мелехова. - 7-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2009. – 622 с.: ил. – (Высш. образование) МОРФ

Дополнительная литература

1. Вронский В.А. Экология и окружающая среда. Словарь – справочник. М.: МарТ, 2008.
2. Занимательная экология. Интерактивная компьютерная обучающая программа. CD: Экология в рассказах. Основы экологии. География экосистем и экологических катастроф. Тесты: Информационно-справочные материалы. CD
3. Инженерная экология в нефтегазовом комплексе: Учеб. пособ. / Ягафарова Г.Г., Насырова Л.А., Шахова В.А. и др. –Уфа: Нефтегазовое дело, 2007. – 334с.

4. Природа и география России. Большая энциклопедия России. 2007. CD.

РАЗДЕЛ 3. СООБЩЕСТВА И ПОПУЛЯЦИИ

Лекция. Популяция

Популяция — это население вида на определенной территории. Всё географическое пространство, в пределах которого встречается вид, носит название ***ареал.*** Любой ареал неоднороден, особенно если он велик и обширен. Поэтому вид в общих границах своего распространения распределен неравномерно, и в его пространственной структуре выделяются отдельные популяции, населяющие более или менее обособленные территории. И степень обособления отдельных популяций, и занимаемые ими территории или акватории чрезвычайно различны в связи с разнообразием и особенностями видов. У крупных подвижных животных, например волков или лосей, мы выделяем популяции на больших территориях, обособляемых какими-либо географическими границами (например, большими реками, хребтами и т.п.), тогда как для мелких мышевидных грызунов особенности населения могут различаться в пределах соседних биотопов (ельник, березняк, разнотравный луг и др.). Некоторые виды распространены резко мозаично (например, окуни в разных озерах), у других четкую границу между популяциями провести трудно, вид распространен почти повсеместно, но на разных территориях его численность различна.

Численность — основная характеристика популяций. Данные о численности в разных местах расширяют и уточняют наши представления об адаптированности вида к тем или иным условиям среды.

Любая популяция — это не просто сумма особей одного вида. Это сложная надорганизменная система с внутренними связями и свойствами, которые не присущи отдельным составляющим ее организмам.

Что связывает друг с другом представителей одного вида, населяющих общую территорию? Прежде всего, это отношения, связанные с воспроизводством: между представителями разного пола, между родительским и дочерними поколениями. Не менее важна вторая категория отношений — экологические. Они обеспечивают распределение ресурсов. В популяциях разных видов встречаются все типы биотических связей, которые существуют и между представителями разных видов, но наиболее развиты два прямо противоположных варианта: конкуренция и мутуализм. Переплетаясь друг с другом, эти отношения обеспечивают устойчивое существование и воспроизведение вида в конкретных местообитаниях.

Любая популяция очень динамична, в ней постоянно происходят изменения: гибнут от врагов, старости или непогоды отдельные особи, рождаются новые, меняется возрастной состав, происходит расселение или вселение представителей вида с других территорий. Все эти процессы отражаются в ***динамических характеристиках популяций:*** темп роста или убыли численности, рождаемость, смертность, темпы выселения или вселения (эмиграции и иммиграции). В динамических показателях всегда

учитывается время, в течение которого происходят те или иные изменения. Если же мы хотим охарактеризовать состояние популяции в какой-либо определенный момент времени, то прибегаем к ***статическим характеристикам:*** численность, плотность, возрастная и половая структура, распределение в пространстве и т.п. На динамику популяций большое влияние оказывает окружающая среда, т.к. виды существуют в постоянно изменяющихся условиях.

Численность популяции, т.е. суммарное количество особей, определить чаще всего бывает нелегко. Можно пересчитать, например, всех амурских тигров, но сложнее — всех окуней в большом озере, всех мух в окрестностях скотного двора или всех дождевых червей в почве луга. Поэтому в количественной оценке популяций чаще используют такой показатель, как *плотность* — число особей, приходящихся на определенную, условно выбранную, единицу пространства, где их можно с достаточной точностью подсчитать. Плостность популяции дождевых червей, таким образом, — это их число под 1 $м^2$ поверхности почвы; плотность популяции зябликов в лесу — число замеченных птиц на 1 км учетного маршрута; рачков дафний в пруду — их обилие в 1 $дм^3$ воды на определенной глубине и т.п. От плотности популяций существенно зависит и интенсивность внутрипопуляционных отношений.

Описание возрастной и половой структуры популяции носит название *демография* (от греч. слов «демос» — народ и «графос» — пишу, описываю). Необходимость и значение демографических исследований были поняты сначала применительно к человеку. Еще в XVI в. было подробно учтено соотношение жителей Лондона по полу и возрасту, на основании чего оценена скорость роста населения. Это было очень важно для планирования действий по обеспечению жителей продовольствием и водой и созданию соответствующих условий жизни. В современной службе городов строгий учет демографических характеристик населения — необходимое условие для решения основных социальных вопросов: строительства жилья и детских учреждений, пенсионного обеспечения, планирование населения и т.п.

В природных условиях демографические особенности любой популяции во многом определяют ее ближайшее будущее: возможность размножения и способность сопротивления действию неблагоприятных факторов. На разных стадиях развития организмов требования к среде изменяются и иногда очень значительно. Может происходить смена сред обитания, изменение типа питания, характера передвижения,

активности, выносливости к различным погодным условиям и т.п. Особенно резко это выражено у животных с метаморфозом. Достаточно вспомнить гусениц и бабочек чешуекрылых, личинок и имаго майских жуков, головастиков и взрослых лягушек и т.п. Но и у организмов с прямым развитием характер отношений со средой очень сильно зависит от возраста. Как правило, молодые и стареющие особи гораздо чувствительнее к переменам условий. Популяции, в которых преобладают эти возрастные группы, могут резко снижать численность в неблагоприятные периоды.

Половая и возрастная структура популяций зависит от двух главных причин: биологических особенностей вида и конкретных экологических условий его существования. Для многих видов характерна раздельнополость, и популяции состоят соответственно из самцов и самок. Однако есть множество видов, у которых каждая особь гермафродитна, т.е. имеет и женскую, и мужскую половые системы (например, дождевые черви, брюхоногие моллюски, некоторые рыбы, ряд ракообразных). У таких видов экологические условия часто определяют, какая из половых систем будет функционировать нормально, и какое реальное соотношение самцов и самок окажется в популяции. Но и при генетическом разделении полов соотношение 1:1 редко выдерживается. Экологические различия самцов и самок часто приводят к разной их смертности в течение жизни. Например, у антарктических пингвинов к 10 годам жизни на двух самцов остается только одна самка. У некоторых летучих мышей после зимовки доля самок может снижаться до 20%. У других видов, наоборот, более высока гибель самцов (ряд грызунов, утки-кряквы, большая синица и др.). Половая структура популяции, естественно, отражается на возможностях и темпах размножения и роста численности.

Возрастная структура популяций также тесно связана с динамикой их численности. Биологические особенности видов определяют основные три типа такой структуры.

У видов с короткой продолжительностью жизни, высокой плодовитостью и однократным размножением (однолетние растения, многие насекомые, некоторые проходные рыбы) популяции, как правило, *одновозрастные*. Очередное поколение практически одновременно появляется из яиц или семян, более или менее синхронно подрастает, переходит к размножению, после которого отмирает. У таких видов материнское поколение не встречается с дочерним. Например, у всех известных саранчовых перезимовывают яйца, отложенные в почву в «кубышках», а взрослые насекомые к зиме погибают. Так как нежные, только что вышедшие из яиц насекомые наиболее чувствительны к засухе, заморозкам и недостатку корма, то они в массе гибнут при неблагоприятных погодных условиях. Суровые зимы также сказываются на выживании яиц. Поэтому численность популяций саранчовых подвержена резким изменениям в разные годы. Точно так же посевы однолетних растений наиболее уязвимы на стадии всходов. Динамика численности всех видов с упрощенной возрастной структурой популяции отличается резкими флуктуациями и нестабильностью. Периодически такие популяции могут давать очень резкие вспышки численности.

Другой тип возрастной структуры популяций — прямо противоположный: *присутствуют все возрастные группы, одновременно существует несколько поколений*. Члены таких популяций в большей степени отличаются друг от друга по устойчивости к неблагоприятным факторам, действие которых, как правило, приводит к потерям только некоторых особей. Такие популяции характерны для видов с большой продолжительностью жизни и неоднократным размножением (слоны, лошади, большинство птиц, многолетние травы, деревья и т.п.). К этим видам относится и человек. Динамика численности подобных популяций обычно сглажена, без резких колебаний.

Промежуточный характер имеют популяции видов с небольшой продолжительностью жизни, но повторным размножением (например, у мышевидных грызунов). У них *часть сезона популяция почти одновозрастна, а с началом размножения быстро пополняется особями разных возрастных групп* с появлением и дочерних, и внучатых особей. Однако к концу сезона размножение прекращается, и перезимовывают лишь зверьки, родившиеся осенью или в конце лета. Для таких популяций также характерна неустойчивая численность и ее периодические подъемы и спады.

Возрастная структура популяции любого вида подвержена влиянию внешних условий (погоды, врагов и т.п.), что отражается на возможностях размножения и пополнения популяции в ближайшем будущем. Это обстоятельство широко используется для прогноза численности интересующих нас видов, а также человеческого населения. В частности, если в разновозрастной популяции соотношение молодых, взрослых и старых особей отразить в виде расположенных друг над другом прямоугольников, то для растущей популяции они образуют пирамиду с широким основанием и узкой вершиной. В этом случае число молодых особей значительно, а число старых особей — меньше, чем зрелых, и постепенно убывает. При примерном равенстве числа молодых и размножаю- щихся взрослых пирамида отражает стабильную популяцию. Если же ее основание более узкое, чем середина или вершина, популяции грозит в ближайшее время сокращение общей численности. Такие

демографические пирамиды, построенные с разной степенью дробности учета возраста, широко используются в моделях, прогнозирующих структуру

населения государств, регионов и человечества в целом.

Анализ возрастной структуры популяции очень важен для грамотного использования промысловых видов и для защиты редких и исчезающих видов. В рыболовстве для видов с неустойчивой численностью характерны «урожайные» и «неурожайные» годы. У трески, сельди, например, численность мощных поколений может быть в 50—90 раз больше слабых, поэтому очень важно устанавливать и соблюдать квоты на размеры вылавливаемых рыб, чтобы не подорвать возможности восстановления стада (вылавливая в основном «урожайные» поколения).

Многолетние растения проходят разные стадии своего развития — от проростков до генеративных и затем стареющих особей — с неодинаковой скоростью. У ряда видов в популяциях нормально преобладают молодые, у других — зрелые и даже стареющие экземпляры со слабой способностью к семенному воспроизводству. Это зависит от того, сколько времени данный вид растения задерживается на генеративной стадии и как быстро он ее достигает. Например, у ковыля от прорастания семени до полного отмирания всех вегетативных частей проходит несколько десятилетий, иногда — до 100 и более лет. Большую часть этого времени растения проводят в состоянии мощной дерновины, ежегодно возобновляя вегетацию и давая семена, а время от прорастания до первого цветения занимает лишь несколько лет. Нормальный возрастной спектр популяции в данном случае содержит малую долю молодых и большую — зрелых и старых растений. Многочисленным семенам негде прорастать, т.к. место занято родительскими особями, они резервируются в почве, образуя надежный запас, и прорастают при любом освобождении напочвенного покрова, пополняя популяцию. Отклонение от обычного возрастного состава, которое называется *базовым возрастным спектром,* всегда связано с влиянием экологических факторов. Например, при усилении выпаса может происходить омоложение популяции многолетних злаков, т.к. скот разрывает копытами дерновину, освобождая место для прорастающих семян. Но избыток молодых растений делает популяцию неустойчивой, и ее судьба зависит от того, будет ли выпас ослаблен или временно прекращен.

Территория, занимаемая популяцией, содержит ресурсы для жизни. Количество ресурсов, способных поддержать максимально возможную в данных условиях плотность популяции, носит название ***емкость среды.***

Полнота использования ресурсов зависит не только от численности, но и от размещения особей в пространстве. В ходе эволюции у видов выработались разные способы освоения территории, позволяющие поддерживать на ней определенную численность, не создавая угрозы перенаселения. Пространственная структура популяции создается за счет взаимодействия членов популяции, их реакции друг на друга при освоении среды.

Растения занимают среду, пронизывая почву корневой системой и располагая фотосинтезирующие органы на определенной высоте в соответствующем объеме воздуха. Площадь их питания не может быть меньше некоторой определенной величины. В ходе роста они остро конкурируют друг с другом, и в результате на

единице площади остается то количество экземпляров, которое соответствует емкости среды. (Гектар елового леса содержит 600—700 взрослых деревьев, хотя всходы молодых елочек могут исчисляться десятками тысяч.)

Подвижность животных позволяет им иными способами рационально использовать территорию, сочетая элементы конкурентных и взаимовыгодных отношений. У них различают оседлый и кочевой образ жизни. Оседлые животные характеризуются привязанностью к определенному участку местообитания. Эта территориальная привязанность носит название *хоминг,* т.е. чувство дома. Для оседлых животных характерно территориальное поведение, которое включает две составляющие: охрану занимаемого участка и его активное исследование и использование. Участок охраняется от соседей, и таким образом занимаемая популяцией территория оказывается поделенной на отдельные ячейки, достаточные для того, чтобы прокормить отдельную особь или семейную группу. Охрана индивидуальных участков осуществляется по-разному. В крайних проявлениях — это прямые схватки с претендентами, но чаще — ритуальные угрозы, звуковые сигналы или пахучие и визуальные метки, свидетельствующие, что участок занят. В инстинктах животных заложено избегание занятых участков, на чужой территории у них преобладает ориентировочное поведение, а на своей — агрессивное.

Использование ресурсов у территориальных животных носит интенсивный характер. Досконально изучив свой участок, хозяин знает, где и в какое время искать корм, куда спрятаться в случае опасности, как защититься от непогоды, строит гнезда, логова, убежища или систему нор. Оседлость может быть постоянной (сурки, суслики, пищухи и др.) или приуроченной только к периоду размножения (многие птицы, некоторые рыбы и др.).

В территориальном поведении присутствуют элементы конкуренции. Однако соседи связаны и мутуалистическими отношениями. Они проявляются в оповещении друг друга о замеченной опасности, в объединении против общего врага. В популяции постоянен поток информации о местопребывании отдельных особей, о занятости территории. К ним добавляются сигналы тревоги, реакции испуга, половые призывы. Стереотипы поведения животных направлены на поиск и поддержание контактов с себе подобными. Если численность популяции низка и вокруг много свободного пространства, животные не селятся поодиночке, а выбирают участки, расположенные по соседству. Та сумма информации, которую они получают друг о друге, получила название *биологическое сигнальное поле.*

Максимальный размер участка определяется не только его кормнос- тью, но и возможностями ориентироваться на поведение соседей. На границах индивидуальных участков, например, у сусликов, часто имеются нейтральные зоны, где соседи общаются друг с другом без агрессии, а молодые могут играть друг с другом.

Площадь индивидуальной территории может меняться в зависимости от плотности популяции и урожайности года, но существуют минимальные пределы, необходимые для выживания хозяев. Те особи, которым не достались участки, расселяются на другие, менее удобные, территории или не приступают к размножению.

Альтернативный тип использования пространства — *кочевой образ жизни.* Животные передвигаются по достаточно обширной территории, меняя места обитания и собирая пищевые ресурсы. Это экстенсивный способ освоения среды. Он снимает зависимость от недостатка кормов на отдельных участках. Однако такой образ жизни усиливает опасность гибели от врагов или других неожиданных обстоятельств и оказывается не под силу одиночным особям. Животные кочуют только группами (слоны, копытные, дельфины, павианы и др.). В группах устанавливаются определенные отношения, выявляются лидеры или вожаки, которым подражают или подчиняются другие особи, осуществляется защита детенышей. Группа использует опыт и силу наиболее полноценных своих членов и действует как целое. В стаи без вожаков животных (рыб, насекомых) объединяет подражательное поведение и система информационных сигналов. Отношения животных в группах (стадах, стаях, колониях) имеют характер социальных связей, они также представляют собой переплетение конкуренции и мутуализма.

Животные кочуют в пределах определенных территорий, возвращаясь на прежние места по мере восстановления там кормовых запасов. Для зебр в саваннах Африки кочевые территории в среднем составляют пространство в 400 км^2 (20х20 км), а для северных оленей маршруты кочевок могут быть протяженностью до 1000 км, от тундр на побережье Ледовитого океана до полосы лесотундры или северной тайги. Маршруты эти постоянны и в настоящее время часто нарушаются строительством промышленных сооружений (нефте- и газопроводов, автомобильных трасс и т.п.). Отклонения от привычных маршрутов приводят к недокорму и голодовкам животных, нанося существенный урон промысловому оленеводству.

У животных, проводящих всю жизнь в стадах, стаях, колониях или скоплениях, существует выраженный *эффект группы*. Физиологическое состояние отдельного животного резко ухудшается, если оно вынуждено существовать в одиночку или с малым числом сородичей. Колониальные птицы, если, например, их число невелико, не приступают к размножению после разорения птичьего базара. Рыбы стайных видов (например, сельди) не питаются даже при обилии корма, если вокруг нет сородичей. У муравьев, пчел, отселенных от общины, резко сокращается продолжительность жизни и угасают некоторые важные инстинкты даже в оптимальных, с физической точки зрения, условиях.

Необходимость существования в группе сильно осложняет возможности восстановления вымирающих видов. С ней необходимо считаться и в животноводстве, и при охране промысловых животных. Этот же эффект приходится учитывать и при борьбе с вредителями. Например, если кладки яиц сибирского шелкопряда сохраняются почти полностью из-за низкой активности естественных врагов, гусеницы развиваются группами вдвое быстрее, чем поодиночке, и гораздо более прожорливы.

Расселение — одна из важнейших функций любого вида. Попадая на новые, еще не освоенные территории, небольшое количество особей, в случае успешного размножения, основывают новые популяции.

Рост популяций у любых видов, от бактерий до человека, имеет общие закономерности. Теоретически численность любого вида может расти бесконечно в силу того, что размножение обычно происходит в геометрической прогрессии. Число

потомков, которое может оставить после себя одна особь, носит название ***биотический потенциал вида.*** Потомков может быть всего два, как при простом делении клетки надвое (бактерии, амебы, инфузории), а может быть — сотни миллионов (количество икринок, откладываемых за жизнь рядом плодовитых рыб, число мелких семян у многих древесных растений и т.п.). Но даже при простом удвоении за поколение кривая численности популяции носит характер экспоненты, т.е. быстро взмывает вверх, в бесконечность. У амеб или бактерий геометрическая прогрессия размножения может дать уже через 20 делений из одной клетки — более миллиона особей, и по подсчетам превысить массу земной коры всего за полтора-двое суток. Такой мощный потенциал размножения, которым обладают живые существа, никогда не реализуется полностью прежде всего из-за нехватки ресурсов, которые для любого вида на планете имеют пределы, а в конкретных местообитаниях соответствуют емкости среды.

Кривая численности популяции в новых для нее условиях сначала поднимается вверх, а затем тормозится на определенном уровне и колеблется около него, отражая влияние различных факторов. В математике рост популяции отражается так называемыми логистическими уравнениями, показывающими, что с увеличением численности популяции скорость прироста замедляется, приближаясь к нулю, и кривая поворачивает параллельно горизонтальной оси. Так растут культуры бактерий в пробирках, завезенные на поле сорняки, стада разводимых сельскохозяйственных животных, население вновь осваиваемых районов и в целом все человечество на планете.

Сдерживание роста популяций в природе происходит в результате действия целого ряда факторов. Их делят на две принципиально различные категории: модификаторы и регуляторы. ***Факторы-модификаторы*** воздействуют на численность популяции односторонне, сами не испытывая никакого влияния с ее стороны. Это прежде всего — абиотические явления: засухи, проливные дожди, наводнения, бури, низкие температуры и т.п. Все знают, насколько зависят урожаи культурных растений от таких явлений и как экстремальные ситуации усложняют выживаемость не только диких животных, но и людей. Метеорологические прогнозы очень важны и для сельского хозяйства, и для медицины. Рост и плодовитость особей подчиняется правилу оптимума, поэтому все отклонения от него изменяют (модифицируют) численность популяций в сторону уменьшения, а приближение к оптимуму стимулирует увеличение численности.

Факторы-регуляторы не только влияют на численность популяций, но и сами изменяют силу своего действия в зависимости от ее плотности. С падением численности воздействие регуляторов ослабевает, с возрастанием — усиливается. Возникает так называемая *отрицательная обратная связь,* которая способна сдерживать рост популяции. Следует отметить, что чрезмерный, неконтролируемый, рост численности в конечном итоге губителен для любого вида, т.к. может полностью истощить и подорвать ресурсы среды. В эволюции возникло множество механизмов регулирования размножаемости видов.

Факторы регуляторы в природе делятся на две группы: биоценоти- ческие и внутривидовые (популяционные). **Биоценотические регуляторы численности**

отдельных популяций — это враги: хищники, паразиты, возбудители болезней, а также конкуренты из числа других видов. С увеличением плотности популяций сила их действия возрастает, а при низкой плотности — ослабевает. Хищники переключаются на более доступную добычу, а распространение паразитов от одного хозяина к другому затрудняется. Пресс врагов и конкурентов — мощные силы сдерживания роста популяций. Например, при плодовитости взрослой трески до 10 млн икринок за один нерест до взрослого состояния в лучшем случае доживают одна или несколько особей. Меньшая часть икринок и мальков гибнет под влиянием абиотических факторов, а бульшая — поедается разного рода фильтраторами, мелкими и крупными хищниками. Паразиты присутствуют в популяциях рыб в большом количестве и разнообразии, снижая их плодовитость и выживаемость. Среди врагов сибирского шелкопряда, способного оголять хвойные леса, наиболее эффективные биоценотические регуляторы — мелкие перепончатокрылые насекомые, паразиты-яйцееды. Они уничтожают до 95% яиц в кладках шелкопряда. Гусеницы и взрослые бабочки также испытывают пресс хищников. В период активности регуляторов вспышек численности шелкопряда не происходит.

Наши предки-собиратели также страдали от хищников, в основном, от крупных кошачьих: леопардов, львов и др. Для современного человека этот фактор практически полностью устранен, а успешную борьбу с паразитами и инфекционными заболеваниями ведет медицина.

Внутривидовые (популяционные) механизмы регуляции имеются практически у всех видов, они действуют наряду с биоценотическими, межвидовыми и выступают на первый план у тех видов, у которых в природе мало естественных врагов. Они поддерживают гомеостаз — примерное постоянство численности популяций, препятствуя ее (численности) чрезмерному увеличению. Разные по экологии и биологии виды сильно различаются по способам саморегуляции.

У растений, не способных менять свое местопребывание, возникает острая конкуренция за площадь питания и свет, в результате сильные особи губят слабых, перехватывая средства существования. Происходит самоиз- реживание, которое в конечном счете идет на пользу виду, поскольку сохраняются генетически и физиологически более полноценные особи.

Другой способ торможения роста численности — отравление среды продуктами обмена веществ, которые ингибируют (подавляют) размножение. Он развивается у видов, населяющих относительно замкнутое пространство, где возможно накопление таких веществ: в культурах бактерий, у рыб и земноводных в непроточных водоемах, у насекомых — вредителей запасов зерна и т.п. В биотехнологиях, основанных на выращивании одноклеточных и мелких организмов в водных растворах, их продукция резко повышается при создании проточных условий. В аквариумах рыбы не растут, если их поместить в воду, где до этого было много рыб того же вида.

Наиболее распространенный и эффективный способ поддержания популяционного гомеостаза у животных — их *территориальное поведение.* Этот способ регуляции плотности населения имеется в самых разных группах: у млекопитающих, птиц, рептилий, ряда рыб, у пауков, многих насекомых (особенно с общественным, социальным, образом жизни — муравьев, пчел, термитов). Защита и

охрана индивидуальных и семейных участков не позволяет возникнуть избытку особей, угрожающему подрывом общих ресурсов.

Миграции и расселение животных — также распространенный способ снятия угрозы перенаселенности. Инстинкты миграции усиливаются при увеличении плотности популяции. Наиболее яркий пример — норвежские лемминги, которые в годы вспышек численности сплошным потоком начинают переселяться из мест рождения, преодолевая различные преграды и в массе погибая. Еще более впечатляющи миграции стадной саранчи на сотни и тысячи километров. Насекомые образуют тучи в тысячи тонн суммарного веса, поедают на своем пути всю растительность, губят урожаи, но и сами обречены на гибель, т.к. в местах оседания, как правило, не находят условий для размножения. Образование перелетных стай — это реакция саранчи на увеличение плотности своего вида в местах постоянного обитания. При этом меняется физиологическое и гормональное состояние особей, характер поведения, проявляющиеся инстинкты и даже внешний облик. Насекомые переходят через ряд линек из так называемой одиночной фазы в стадную, собираются вместе и улетают, разреживая оставшуюся часть популяции.

Повышение плотности популяции изменяет поведение, снижает плодовитость и увеличивает смертность у многих групп животных. У млекопитающих при переуплотнении населения возникает стресс-реакция — нервно-гормональные изменения в организме, блокирующие размножение. Эти изменения обратимы, при уменьшении численности состояние животных вновь нормализуется.

Таким образом, внутрипопуляционные способы регуляции численности, сформированные естественным отбором, очень разнообразны у различных видов, но приводят к сходным результатам — предотвращению полного подрыва ресурсов и сохранению вида на данной территории. Они представляют собой реакцию на повышающуюся плотность населения и проявляются до того, как произойдет исчерпание емкости среды.

Как биоценотические, так и популяционные механизмы регуляции при повышении плотности популяции могут включаться быстро, но могут и запаздывать, проявляя инерцию. Например, размножение хищников вслед за размножением жертв — всегда запаздывающий процесс. Изменение плодовитости также сказывается на численности популяции не сразу, а только в следующем поколении. Поэтому, несмотря на многочисленные регуляторные связи, популяции на некоторый период могут выходить из-под действия регуляторных механизмов — тогда происходят вспышки численности. На эту динамику накладывается также влияние односторонне действующих, модифицирующих факторов. Поэтому численность популяций всегда варьирует, более или менее отклоняясь от средней.

Различают три основных типа динамики численности популяций: *стабильный, флуктуирующий и взрывной*. В первом случае виды находятся под влиянием эффективных регуляторов, и колебания численности не превышают нескольких крат. Во втором случае размах колебаний выше — на порядок величин, но преобладают безынерционные регуляторные механизмы, быстро снижающие повышенную плотность населения. Взрывной ход численности характерен для видов, у которых регуляторные механизмы обладают запаздывающим действием. Размах колебаний чис-

ленности может при этом достигать двух, а иногда и трех порядков величин (лемминги, сибирский и непарный шелкопряды, луговой мотылек и др.).

Антропогенное влияние на динамику численности видов чаще всего выражается в нарушении регуляторных механизмов. Изменяя биотопы и обедняя сообщества, человек, чаще всего неосознанно, снимает заслоны, стоящие на пути размножения многих видов. Если исчезают враги, паразиты и конкуренты, нарушаются территориальные связи, динамика вида из стабильной может превратиться во взрывную. Возникают проблемы вредителей леса, сельского хозяйства и различных запасов, проблемы распространения инфекций и т.п.

Демографические проблемы весьма актуальны и для современного человечества. Последние 200 лет характеризуются таким ростом населения Земли, что он получил название *демографический взрыв.* За это время численность людей увеличилась в 6 раз и в настоящее время приближается к 7 млрд человек. В эпоху собирательства, по всей вероятности, численность человечества составляла не более 50 млн, а к началу нашей эры не превышала 300 млн. Увеличение емкости среды было обусловлено развитием цивилизации. Основными ограничителями плотности населения древних людей были недостаток пищи и малая продолжительность жизни, которая не охватывала всего репродуктивного периода. Первое значительное увеличение емкости среды для людей произошло 8—12 тыс. лет назад в связи с переходом от собирательства и охоты к производящему хозяйству — выращиванию растений и животноводству *(неолитическаяреволюция).* Следующий значительный подъем численности был связан с промышленной революцией XVIII в., когда труд людей был облегчен и интенсифицирован использованием машинной техники и горючих ископаемых. К концу этого века на Земле насчитывалось уже 800 млн человек. После научно-технической революции XIX в. успехи медицины и улучшение условий жизни снизили смертность, и средняя продолжительность жизни впервые охватила весь репродуктивный период. Рождаемость продолжала оставаться высокой, темпы прироста населения возросли.

Об угрозе перенаселенности Земли впервые заговорил английский пастор Томас Мальтус в конце XVIII в., предрекая грядущие катастрофы. Однако по-настоящему обеспокоенность этой проблемой охватила общественность в 60-е гг. XX в., когда стало ясно, что численность людей растет угрожающими темпами и мир приближается к исчерпанию ресурсов и тотальному загрязнению. Возникла Международная программа планирования семьи, пропагандирующая сокращение рождаемости, которая достаточно жестко проводилась в жизнь в наиболее населенных странах — Китае и Индии. Компьютерные прогнозы развития человечества, обнародованные Денисом и Донеллой Медоузами в 1972 г. на Стокгольмской международной конференции по состоянию окружающей среды, предрекали всеобщую экологическую катастрофу через считанные десятилетия. Эта угроза продолжает оставаться реальной и в наше время. Однако в темпах прироста населения наметились некоторые изменения. Численность человечества продолжает расти, но уже несколько замедляется. Темпы прироста достигали максимальных величин в 1970-е гг. — 2,06% за год, в 2000 г. они составляли 1,35%, в 2005 — 1,22%. Кривая демографического роста постепенно приближается к логистической, что является закономерным результатом для всех растущих популяций.

По расчетам, численность человечества может стабилизироваться в XXII в. на уровне 10—11 млрд человек. При этом изменится соотношение численности народов мира. Демографические процессы должны характеризоваться низкой рождаемостью и низкой смертностью при увеличении продолжительности жизни.

Природа Земли сможет прокормить такое количество людей, но только при условии рационального, экологически грамотного хозяйствования, более справедливого социального распределения пищевых и прочих ресурсов и повышения образованности населения. За осуществление этих условий предстоит сложная и напряженная социальная борьба и в отдельных странах, и в целом мировом сообществе.

Лекция. Биотические связи организмов в биоценозах

Биотическая среда — это все то живое окружение любого организма, с которым связано и от которого зависит его существование. Сумму воздействий организмов друг на друга называют **биотическими факторами среды.**

Связи между живыми существами чрезвычайно разнообразны, так же как и их последствия. Они бывают прямыми и косвенными, так как осуществляются либо при непосредственном контакте особей, либо через влияние на другие виды или на среду обитания. Наиболее распространена формальная классификация этих связей, в основу которой положена оценка результата взаимодействия двух особей. Результат для каждой из них оценивается как положительный (+), отрицательный (—) или нейтральный (0). Попарное сочетание трех возможных значений дает шесть вариантов отношений, которые по-разному распространены в органическом мире.

1.Отношения типа хищник—жертва, паразит—хозяин и другие пищевые связи, когда один организм питается за счет другого. Здесь одна из взаимодействующих особей проигрывает, а другая выигрывает — (+/—).

2.Конкуренция — отношения, при которых каждая из взаимодействующих особей выиграла бы при отсутствии другой — (—/—).

3.Мутуализм — взаимовыгодные связи, наиболее яркое проявление которых представляет ***симбиоз*** — постоянное тесное сожительство особей с пользой для каждой из них — (+/+).

Эти три варианта биотических связей — двусторонние, значимые для каждого из двух организмов. Следующие два — односторонние.

4.Комменсализм — отношения, когда один из партнеров выигрывает, а второму эта связь безразлична — (+/0).

5.Аменсализм — неблагоприятное воздействие одной особи на другую без каких-либо последствий для себя — (—/0).

6.Нейтрализм — практическое отсутствие прямых отношений и совместное существование за счет многоэтапных косвенных связей — (0/0).

Биотические связи лежат в основе возникновения в природе над- организменных систем — биоценозов. Виды не могут существовать по отдельности, они живут только в таких объединениях, где связи с другими видами обеспечивают им получение пищевых ресурсов, возможности размножения и защиты. Вводя в науку понятие «биоценоз»,

немецкий гидробиолог Карл Мебиус в 1877 г. писал: «Наука, однако, не имеет слова... для обозначения сообщества, в котором сумма видов и особей, постоянно ограничиваемая и подвергающаяся отбору под влиянием условий жизни благодаря размножению, непрерывно владеет некоторой определенной территорией. Я предлагаю термин «биоценоз» для такого сообщества. Всякое изменение в каком-либо из факторов биоценоза вызывает изменения в других факторах последнего».

Таким образом, биоценоз представляет закономерное сожительство разных видов на определенном участке среды. Место, занимаемое в пространстве каждым отдельным биоценозом, получило название *биотоп*. Биотопы характеризуются определенным набором условий, к которым приспособлены все члены сообщества. Биоценозы представляют структурные единицы живой природы, своего рода ячейки, на которые делится весь органический мир Земли. Размеры биоценозов различны. Их ограничивают внешние условия среды, а не внутренние причины, как это характерно для организмов, размеры которых определяются генетической программой. Сообщество сфагнового болота может, например, занимать клочок земли в несколько квадратных метров, а может простираться до горизонта. Соседствующие биоценозы могут быть довольно четко разграничены в пространстве, но чаще постепенно переходят друг в друга. Иногда границы между ними трудноуловимы. Виды, входящие в состав природных биоценозов, приспособлены к совместной жизни, однако любой из них может быть заменен другим, сходным по экологии.

Понимание законов функционирования биоценозов очень важно в практической деятельности человека. Мы эксплуатируем всё природное сообщество даже в том случае, когда интересуемся лишь отдельными представленными в нем видами, так как изменение численности любого из них сказывается на других. Возникают так называемые цепные реакции, и часто результат воздействия на биоценоз оказывается прямо противоположным
ожидаемому. Например, в прибрежных водах Берингова моря с начала 1990-х гг. почти в 10 раз сократилась численность охраняемого вида — калана. Исследования показали, что на них стали активно охотиться хищные дельфины — касатки, которые раньше добывали преимущественно сивучей и нерпу. Причиной переключения касаток на новую добычу стало сокращение численности питающихся рыбой ластоногих в результате перевылова человеком минтая и других видов рыб в этом районе моря. Падение численности каланов, в свою очередь, послужило причиной резкого возрастания численности их жертв — морских ежей, поедающих бурые водоросли. В результате заросли бурых водорослей, дающих приют многим видам морских животных и защищающих берега от размыва, уменьшились за 10 лет в 12 раз.

Пищевые отношения, или трофические связи, играют в функционировании биоценозов главную роль. Через них организмы получают энергию для своего существования, и они же служат важными регуляторами численности видов. *Формы трофических связей* многообразны: типичное хищничество, паразитизм, собирательство, пастьба.

Истинных хищников отличает специализированное охотничье поведение, они тратят много энергии на добычу своих жертв.

Собиратели питаются мелкой многочисленной добычей, не способной убегать или оказывать сопротивление, и основную часть энергии тратят на поиск корма. Своеобразной формой собирательства служит фильтрация у водных животных и детритофагия у ряда обитателей ила и почвы — они пропускают через кишечник окружающий их субстрат, из которого перевариваются только подходящие органические частицы.

При пастьбе обычно корма вокруг оказывается достаточно, однако он отличается низкой питательностью, и основные усилия животные тратят на захват больших количеств пищи и ее усвоение, как например, коровы на лугу.

Паразиты окружены избытком пищевых ресурсов, используя хозяина не только как источник пищи, но и как место обитания.

Растения за счет фотосинтеза сами создают органические соединения, значительную часть которых затем используют для поддержания собственной жизнедеятельности.

Трофические связи пронизывают любой биоценоз и всю живую природу в целом. Сообщества составляют только те виды, которые могут найти в них свои пищевые ресурсы. Даже растения, сами синтезирующие органическое вещество, находятся в косвенных трофических связях с многочисленными микроорганизмами и животными, высвобождающими для них элементы минерального питания из мертвого опада или переводящими в доступные соединения азот воздуха.

Трофические связи в биоценозах определяют и направления эволюции взаимодействующих видов. У хищников, например, естественный отбор совершенствует органы чувств и нервную систему, координацию движений, мускульную силу, охотничьи инстинкты, т.е. все те признаки, которые обеспечивают успешную охоту. Их жертвы также эволюционируют, т.к. выживают только те, кто быстрее заметит опасность, быстрее бегает или летает, успеет вовремя спрятаться и т.п. Хищники в известной мере являются и санитарами, т.к. в основном ловят ослабленных или больных особей, тогда как поймать здоровых и полноценных им часто не под силу.

Собирательство, как способ питания, приводит к совсем иным эволюционным результатам. Сохраняются или не поедаются только те особи жертв (насекомые, моллюски, семена и т.п.), которых потребители не смогли заметить или они оказались неудобными для сбора. Таким образом, идет отбор на развитие покровительственной окраски, инстинкта затаивания, формирование различных выростов, шипов, колючек и других признаков, помогающих видам избегать чрезмерного пресса собирателей. В этом случае направление эволюции — специализация, а не общий морфофизиологический прогресс.

Трофические связи в природе стоят многоступенчатым заслоном на пути чрезмерного увеличения численности отдельных видов. Непомерное размножение чревато большими опасностями для любого вида, т.к. грозит подрывом всех ресурсов. В реакции хищников на рост численности видов, являющихся их добычей, различаются две составляющие: функциональная и количественная. Функциональная реакция заключается в том, что каждый хищник начинает «лучше питаться», т.е. добывать большое число жертв. Однако съесть больше определенного предела он не может,

поэтому если жертвы в благоприятных условиях размножаются слишком быстро, хищники уже не регулируют их численность. Но через некоторое время следует количественная реакция — увеличение числа самих хищников за счет успешного размножения при наличии хорошей кормовой базы. Это приводит к возрастанию потребления жертв уже в геометрической прогрессии. Поэтому после некоторого всплеска численности жертвы вновь попадают под регулирующее воздействие потребителей.

Изучение растительноядных насекомых в естественных биоценозах выявляет целую систему трофических связей, сдерживающих рост их численности. Так, при умеренном размножении вида это осуществляют многоядные хищники, потребляющие «избыток» особей. При усиленном размножении фитофагов в благоприятных условиях хищники уже не справляются с ограничением их числа, зато преимущество получают мелкие паразитические насекомые-яйцееды, специализированные по видам хозяев. Им становится легче отыскивать их яйца и заражать своими. Паразиты могут тем самым резко понизить численность вредителя. При очень бурном размножении фитофагов, когда с ограничением роста их численности не справляются ни многоядные хищники, ни специализированные паразиты, высокая численность объектов-хозяев облегчает распространение других потребителей — возбудителей бактериальных и вирусных инфекций. Возникают эпидемии, и численность вида резко падает.

Знание этих закономерностей имеет большое практическое значение. Например, после освоения целины в 1950-х гг. вредители пшеницы (в основном зерновая совка) настолько размножились на огромных территориях, что полностью свели на нет все усилия по получению урожая. На химическую борьбу с ними требовались огромные средства: железнодорожные составы ядохимикатов и трудовые затраты, а итогом, кроме убытков, стало бы сильное загрязнение среды. Энтомологи выяснили, что на вспаханной целине не хватало естественных врагов этих вредителей (хищных жуков, паразитов), и спрогнозировали их количественную реакцию на ближайшие годы. Прогноз оправдался, численность вредителей вскоре пошла на убыль естественным путем, что сберегло и ресурсы, и здоровье людей.

Урожаи наших полей, садов и огородов во многом определяются трофическими связями населяющих их насекомых и других обитателей. Биологические методы борьбы с вредителями основаны на усилении активности их естественных потребителей. В лабораториях по защите растений специально разводят крохотных паразитических перепончатокрылых — трихограмм, теленомусов и др. и выпускают на поля и в сады, где они откладывают свои яйца в яйца насекомых-вредителей, не допуская массового размножения последних. Известно много успешных примеров подавления вспышек численности завезенных видов путем интродукции их врагов из естественных мест обитания. В практике борьбы с насекомыми-вредителями используют и бактериально-вирусные препараты. Таким образом, трофические связи — это эффективный механизм поддержания устойчивости биоценозов.

Хищники в природе редко приводят к полному уничтожению вида животных, которыми питаются. При низкой их численности они переключаются на другую, более доступную добычу, поскольку поиск прежней становится энергетически невыгодным. Снижение пресса хищничества позволяет виду возобновиться. С экологической точки зрения человек выступает хищником по отношению к промысловым видам. Но в

промысловой практике, в отличие от естественно складывающихся в природе отношений, часто господствует стремление добывать вид «до последнего». Так были уничтожены стеллеровы коровы, странствующие голуби, бизоны американских прерий, подорвана численность китов, многих видов рыб и других промысловых животных. Поэтому международные запреты на вылов и добычу ряда исчезающих видов — абсолютно необходимая и экологически грамотная мера, направленная на восстановление их численности.

Живая природа пронизана и другими типами связей — взаимно положительными, или ***мутуалистическими.*** Они особенно развиты между представителями разных царств. Широко известен тип связи растений с грибами — микориза. При *эктомикоризе* гифы грибов, оплетая корни растений, заменяют им корневые волоски и более успешно всасывают воду и минеральные соли, получая взамен синтезированные растениями сахара. Грибы способствуют также азотному питанию растений, разлагая гумусовые вещества. Эктомикориза известна для 5 тыс. видов растений и 5 тыс. видов грибов. Целый ряд растений, таких как орхидные и вересковые, вообще не могут развиваться без содружества с грибами.

При *эндомикоризе* грибные гифы частично проникают внутрь корня, в межклеточные пространства и клетки. Эндомикоризу образуют более 100 видов грибов с 225 тыс. видов растений. Последние сохраняют при этом корневые волоски, но лучше растут и развиваются, чем в отсутствие грибов, а те, в свою очередь, не могут образовывать плодовые тела без связи с корнями. Так например, попытки выращивать в чистой культуре ценные белые грибы оканчивались неудачей именно по этой причине. Белые грибы образуют микоризу со многими видами деревьев: дубом, березой, сосной, буком и др. При разведении леса в степных районах рекомендуется с корнями саженцев привносить некоторое количество лесной почвы, содержащей необходимый деревьям грибной мицелий.

Другой широко распространенный вариант мутуалистических отношений растений — их симбиотические связи с азотфиксирующими бактериями. На корнях всех бобовых и многих представителей других семейств развиваются клубеньки, содержащие бактерии, способные связывать молекулярный азот почвенного воздуха и переводить его в соединения, доступные для усвоения растениями, которые, в свою очередь, снабжают бактерии глюкозой. Выращивание и запашка бобовых — лучший способ обогащения почв азотом, что и применяется в сельском хозяйстве.

Хрестоматийный пример симбиоза грибов и водорослей представляют лишайники, которых в природе насчитывается свыше 20 тыс. видов. В их образовании принимают участие представители 28 родов водорослей, в том числе и прокариотических синезеленых (цианобактерий), и трех классов грибов.

Микроорганизмы вступают в симбиоз не только с растениями, но и с животными, и друг с другом. У животных, особенно травоядных, они часто являются необходимыми участниками переваривания пищи. Большинство животных не обладают ферментами, разлагающими клетчатку, и в этом им помогает обильная микрофлора, населяющая пищеварительный тракт. Термиты, гроза всех материалов, содержащих целлюлозу, погибают от голода при изобилии пищи, если им стерилизовать кишечник, где обитает целый комплекс видов бактерий и жгутиковых простейших. У жвачных

копытных (например, у коров), в одном из отделов желудка — рубце — содержится несколько килограммов бактерий и простейших. Кишечные бактерии могут служить также дополнительным поставщиком незаменимых аминокислот и витаминов. Например, у кроликов они усиленно размножаются на остатках пищи в слепой кишке, и животные периодически слизывают эти выделения (так называемый мягкий кал) из анального отверстия.

Симбионты кишечного тракта помогают в переваривании не только клетчатки, но и белковых компонентов пищи. Без них пиявки, например, не могут усваивать кровь своих жертв.

Кишечная микрофлора играет важную роль и в поддержании здоровья человека. Ее угнетение, например, в результате длительного применения антибиотиков, вызывает расстройство пищеварительной системы. Таким больным, так же как и новорожденным, показаны молочные продукты, специально обогащенные молочнокислыми и бифидобактериями.

В морях и пресных водоемах широко распространен симбиоз сидячих и малоподвижных животных с одноклеточными водорослями — зооксан- теллами и зоохлореллами. Тела коралловых полипов буквально нашпигованы их фотосинтезирующими клетками, и кораллы могут на 60—70% обеспечивать себя пищей за счет симбионтов, предоставляя, в свою очередь, для них защиту от фильтраторов и продукты азотистого обмена.

Мутуалистические связи могут осуществляться и без обязательного физического сожительства особей. Между растениями и животными эти связи определяют даже сопряженную эволюцию (этот процесс называют *коэволюцией).* Таковы отношения между цветковыми растениями и их опылителями или распространителями семян и плодов. Им мы обязаны многоцветием современного растительного мира. Нектар, сочные плоды и ягоды возникли для привлечения насекомых, птиц и других животных. Например, дрозды, поедая ягоды рябины, черемухи и других растений, разносят их неперевариваемые семена, которые попадают на землю вместе с пометом. Сойки, кедровки, бурундуки и другие животные, делающие запасы орехов и желудей на зиму, закапывая их в лесную подстилку, по сути, рассаживают свои кормовые деревья, поскольку их инстинкты направлены на создание таких запасов в избытке. Мутуалистические связи возникают и между отдельными видами в пределах царства животных: рыбы — «чистильщики» других рыб; муравьи — защищающие колонии тлей и питающиеся их падью, и т.п.

Этот список можно продолжать очень долго, поскольку положительные связи поддерживают жизнь и эволюцию многих видов и широко развиты в биоценозах. В широком смысле слова мутуалистическими являются и те связи, которые поддерживают биологический круговорот веществ: одни виды осуществляют фотосинтез, утилизируя углекислый газ и освобождая кислород, другие — потребляют кислород и выделяют углекислый газ, разлагая органические вещества.

Конкуренция — прямо противоположный, взаимно невыгодный тип отношений, играет, тем не менее, очень важную роль в организации биоценозов. Конкуренция возникает в тех случаях, когда разные организмы существуют за счет общего ресурса,

количество которого ограничено. Отсутствие одного из таких организмов благоприятно скажется на состоянии другого.

В 30-х годах прошедшего века были выявлены основные возможные последствия конкуренции. Советский ученый Г.Ф. Гаузе на основе своих исследований совместного и раздельного выращивания двух видов инфузорий-туфелек, сформулировал одно из главных экологических правил: «Два конкурирующих вида вместе не уживаются». Позднее это правило получило название **закона конкурентного исключения,** т.к. было подтверждено многочисленными наблюдениями и опытами с другими видами. В опытах Г.Ф. Гаузе каждый из видов туфелек успешно размножался в пробирках с сенным настоем, питаясь бактериями — сенной палочкой, но если два вида помещали вместе, один из них, начав размножаться, затем постепенно снижал свою численность и наконец исчезал из раствора. При замене сенного настоя взвесью дрожжей картина повторялась, но «побеждал» другой вид туфелек. Эти и многие другие опыты показали также, что конкурентная способность вида зависит от конкретных условий, при изменении которых она может ослабевать или усиливаться. В конкурентных отношениях особи конкурирующих видов могут активно подавлять друг друга, но могут сохранять и совершенно нейтральные отношения. Успех конкуренции при таком «мирном сожительстве» определяется скоростью размножения: более успешный в этом отношении вид, быстрее наращивая численность, рано или поздно перехватит все ресурсы у другого.

Конкуренция, таким образом, является одним из главных механизмов подбора видов в биоценозах. Вместе уживаются только те виды, которые какими-либо путями хотя бы частично избегают конкуренции с соседями или смягчают ее. У растений это достигается расположением листвы в разных ярусах, корневой системы на разной глубине, смещением сроков цветения и плодоношения, разной потребностью в определенных элементах, мозаичностью распределения в пространстве. Из-за прикрепленного образа жизни конкуренция у растений выражена более остро: они затеняют и вытесняют друг друга, перехватывают элементы питания и воду. Это наглядно проявляется, например, на полях, в садах и огородах во взаимоотношениях культурных и сорных видов. Животные, в силу своей подвижности, более разнообразны в способах разграничения ресурсов. Они избегают острой конкуренции, специализируясь по объектам питания, месту и времени сбора кормов, местам размножения, распределению в пространстве и т.п.

Совместно живущие виды, близкие по своим потребностям, «размежевываясь» по возможности, тем не менее находятся в состоянии скрытой конкуренции. Каждый вид в биоценозе сохраняет потенции расширить захват ресурсов при ослаблении позиций соседних видов. Это явление получило название *конкурентного высвобождения.* Оно наглядно проявляется при удалении каких-либо членов биоценоза из его состава. Например, в практике охраны леса иногда крупные насыпные гнезда рыжего лесного муравья вместе с их обитателями переносят на нарушенную территорию, где муравьев не хватает. Освободившиеся охотничьи участки тут же захватывают муравьи других видов, которые раньше, казалось бы, не конкурировали с рыжим лесным, используя другую территории и потребляя другую добычу. Численность их семей через некоторое время заметно возрастает. Тот же эффект можно наблюдать на ограниченной площадке в лесу, если со всех сторон обрубить проника-

ющие на нее корни елей. Через короткий срок травы на этой площадке примут более густой зеленый цвет, поскольку им достанется больше азота, потребляемого раньше елью. Это частичное перекрывание потребностей, или *скрытая конкуренция,* — также один из механизмов устойчивости биоценозов. В случае ослабления позиций одного вида его функции начинают выполнять другие.

Поскольку в природе сила действия факторов постоянно меняется (погодные, сезонные, многолетние режимы), то частично конкурирующие виды могут периодически изменять свою численность, оставаясь в рамках биоценоза. Так, во влажные годы на лугах господствуют корот- кокорневищные травы и угнетены длиннокорневищные, а в сухие — наоборот. Чем больше видов, способных ужиться друг с другом, включает биоценоз, тем он устойчивее, поскольку изменение численности одних компенсируется деятельностью других. Поэтому одно из самых опасных последствий воздействия человека на природные сообщества — обеднение их видового состава. Эффект сказывается не сразу и поначалу мало заметен, но неуклонно приводит к полной разбалансировке биоценоза, переходу его в неустойчивое состояние и разрушению.

С конкурентными отношениями видов человеку часто приходится сталкиваться и в практике акклиматизации животных и растений. Завезенные виды приживаются только в том случае, если не встречают сильной конкуренции со стороны местных. Так в Европе и на азиатской территории России был акклиматизирован американский полуводный грызун — ондатра, ставший важным промысловым объектом. Иногда завезенные виды, наоборот, вытесняют местные. В парках Англии, например, американская каролинская белка вытеснила серую европейскую. Многие виды при случайном или намеренном завозе, не сдерживаемые в новом регионе врагами и конкурентами, превращаются во вредоносные, давая вспышки численности.

Комменсализм, как тип биотических отношений поддерживает жизнь множества видов в природе. Комменсалы используют либо остатки пищи, либо выделения, либо жилые сооружения своих хозяев, не причиняя тем ни вреда, ни пользы. Тысячи видов насекомых, моллюсков и других беспозвоночных, а также ряд позвоночных животных могут обитать в жарких и сухих степях и пустынях только потому, что используют норы роющих животных. Много мелких сожителей обитает также в гнездах птиц, муравьев и термитов, где они находят не только укрытие, но и пищу. В широком смысле слова комменсалами крупных животных являются обитатели и потребители их помета, представляющего собой ценный энергетический ресурс.

Аменсализм — менее изученный и менее явный тип связей. Он осуществляется через воздействие на среду, что исключает обитание некоторых других видов, даже не являющихся первому врагами или конкурентами (например, невозможность выживания мелкого светолюбивого травянистого растения под густой тенью бука или ели и т.п.).

Связи между организмами превращают биоценоз не в случайное собрание организмов разных видов, а в сложную надорганизменную систему, имеющую закономерную внутреннюю структуру: определенный набор видов, соотношение их по численности и размерам, положению в пространстве, экологическим характеристикам. Положение, которое вид занимает в общей системе биоценоза, комплекс его биоценотических связей и требований к абиотическим факторам среды называют **эколо-**

гической нишей вида. Понятием **фундаментальная ниша** обозначают все экологические возможности вида, а **реализованная ниша** — это положение вида в конкретном сообществе, где его ограничивают сложные биоценотические связи. У малочисленных видов реализованная ниша узкая, у многочисленных — приближается к фундаментальной. На богатство экологических ниш в биоценозе оказывают влияние две группы причин. Первая — условия среды, предоставляемые биотопом. Чем мо- заичнее и разнообразнее биотоп, тем больше видов могут размежевать в нем свои экологические ниши. Другой источник разнообразия ниш — сами виды, являющиеся ресурсом и создающие среду для других.

Не все виды в биоценозе одинаково значимы. Особое положение занимают те из них, которые в наибольшей степени влияют на условия жизни других. Их называют *средообразователями,* или *эдификаторами.* Так, в лесах господствующие породы деревьев создают тень, влияют на распределение осадков, перехватывают основную массу питательных элементов, определяют микроклимат, поставляют наибольшую мас- су опада на поверхность почвы. На этих деревьях гнездятся птицы, обитают насекомые и другие беспозвоночные, поселяются мхи и лишайники. Деревья-эдификаторы определяют возможности поселения рядом с ними других растений, теневыносливых или светолюбивых. На болотах организмами-средообразователями выступают мхи. Роль эдификаторов могут в определенных условиях играть и животные. Например, сурки и суслики в степях и полупустынях, роя многочисленные норы и выбрасывая на поверхность грунт, сами влияют на распределение и состав растительности. Удаление эдификаторов сразу разрушает биоценоз или влечет за собой его глубокую перестройку. При повальной рубке деревьев на лесосеках формируются совсем другие сообщества: пустошей, болот, кустарниковых зарослей.

В сходных биотопах одного и того же географического района формируются биоценозы, включающие сходный набор видов. Однако даже при общности видового состава биоценозы могут резко отличаться друг от друга. Важной характеристикой биоценоза является его ***видовая структура,*** т.е. соотношение видов по численности. Общая численность организмов тесно связана с их размерностью: чем мельче виды, тем они многочисленнее. Нельзя сравнивать, например, число лосей и бактерий в одном лесу. Поэтому видовую структуру определяют по отдельности для разных групп организмов, более или менее близких по размерам, например для деревьев, трав, птиц, насекомых, мелких и крупных млекопитающих и т.п.

Во всех группах выявляется, прежде всего, небольшой круг наиболее массовых видов. Такие виды называют *доминантами.* Они составляют видовое ядро биоценоза. Массовые виды определяют его общий облик, формируют главные связи. Обычно наземные природные биоценозы называют по доминантным видам растений в верхнем и наземном ярусах: сосняк-беломошник, ельник-кисличник, березняк разнотравный, степь ковыльно-типчаковая, луг вейниковый и т.п. В каждом из этих сообществ преобладают определенные виды животных, грибов и микроорганизмов. Наряду с доминантами биоценозы включают обширные наборы более малочисленных, а иногда совсем редких видов. Видовая структура биоценоза подчиняется общему правилу: чем выше численность вида в определенной группе, тем меньше таких видов в составе сообщества, а основное разнообразие приходится на малочисленные формы. Их тысячи в составе любого биоценоза.

Роль этого, казалось бы, избыточного, разнообразия в природных сообществах необычайно важна. Оно определяет надежность функционирования биоценозов, увеличивает разнообразие существующих в них связей. Среди множества подобных «второстепенных» видов всегда находятся такие, которые компенсируют ослабление активности доминан- тов, возможное в изменчивых условиях среды.

Для соотношения видов в биоценозах характерна закономерность, которая получила название **правило А.Тинеманна,** по имени установившего ее немецкого гидробиолога: чем специфичнее условия среды, тем беднее видовой состав сообщества и тем выше может быть в нем обилие отдельных видов. В неблагоприятных условиях выживают и размножаются лишь немногие, приспособившиеся к ним виды. При отсутствии или малом количестве врагов и конкурентов они могут давать гигантские вспышки численности. Современные экологи называют это явление *компенсация плотностью*. Оно прослеживается в разных масштабах в природной среде, но особенно ярко проявляется в антропогенных биоценозах. Например, человек сам создает возможности для появления полей, обедняя биоценозы на обширных территориях пахотных земель. До эпохи промышленного земледелия большинство современных вредоносных видов не размножались в большом количестве, находясь под контролем своих потребителей.

Использование ядохимикатов в борьбе с вредителями часто оборачивается своего рода «экологическим бумерангом» — еще более интенсивной вспышкой их численности через непродолжительное время. Химикаты действуют обычно неизбирательно, подавляя кроме тех, против которых они направлены, и их хищников, и паразитов, более чувствительных к ядам, чем фитофаги. Выжившая часть вредителей (устойчивых к пестицидам!), лишившись врагов, быстро наращивает численность. Для их последующего подавления нужна уже более высокая концентрация препарата, и возникает замкнутый круг, вредящий не только урожаю, но и здоровью человека.

В наиболее богатых биоценозах практически все виды малочисленны. В тропических дождевых лесах, например, редко можно встретить рядом два дерева одной породы. В них не происходит массового размножения отдельных видов животных, тогда как, например, в однородных по древостою лесах Сибири вспышки численности вредителей — не редкость.

На границах биоценозов, там где они переходят друг в друга, обычно отмечается повышение видового разнообразия. Это явление получило название *опушечный эффект*. На лесных опушках, действительно, гнездится больше видов птиц, чем по отдельности на лугу и в глубине леса, богаче набор растений, насекомых и т.п., что объясняется более высоким разнообразием биотопических условий.

Законы функционирования биоценозов могут быть использованы во многих аспектах грамотной хозяйственной деятельности. Опушечный эффект, например, позволяет сохранить и даже приумножить видовое разнообразие в сельскохозяйственном ландшафте путем создания лесных полос, зеленых изгородей, мозаики различных биотопов, включая водные, и т.п. Развивается особая прикладная область — **экологическая инженерия,** занятая конструированием искусственных биоценозов с определенным целевым назначением при рекультивации нарушенных земель, озеленении городов, формировании зон отдыха, очистных сооружений,

разведении промысловых видов в водоемах и т.п. Например, в городских парках необходимо сочетать выполнение таких требований, как подбор видов растений, устойчивых к загрязнению воздуха и почв; обеспечение их разнообразия для привлечения птиц и насекомых; сохранение «зеленых коридоров» — связи с загородными массивами для возможности расселения видов; создание эстетического эффекта для посетителей; распределение растений в пространстве, предохраняющее их от вытаптывания, и т.п. В городах набирает силу «вертикальное озеленение» — размещение растений вдоль стен и на крышах домов, требующее соблюдения многих экологических норм. Вокруг промышленных предприятий рекомендуется создание зеленых зон для увеличения поступления в воздух кислорода и ограждения жилых массивов от химических и пылевых загрязнений, шума и т.п.

В очистных сооружениях — аэротенках — человеку служат искусственные сообщества микроорганизмов — бактерий, простейших и мелких многоклеточных, формирующих так называемый *активный ил.* Разнообразие и эффективность таких сообществ обеспечивается сочетанием аэробных и анаэробных видов, т.к. технология очистки сточных вод предусматривает интенсивное аэрирование насыщенных органикой стоков, чего практически не бывает в природе.

В мире в настоящее время очень привлекательным видом бизнеса стало создание морских ферм — марикультур промысловых видов: моллюсков, крабов, трепангов, некоторых рыб и т.п. Успех их зависит от экологически правильного конструирования подводных биотопов и регулирования в них конкурентных отношений, т.к. численность морских животных ограничивается обычно наличием мест обитания и размножения.

В современном сельском хозяйстве укрепляются позиции так называемого *биологического земледелия.* Многие методы получения высоких урожаев оказались по сути дела антиэкологичными и приводящими к разрушению почв. Наиболее широко используемый — выращивание монокультур на больших площадях с интенсивной химической обработкой. Экологически оправданные системы земледелия направлены на более полное использование биологического потенциала культурных растений и сохранение почв, на увеличение биологического разнообразия. Для этого создают смешанные посевы, подбирая разные сорта и культуры, оставляют на полях сорняки, если их численность не превышает порога вредоносности, не распахивают обочины полей и дорог. Тем самым создаются резерваты для насекомых-опылителей и яйцеедов, взрослые особи которых питаются нектаром цветущих растений. Эти мероприятия ведут к усложнению биоценотичес- ких связей и стабилизируют урожаи. В смешанных посевах (например, кукуруза—люцерна и т.п.) и сортосмесях растения полнее используют среду, занимая разные экологические ниши, распределяя корневые системы на разной глубине и расходясь по срокам наиболее интенсивного использования минеральных элементов. Умеренные сорняки задерживают в своих телах часть этих элементов, сохраняя их от вымывания и возвращая почве после запашки. Основная идея совершенствования посевов многолетних трав — поиск приближения их состава и структуры к естественным растительным сообществам.

Даже в пустынях можно создавать высокоэффективные и продуктивные сообщества, комбинируя виды в сочетаниях, которых нет в природе, используя принцип разделения их экологических ниш. Такие многолетние сообщества продуктивных и

устойчивых пастбищ были созданы в Туркмении после длительной исследовательской работы российских и туркменских ученых. На этих пастбищах (агропустынях) растения рационально используют имеющуюся в почвах влагу и формируют задернение. Тщательно подобранные виды растений — кустарников, полукустарников и трав, разных по устойчивости к засухе и конкурентной способности, дополняют друг друга в разные по погодным условиям годы, а применяемая система пастьбы скота позволяет растительному сообществу сохранять возобновимость и устойчивость.

Биоценология как раздел общей экологии приобретает в настоящее время все большее прикладное значение в полном соответствии с представлениями о том, что «нет ничего практичнее хорошей теории».

Литература

Основная литература

1. Горелов А.А. Экология: Конспект лекций. – М.: ЮРАЙТ, Высшее образование, 2009. – 192с. – (Хочу все сдать)
2. Коробкин В.И. Экология: учеб. для вузов / В.И.Коробкин, Л.В.Передельский. – 16-е изд., доп. и перераб. – Ростов н/Д: Феникс, 2010. – 602с.: ил. _ (Высшее образование) МО РФ
3. Николайкин Н.И. Экология: учеб. для вузов / Н.И.Николайкин, Н.Е.Николайкина, О.П.Мелехова. - 7-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2009. – 622 с.: ил. – (Высш. образование) МОРФ

Дополнительная литература

1. Вронский В.А. Экология и окружающая среда. Словарь – справочник. М.: МарТ, 2008.
2. Занимательная экология. Интерактивная компьютерная обучающая программа. CD: Экология в рассказах. Основы экологии. География экосистем и экологических катастроф. Тесты: Информационно-справочные материалы. CD
3. Инженерная экология в нефтегазовом комплексе: Учеб. пособ. / Ягафарова Г.Г., Насырова Л.А., Шахова В.А. и др. –Уфа: Нефтегазовое дело, 2007. – 334с.
4. Природа и география России. Большая энциклопедия России. 2007. CD.

РАЗДЕЛ 4. ОРГАНИЗМ И СРЕДА

Современная экология, охватывая огромное поле знаний о структуре и функционировании живой природы, включая человеческое общество, по-прежнему остается «наукой о связях», как писал о ней на заре ее становления Э.Геккель. Связи организмов со средой обеспечивают устойчивость не только самих живых существ, но и

всех надорганизменных систем (популяций, биоценозов, экосистем), вне которых жизнь невозможна. Связи эти можно измерить. Они представляют собой конкретные вещественно-энергетические потоки, протекающие через тела организмов и поддерживающие их жизнь.

Потребление энергии и обмен веществ — основное условие жизнедеятельности организмов. Причины этого кроются в основных физико- химических законах эволюции материи. Жизнь организмов основана на непрерывном обновлении их структур. К настоящему времени этот процесс достаточно хорошо изучен, особенно благодаря методам «меченых атомов». Например, белки клеток млекопитающих обновляются со скоростью 1% в час, а некоторые ферменты — до 10%. В клетках печени мыши все белки синтезируются заново через 2—3 дня. Интенсивно обновляются также полисахариды, липиды и нуклеиновые кислоты. Для осуществления всех этих процессов синтеза требуется много энергии. Например, энергетическая «стоимость» одной пептидной связи при синтезе молекул белка — около 16 кДж/моль.

Энергия в клетке передается от одной химической связи к другой с помощью молекул АТФ. Для сборки одной молекулы РНК требуется энергия гидролиза 6 тыс., а одной молекулы ДНК — около 120 млн молекул АТФ. Это самая энергетически расточительная работа в живом организме.

Интенсивно обновляются не только внутриклеточные структуры, но и клетки различных тканей. Средняя продолжительность жизни клеток желудка человека — от 2 до 9 суток, тонких кишок — 1,3—1,6 суток, клеток в легких — около 8 суток. Лейкоциты живут 1—3 дня, эритроциты — 120 дней. Необходимость постоянного обновления клеточных структур объясняется законами физики и химии. В клетках всегда существует тепловое движение молекул, в том числе молекул воды. Энергия этого движения слишком мала (7—8 кДж/моль при температуре тела человека), чтобы разрушить первичную структуру макромолекул. Однако, взаимодействия макромолекул между собой и с мембранами зависят от их конфигурации (т.е. вторичной и третичной структуры), которая поддерживается так называемыми «слабыми связями» (энергия таких связей лишь незначительно превышает энергию хаотического теплового движения молекул воды).

Эти слабые связи могут быть частично нарушены. В результате для поддержания активности клетки требуется обновление нарушенных структур, что также связано с затратами энергии. Кроме того, генетический аппарат клетки может ошибаться при построении соответствующих белков. Клетки с такими поврежденными белками становятся чужеродными для организма и уничтожаются иммунной системой, а взамен строятся новые.

Есть и другие причины непрерывного потребления организмом энергии. Биохимическая работа совершается в организме все время, в том числе при относительном покое. В период же повышенной активности она увеличивается на несколько порядков. Живое существо нельзя полностью «выключить», как техническое устройство. Обменные процессы продолжаются в состоянии спячки или оцепенения животных, глубокого покоя растений, их семян и спор. Экспериментально доказано, что сохранение жизнеспособности (но не жизнедеятельности) при полном прекращении подачи энергии в клетки (состояние анабиоза) возможно только при очень низких

температурах, практически не встречающихся на Земле (ниже —130 °С), и лишь при условии сохранения ненарушенными внутриклеточных структур.

У животных уровень потребления энергии в состоянии полного покоя в благоприятных условиях называют «базальным метаболизмом». Любая физическая активность увеличивает его величину. Например, стоячая поза по сравнению с лежачей увеличивает энергозатраты у овцы на 10—11%, у коровы — на 13,5%, а у лося — на 25%. У человека обмен веществ при физической нагрузке может увеличиваться в 15—20 раз, у насекомых во время полета — в 50—200 раз.

Таким образом, в тела живых существ постоянно должна поступать энергия, необходимая для химических реакций внутри клеток. По второму закону термодинамики любые превращения энергии из одного состояния в другое сопровождаются обязательным переходом части ее в тепловую. Выделение тепла организмами — неизбежное следствие их жизнедеятельности. Тепло — это, по сути дела, «отработанная» энергия химических связей. Масштабы выделения тепла живыми существами грандиозны. Впервые они были осознаны В.И. Вернадским, которые назвал «живое вещество» самой активной формой материи во всей Вселенной. Солнце вырабатывает в секунду 2.10^{-7} Дж энергии на 1 г своей массы, тогда как человек — на четыре порядка больше, а бактерии — на восемь порядков. Через тела живых существ проходят также потоки веществ — молекул, участвующих в синтезе и распаде основных структур клеток. Растения синтезируют органические вещества из неорганических молекул, получаемых из воздуха, воды и почвы. Они используют для этого непосредственно излучение Солнца, преобразуя его в энергию химических связей. Подавляющее большинство других организмов (кроме некоторых групп бактерий) живет за счет органических веществ, первоначально создаваемых растениями.

Интенсивность обмена веществ в организмах можно измерить, учитывая продуцируемое за единцу времени тепло, либо количество выделяемого при дыхании углекислого газа и потребляемого кислорода. Для животных такой мерой может быть и количество потребляемой пищи. Все это — количественные показатели связи организмов с окружающей средой.

Потребление кислорода человеком среднего веса и возраста составляет около 200—250 мл/мин. Несложные расчеты показывают, что на вентиляцию легких в течение суток требуется 11 — 13 тыс. л воздуха. За весь период жизни это составляет сотни миллионов литров. В течение жизни человек потребляет десятки тонн пищи и воды. Птенец серебристой чайки за 40 дней развития съедает около 12 кг рыбы. Всего за гнездовой период семья чаек с двумя птенцами потребляет более 125 тыс. ккал, причем 80% этой энергии идет на поддержание жизнедеятельности, а не на рост.

Интенсивность обмена у представителей разных видов может различаться на порядки величин и зависит от строения, образа жизни и условий существования организмов. Например, землеройки с массой тела 3—4 г потребляют в состоянии покоя за 1 ч около 10 мл кислорода на 1 г веса; домовая мышь весом 1 7 г — 1,7 мл; крыса (280 г) — 0,88 мл; овца — 0,25 мл; корова — 0,12; слон — 0,03 мл кислорода на 1 г веса в час. В то же время ящерицы, сходные по весу с землеройками, потребляют в покое за 1 ч всего 0,29 мл кислорода на 1 г веса тела за час, т.е. почти в 35 раз меньше. Среди птиц наиболее интенсивен обмен у воробьиных и колибри.

Отношение массы съеденной пищи к весу взрослого животного у активных весь год рыжих полевок составляет примерно 1500 :1, а у малых сусликов, большую часть времени проводящих в спячке, — 150: 1. В океане удельные потоки энергии через сообщества взвешенных в воде бактерий примерно в 20 раз выше, чем через сообщества планктонных животных, а те, в свою очередь, используют в 4—6 раз больше энергии, чем донные обитатели.

Потоки вещества и энергии через тела великого множества живущих на Земле организмов становятся мощной силой, влияющей на косную среду. В масштабах геологического времени они постепенно преобразовали верхние слои планеты. Фотосинтезирующие цианобактерии, а затем растения, освобождая кислород из молекул воды, превратили анаэробную атмосферу в аэробную, и тем самым стимулировали эволюцию организмов с интенсивным способом потребления энергии — дыханием. Над Землей возник озоновый экран, задерживающий губительную для живого часть спектра солнечного излучения. Жизнедеятельность многочисленных бактерий, грибов и животных, перерабатывающих остатки растений, привела к возникновению на суше почв. На дне океанов возникли осадочные породы, в которых концентрировались элементы, накопленные телами водных организмов. Даже климатические условия на Земле видоизменяются под влиянием жизни. Современная растительность на суше испаряет до 80—90% влаги, выпадающей с осадками, влияя на перенос ее в атмосфере, смягчает силу ветров и ураганов.

Сила жизни на планете связана, по В.И. Вернадскому, прежде всего с размножением, что многократно увеличивает потоки вещества и энергии через тела живых существ. Потенциальные возможности размножения организмов, действительно, неисчерпаемы. Они подчиняются геометрической прогрессии, поскольку при размножении количество организмов увеличивается минимум в 1,5 раза, а максимум — в несколько миллионов раз.

Бактерии или одноклеточные простейшие, делясь надвое, за короткое время могли бы нарастить огромную массу. Интервал удвоения клеток определяется молекулярными механизмами и скоростью внутриклеточного синтеза. По подсчетам В.И. Вернадского, потомство од- ной-единственной клетки бактерии, совершающей 63—64 деления в сутки (т.е. каждые 22—23 минуты), способно образовать пленку по всей поверхности Земли менее чем за 1,5 дня. «Если бы не было препятствий во внешней среде, — писал ученый, — они могли бы создать с непостижимой для нас быстротой невероятное количество сложнейших химических соединений, являющихся вместилищем огромной химической энергии».

Темп размножения находится в тесной зависимости от размеров организмов: мелкие размножаются быстрее крупных, и могут нарастить за один и тот же промежуток времени гораздо большую биомассу. Но даже медленно размножающимся слонам (одна слониха рождает слоненка примерно раз в пять лет, а за всю жизнь — не более 5—6) по подсчетам еще Ч.Дарвина, нужно всего 750 лет, чтобы их потомство встало плечом к плечу вдоль экватора. По геологическим меркам это очень небольшое время.

Плодовитость некоторых видов просто поражает. Многие рыбы выметывают десятки тысяч и даже миллионы икринок за нерест: мелкая каспийская килька — до 60

тыс., камбала — 300 тыс., атлантическая треска — до 10 млн. Треска живет до 17 лет, становится половозрелой на 7-м году жизни и, следовательно, потенциально способна оставить до 100 млн потомков. Огромная плодовитость характерна для паразитов. Вес мельчайших яиц, отложенных в течение жизни самкой человеческой аскариды, в 1700 раз превышает ее собственный. Столь же велики репродуктивные возможности растений. Одно дерево березы ежегодно поставляет сотни тысяч семян. Минимальная продукция однолетних травянистых растений — несколько десятков достаточно крупных семян, чаще же — сотни и тысячи мелких.

Максимальное теоретически возможное число потомков, которое может оставить после себя одна особь, называется ***биотическим потенциалом*** вида. Этот потенциал широко варьирует у разных видов, а на графике изменения численности следующих друг за другом поколений выражается экспоненциальной кривой. Отражая геометрическую прогрессию размножения, она круто взмывает вверх даже у видов, размножающихся простым делением надвое. Быстрая смена генераций во много раз усиливает возможности увеличения численности видов. Потомство тлей, способных дать до 15 поколений за лето при относительно низкой плодовитости (около 50 яиц на самку), теоретически за один сезон может выразиться астрономическим числом с 25 нулями.

Существуют виды и с достаточно низкой плодовитостью и медленной сменой генераций. Максимальное число откладываемых в гнездо яиц у птиц лишь ненамного больше двух десятков (куриные), обычный же размер кладок у разных видов составляет от 2 до 6—8 яиц, а у некоторых — всего одно (как, например, у пингвинов). У животных уменьшение плодовитости связано с развитием заботы о потомстве, которая повышает вероятность выживания детенышей, а у растений — с обеспечением семян запасом питательных веществ, облегчающих начало жизни проростков.

Реальная численность видов в природе, однако, мало зависит от их потенциала размножения. Тропические моря вовсе не забиты луной- рыбой (рекордсмен по плодовитости, — до 300 млн икринок за нерест), наоборот, она встречается не часто. Из сотен тысяч семян березы или ели лишь очень немногие имеют шанс превратиться во взрослое дерево, а из сотен миллионов яиц аскариды в лучшем случае два или несколько обеспечат развитие паразита в новом хозяине.

Выживание потомства у видов с высокой плодовитостью — лишь счастливый случай для отдельных особей, т.к. в природе действуют мощные силы, препятствующие безудержному увеличению численности и реализации имеющегося потенциала. Выдающийся отечественный биолог-эволюционист И.И. Шмальгаузен еще в 1940-х гг. развил представления о роли массовой элиминации (гибели) в эволюции видов. Если виды постоянно или на протяжении какой-либо части жизненного цикла подвержены массовой гибели под влиянием врагов или неблагоприятных условий, то естественный отбор способствует единственно возможному в этом случае пути выживания — усилению размножаемости через высокую плодовитость или быструю смену генераций. Лишь в этом случае кто-то из потомков имеет шанс оставить собственное потомство. При ослаблении напора среды такие виды обладают возможностью быстрого восстановления и взрывов численности.

Рыбы с высокой плодовитостью обладают чаще всего мелкой, так называемой пелагической, икрой, выпускаемой на волю волн. Взвешенная в воде, она представляет отличный белковый корм для многочисленных животных-фильтраторов и уничтожается ими в большом количестве. Мелкие слабые мальки, лишенные жировых запасов, вынуждены самостоятельно добывать себе пищу, не способны противостоять врагам и также в массе гибнут. Тли, беззащитные перед их многочисленными потребителями — мелкими птицами, хищными насекомыми, погибают также при резкой смене погодных условий. Семена растений в массе поедаются животными, а у оставшихся мало шансов прорасти или выдержать напор конкуренции на территории, занятой другими растениями.

Виды с высокой размножаемостью тратят очень много энергии на обеспечение половой продукции. Виды с низкой размножаемостью не меньше энергии направляют на выращивание, охрану и обучение потомства (животные) или обеспечение семян запасами (растения). Таким образом, в природе реализуются две альтернативные стратегии размножения. Каждая из них направлена на преодоление негативного воздействия среды.

Основные внешние причины, препятствующие реализации биотического потенциала, — это нехватка энергетических источников и веществ для роста и развития (света, воды, элементов минерального питания для растений, пищи для животных), влияние многочисленных врагов (хищников, паразитов и других потребителей) и зависимость от физических условий среды, часто препятствующих выживанию или размножению организмов.

Живая природа была бы гораздо более неустойчивой, если бы виды не обладали таким мощным потенциалом размножения. На этом их свойстве строит свое благополучие и человеческое общество, используя растения и животных как источник питания и поставщиков разнообразных материалов для хозяйственных целей. Сельскохозяйственное производство заинтересовано в реализации биотического потенциала культивируемых видов. Современное общество целиком зависит от урожайности сельскохозяйственных растений и продуктивности животноводства, в основе которых лежит грамотное управление размножением сортов и пород.

В этой области накоплен огромный опыт на глубокой научной основе. Достаточно привести пример многократного увеличения плодовитости кур при селекции на яйценоскость, выведение сортов ветвистой пшеницы, многоплодных свиноматок, сокращение сроков размножения и увеличение плодовитости пушных зверей на звероферме. Однако, успехи сельского хозяйства во всех странах даются нелегко и сопряжены с большими затратами средств и энергетических ресурсов. Для быстро растущего населения Земли явно не хватает продуктов питания, получаемых с возделываемых земель и пастбищ.

В хозяйственной деятельности человека большую роль играют также разнообразные промыслы. Именно благодаря им развивалось человечество до наступления эры растениеводства и животноводства. Современные промыслы, такие как рыболовство, китобойный, охотничий и другие, в первую очередь сталкиваются с проблемой воспроизводства видов. Воздействие на промысловые объекты стало таким мощным и масштабным, что даже виды с высоким биотическим потенциалом не

успевают восстановить свою численность, в результате чего она резко падает. Особенно это относится к видам с невысокими темпами размножения.

Перепромысел — одна из важнейших экологических драм современности. Так, на грани исчезновения находятся киты, и даже международный запрет на добычу большинства видов пока не способствует эффективному возобновлению их численности. Перепромыслу подверглись многие виды рыб, даже такая плодовитая, как треска. Ее уловы резко пошли на убыль уже в 70-х гг. прошлого века. В результате увеличилась численность кормового объекта трески — мелкой мойвы, которая также стала объектом усиленного промысла. Неумеренный вылов вскоре резко сократил численность даже этой рыбки, с гораздо более быстрым оборотом генераций, чем у трески. В настоящее время запасы практически всех объектов океанического промысла находятся под угрозой.

Условия размножаемости конкретных видов надо знать не только для решения задач восстановления их численности, но и наоборот, для предотвращения ее безудержного роста. Такие переразмножившиеся виды становятся вредителями полей, лесов, запасов продуктов, распространителями заболеваний. В городах, например, ведется постоянная борьба с крысами, тараканами, мухами и другими неприятными сожителями человека. В сельском и лесном хозяйстве приходится тратить огромные средства на предотвращение размножения вредителей или борьбу с ними.

На возможности реализации биотического потенциала видов оказывают влияние не только их враги и потребители, но и в большой мере — физико-химические условия среды обитания, которые мы разделяем на экологические факторы.

Экологическими факторами называют любые влияющие на организмы свойства или компоненты внешней среды, действие которых поддается измерению. Факторы делят на *абиотические* и *биотические.* Влияние на организмы представителей своего или других видов расценивают как биотические факторы. К абиотическим относят физико-химические факторы: свет, температуру, влажность, силу ветра или течения, состав солей в растворе и их концентрацию, давление, радиоактивное излучение, электромагнитные поля и многие другие. Влияние разных форм человеческой деятельности на живую природу относят к *антропогенным* факторам.

В немногих случаях абиотические факторы практически неизменны (например, земная гравитация, солевой состав океана, температура в его глубинах, состав атмосферы и др.). В большинстве случаев они меняют силу своего проявления в пространстве или времени, создавая большое разнообразие условий жизни. По характеру изменчивости они могут быть: 1) регулярно-периодическими; 2) нерегулярными; 3) направленными на протяжении определенных, иногда длительных отрезков времени.

Один и тот же фактор среды может играть очень разные роли в жизни различных групп организмов. Например, содержание азота в почве почти не влияет на жизнь хищных животных, но существенным образом сказывается на росте растений. Экологические факторы влияют на организмы как: 1) ограничители, т.е. определяя невозможность существования организмов в определенных условиях; 2) раздражители, вызывающие соответствующие приспособительные изменения биохимических и

физиологических реакций; 3) модификаторы, влияющие на морфологию и анатомию; 4) сигналы, подготавливающие к наступающим изменениям других факторов среды.

Живые существа отвечают на изменение действия экологических факторов адаптивными реакциями. *Адаптациями* называют любые изменения в строении и функционировании организмов, которые повышают их шансы на выживание. Адаптации возникают и развиваются в ходе эволюции видов и обеспечивают жизнь их представителей в определенных пределах изменения среды.

Свет является одним из важнейших экологических факторов. Солнечная радиация, поступающая на Землю, представляет собой электромагнитное излучение с длинами волн от 0,1 до 30 000 нм. В этом спектре область 380—710 нм представляет фотосинтетически активную радиацию (ФАР), т.е. используется растениями для фотосинтеза. С диапазоном ФАР почти совпадает область видимого света, воспринимаемой человеческим глазом.

Растения и фотосинтезирующие бактерии используют лучистую энергию Солнца, преобразуют ее и запасают в энергии химических связей органических соединений. Разлагая затем органические молекулы в процессах дыхания, они поддерживают свою жизнь. За счет фотосинтези- рующих организмов живут и другие организмы, не способные к фотосинтезу (гетеротрофы). Свет влияет также на самые разнообразные процессы в жизни растений: образование хлорофилла, работу устьичного аппарата, рост и др.

У растений возникают различные адаптации к использованию светового режима. Их делят по этим признакам на 3 экологические группы: 1) светолюбивые (гелиофиты); 2) тенелюбивые (сциофиты); 3) теневыносливые. Гелиофиты могут успешно расти только в открытых, хорошо освещаемых местообитаниях. Это растения степей, пустынь, лугов и полян. Светолюбивые виды можно распознать по строению листьев. Обычно у них лист достаточно толстый, на срезе видна многослойная палисадная ткань, много мелких хлоропластов, клетки поверхностного слоя мелкие, много устьиц и большая площадь жилок. Усиление освещенности повышает у них интенсивность фотосинтеза.

Тенелюбивые растения адаптированы улавливать слабый свет, некоторые — даже менее 1% от полного дневного освещения. Это растения тенистых лесов, пещер, толщи вод. При сильной освещенности они снижают фотосинтез. Листья у них тонкие, хлоропласты крупные, но их мало, площадь жилок небольшая.

Теневыносливые растения могут жить как на свету, так и в тени и имеют промежуточное строение листьев. В густых кронах деревьев часть листьев имеет световое строение, а часть — теневое. Структура листа определяется условиями освещения закладывающихся почек. Сформировавшийся лист не может изменить свою структуру.

Если для растений свет — основное условие жизни, то для животных он не является абсолютно необходимым. Многие виды могут жить и в полной темноте — в глубине океана, в почве или пещерах. Но большинство обладает способностью использовать видимый свет для ориентации в пространстве. Органы зрения животных воспринимают рассеянные, отраженные от предметов лучи, несущие им информацию о

внешнем мире. Наиболее совершенные органы зрения (позвоночных, насекомых, головоногих моллюсков) позволяют воспринимать форму и размер предметов, оценивать расстояние.

Восприятие цвета у животных различно. Пчелы, например, не распознают красный свет, но могут видеть ультрафиолетовый, не ощущаемый нами. Змеи как цвет воспринимают инфракрасные лучи, которые мы ощущаем, как тепловые. Многие млекопитающие (например, собачьи), ведущие свое начало от предков с сумеречным образом жизни, обладают только черно-белым видением.

Температура — также один из важнейших факторов окружающей среды. От нее в первую очередь зависит скорость химических реакций в клетках и интенсивность обмена веществ. Нижние критические температуры жизнедеятельности связаны с замерзанием воды в клетках, а верхние — с тепловой денатурацией белков. Для большинства организмов это диапазон от 0 до 50 °С. Однако, существует ряд видов, способных за счет биохимических адаптаций преодолевать эти пороги.

Криофилы — виды с лабильными белками, способны поддерживать клеточный метаболизм при температурах, близких к нулю. Жизнь несовместима с образованием кристаллического льда в клетках, т.к. при этом разрушаются тонкие внутриклеточные структуры. Однако, у криофилов существуют механизмы, понижающие точку замерзания внутриклеточной жидкости. Криофилами являются многие обитатели холодных мест на Земле — глубин океана, тундр, высокогорий, полярных пустынь. Например, ряд антарктических рыб живет и размножается при постоянной температуре тела —1,86 °С — такой же, как в окружающей соленой воде под кромкой льда.

Термофилы, наоборот, активны лишь при высоких температурах, обычно более +50 °С. К ним относятся, например, бактерии горячих источников, плесневые грибы в разогревающихся стогах сена и др. Белки термофилов имеют очень прочную вторичную и третичную структуры, и для их активации требуется много тепловой энергии.

У большинства организмов температура тела изменяется в зависимости от температуры внешней среды. Их называют *пойкилотермными* («пойкилос» — переменный). Обмен веществ пойкилотермных видов может сильно замедляться или ускоряться, что влияет на прохождение жизненного цикла. Общую сумму эффективных температур, необходимую для прохождения всей генетической программы или ее отдельных этапов (X), можно рассчитать по формуле: X = (T — C) x t,

где C — температура, при которой начинается нормальный обмен веществ, ее называют температурным порогом развития, или биологическим нулем;

T — температура окружающей среды;

положительная разница между C и T — эффективная температура; чем она больше, тем интенсивнее идет развитие;

t — время или число дней с температурой, превышающей порог развития.

Пойкилотермные виды сильно различаются по этим показателям. Например, порог развития у семян клевера — около +1 °С, а у финиковой пальмы — около +30 °С. В тундрах и высокогорьях деревья не растут в первую очередь потому, что там не хватает тепла и они не могут набрать необходимую сумму эффективных температур.

Только две группы высших животных — птицы и млекопитающие — приобрели способность поддерживать постоянную температуру тела вне зависимости от колебаний температуры окружающей среды. На это они тратят много энергии. Такие животные называются *гомойо- термными* («гомойос» — постоянный). У них, прежде всего, высок уровень окислительных процессов в организме вследствие совершенства кровеносной системы, и следовательно, вырабатывается много собственного внутреннего тепла. Кроме того, птицы и млекопитающие обладают целым комплексом разнообразных адаптаций, позволяющих эффективно удерживать это тепло в теле или, наоборот, отводить избыток, и в результате обмен веществ у них постоянно идет при оптимальном температурном режиме. Например, у многих видов при действии холода рефлекторно повышается интенсивность окисления резервных веществ в клетках (химическая терморегуляция) или в жару увеличивается потоотделение, что связано с потерей излишков тепла. На регуляцию теплового баланса у животных может уходить до 70— 80% энергии, содержащейся в пище. В поддержании постоянной температуры тела большую роль играют также морфологические и поведенческие особенности. Некоторые млекопитающие способны к длительной спячке в неблагоприятное время года. В активном состоянии они поддерживают температуру тела на высоком уровне (36 —38 °С), а в спячке — тоже на постоянном, но гораздо более низком (4—6 °С), что позволяет им экономить много энергии. Такие животные называются *гетеротермными.*

Влажность среды — также один из ведущих экологических факторов. От нее зависит поддержание водного баланса организмов. Как известно, клетки могут быть активными только при определенном содержании воды.

По способности удерживать воду различают пойкилогидрические и гомойогидрические виды. *Пойкилогидрические организмы* (некоторые мхи, например сфагнум, лишайники, цианобактерии, немногие членистоногие животные, единичные виды цветковых растений в пустынях) легко и быстро теряют и поглощают воду, способны к практически полному высыханию, а затем к возвращению в активное состояние. Эта адаптация к жизни в переменных условиях влажности связана с особым строением клеток. Вода в них содержится в очень мелких вакуолях, и ее потери не ведут к нарушению внутриклеточных структур.

Подавляющее большинство высших растений и животных характеризуются *гомойогидричностью,* они содержат в клетках значительное количество воды и не переносят больших ее потерь. Одни из них могут жить только в условиях достаточного увлажнения, другие приобрели механизмы удержания влаги в теле при недостатке ее во внешней среде.

Среди растений по отношению к влажности различают три основные экологические группы: 1) гидрофиты — растения водной или околоводной среды; 2) мезофиты — обитатели мест с переменной влажностью (луга, леса, луговые степи); 3) ксерофиты — приспособленные к жизни в сухих условиях (пустыни, сухие степи, скалы и т.п.). Одни из ксерофитов запасают влагу в сочных стеблях или листьях (кактусы, алоэ) и защищают ее от испарения непроницаемыми покровами, другие могут резко снижать транспирацию в сухое время и выдерживают значительные потери влаги (ковыли, типчаки и др.). Среди животных также есть влаголюбивые виды и виды,

адаптированные к обитанию в безводных районах. Некоторые из них не нуждаются даже в питье, обходятся сухой пищей и довольствуются водой, которая образуется в клетках в ходе процессов окисления жиров, белков и углеводов (так называемая метаболическая влага). Таковы многие мелкие грызуны пустынь, платяная и вощинная моли, ряд вредителей зерновых запасов и др.

Таким образом, связи организмов со средой в природе и их адаптации чрезвычайно разнообразны, зависят от эволюционного уровня развития групп, условий существования и образа жизни видов. Пути адаптации живых существ к обитанию во внешней среде во многом определяются физико-химическими законами природы.

Лекция. Основные среды жизни

Подвергаясь влиянию различных факторов среды, живые существа, в свою очередь, воздействуют на нее. Наиболее древний и общий путь такого воздействия — химический, связанный с осуществлением обмена веществ. Организмы преобразуют среду уже тем, что живут, извлекая из своего окружения необходимые вещества и энергию и выделяя продукты метаболизма.

Наибольшим разнообразием типов обмена веществ отличаются бактерии. В зависимости от вида используемой энергии и источника углерода их разделяют на *хемотрофы* и *фототрофы* (использующие энергию химических связей или энергию света), *автотрофы* и *гетеротро- фы* (использующие в качестве источника углерода CO_2 или готовые органические вещества), *литотрофы* и *органотрофы* (использующие разнообразные неорганические или органические соединения). Бактерии участвуют во всех биогеохимических процессах на планете. *Для каждого природного вещества есть микроорганизмы, способные его разложить* ***(правило Виноградского,*** 1896 г.). Бактерии живут как в аэробных, так и в анаэробных условиях. Вещества, выделяемые ими в окружающую среду, чрезвычайно разнообразны. Фотосинтезирующие цианобактерии, как и растения, в качестве побочного продукта выделяют кислород, а метанобразующие бактерии — метан. Результатом жизнедеятельности разных бактерий могут быть водород, сероводород, аммиак, сульфаты, окислы железа и марганца, разнообразные органические и неорганические кислоты и другие соединения.

Жизнь появилась на Земле около 4 млрд лет назад и сразу же стала влиять на химический состав верхних слоев планеты. Прокариотные сообщества сформировали систему биогеохимических циклов и биосферу. Наиболее ярко влияние прокариотических организмов на окружающую среду проявилось в истории атмосферного кислорода. Имеются достаточно убедительные свидетельства, что первоначально атмосфера не содержала свободного кислорода и была либо восстановительной, либо нейтральной, а молодая земная кора и океан содержали много недоокисленных соединений. Вместе с тем самые ранние следы жизни в древних породах (не менее 3,5 млрд лет) свидетельствуют о фотосинтезе, который, по современным представлениям, осуществляли разнообразные цианобактерии в сложных сообществах с другими прокариотами. Выделяемый при этом кислород перехватывали находящиеся в тесном сожительстве с ними аэробные гетеротрофные микроорганизмы,

разлагающие созданное органическое вещество. Неполнота этих мини- круговоротов приводила к ускользанию части кислорода в окружающую среду, а недоразложившиеся органические соединения попадали в донный осадок. Кислород долго не накапливался в атмосфере, поскольку первоначально весь уходил на окисление, прежде всего соединений железа в литосфере и серы в океане. Его накопление в свободном виде началось только после исчерпания веществ-восстановителей в поверхностных оболочках планеты. Геологической границей, свидетельствующей о полном окислении земных пород, считается появление красно- цветных толщ, в которых железо присутствует в трехвалентном состоянии. Эти породы имеют возраст 1,8—2 млрд лет и свидетельствуют о кардинальных изменениях химии земной поверхности в результате деятельности живых организмов. Накопление кислорода в атмосфере и океане стало предпосылкой расцвета эукариотических форм и в дальнейшем — появления многоклеточных и сложно устроенных организмов. Анаэробные прокариоты оказались оттесненными в локальные местообитания с отсутствием кислорода.

Масштабное химическое влияние на окружающую среду происходило и происходит на протяжении всей эволюции жизни. В современной биосфере оно выражается в поддержании биогеохимических круговоротов отдельных элементов, в формировании локальных особенностей земной коры и местообитаний. Так, основной источник углекислого газа для фотосинтеза современной растительности — его выделение в результате дыхания всей совокупности организмов. CO_2, поступающий из недр Земли в составе вулканических газов, составляет лишь тысячные доли процента от общего количества CO_2, находящегося в биологическом круговороте. Основную массу углекислого газа поставляют почвы, где сосредоточена деятельность многочисленных групп бактерий, грибов, животных и корней растений. Для почв России выделение CO_2 составляет от 1 до 18 т на 1 га за вегетационный сезон, причем треть этого количества приходится на корневое дыхание растений и не менее 40% — на дыхание грибного мицелия. Углекислый газ — не только источник углерода для фотосинтеза, но и один из важнейших парниковых газов, определяющих тепловой режим приповерхностных слоев атмосферы. Все современные организмы, выделяющие CO_2, участвуют таким образом в поддержании температурных условий жизни на планете. Другой важный парниковый газ — метан — поступает в воздушную среду в результате деятельности анаэробных метанобразующих бактерий, в основном со дна болот и озер, богатых органическими осадками. Болота Западной Сибири — важный поставщик этого газа в атмосферу Земли. Парниковые газы участвуют в регуляции климата, и любые изменения в их содержании отражаются на глобальных температурах.

Химическое воздействие микроорганизмов на среду весьма многообразно. Так, щелочность подземных вод, солончаков, окисление сульфидных руд связано с деятельностью серных бактерий. Железобактерии формируют в континентальных водоемах отложения озерной и болотной руды.

Воды океана характеризуются относительным постоянством химического состава, которое поддерживается жизнедеятельностью организмов. Например, карбонатное равновесие обеспечивается таким образом: постоянно выносимые реками в океан соединения кальция с материков постоянно же используются для образования скелетов планктонными и донными обитателями — одноклеточными простейшими

фораминиферами, некоторыми водорослями, моллюсками, кораллами и т.п., которые затем формируют осадочные породы. Растворимые соединения кремния удаляются из воды в основном диатомовыми водорослями и радиоляриями. Химическое выветривание наземных пород происходит преимущественно под действием микроорганизмов, образующих органические кислоты, углекислоту и другие соединения, а также корневых выделений растений.

Кроме изменения среды продуктами обмена веществ, важнейший путь средообразующей деятельности организмов — накопление мертвых органических остатков (мортмассы). Оно происходит вследствие неполного баланса процессов продукции и деструкции. Часть органического углерода может надолго выпадать из круговорота и захораниваться в осадочных отложениях. Таким путем в прошлом возникли материнские нефте- и газоносные породы, горючие сланцы, а на суше — залежи каменного угля. Торфообразование происходит и в настоящее время. Количество органического углерода в этих и других породах эквивалентно количеству кислорода, накопленному атмосферой.

Постоянное образование мертвой органики на суше привело к возникновению новой среды жизни — ***почвенному покрову*** континентов, или ***педосфере.*** Почва представляет собой тонкий поверхностный слой литосферы, толщиной в 1-2 м. Это особое природное образование, созданное и поддерживаемое деятельностью многочисленных организмов. Основоположник научного почвоведения В.В. Докучаев предложил в 1886 г. «разуметь под почвой исключительно только те дневные или близкие к ним горизонты горных пород, ...которые более или менее естественно изменены взаимным влиянием воды, воздуха и различного рода организмов, живых и мертвых.». Позднее он подчеркивал, что «почвы есть функция (результат) от материнской породы (грунта), климата и организмов, помноженная на время». По классификации В.И. Вернадского, почва относится к биокосным природным системам, где живое и неживое (косное) вещества взаимодействуют так тесно, что в качестве целого приобретают особые свойства, которыми по отдельности не обладают.

Почва служит средой обитания огромному числу организмов. Она представляет собой трехфазную систему, где твердая часть перемежается с полостями и порами, в которых содержатся вода и воздух. По- розность почв составляет от 20 до 70%. В силу физических и химических условий в почве создается большое разнообразие местообитаний и для воздуходышащих, и для водных организмов. Главная особенность почвы — постоянное поступление энергетических ресурсов в виде отмерших органических остатков, основными поставщиками которых являются наземные растения.

Почва играет важнейшую роль в биосфере. Через нее проходят потоки биогеохимических круговоротов всех элементов на планете. Она оказывает существенное влияние на атмосферу и гидросферу. Почвы, с одной стороны, ускоряют химическое и физическое выветривание горных пород, а с другой — повышают устойчивость литосферы к разрушению ветрами и водными потоками. Происходящие в почве процессы влияют на состав атмосферы и водную миграцию веществ. Одним из важнейших свойств почвы является ее *плодородие* — способность поддерживать жизнь разных организмов, обеспечивая продуктивность растений. Обязательная составляющая

почвообразования — сложная трансформация органического вещества, его переработка огромной армией живых существ. Почвообразование — биогенный процесс. Возникновение, развитие и поддержание почв невозможно без участия живых организмов. Они осуществляют постепенную *минерализацию* мертвого органического вещества и возврат биогенных элементов в форму, вновь доступную для усвоения растениями. Другой важный процесс, сопровождающий минерализацию, — *гумификация*. Часть разлагающихся материалов превращается при участии почвенных организмов в сложный комплекс соединений — гумусовые вещества, способствующие долгому и надежному поддержанию почвенного плодородия.

Наиболее плодородные почвы (черноземы) содержат до 10% гумуса. В подзолистых почвах его около 2%.

В почвообразовании участвуют все группы живых организмов. Они, во-первых, являются поставщиками энергетических ресурсов почвы — мертвого органического вещества, во-вторых, изменяют химический состав по сравнению с материнской породой и, в-третьих, служат важным фактором перемешивания и перемещения веществ.

Растения берут из почвы химические элементы и воду. Их корни насыщают и пронизывают всю толщу почвенного слоя, так что некоторые почвоведы определяют почву как корнеобитаемый слой литосферы.

Масса корней достигает 8—12 т/га в степи и широколиственных лесах и 20 т/га в тропических лесах. До 30% корней ежегодно отмирает. На поверхность почвы каждый год поступает, в зависимости от типа растительности, от 1 до 30 т/га опада. Трансформация его осуществляется бактериями, грибами и животными.

Сосущая сила корней создает постоянный ток воды из почвы, с последующим ее испарением растениями. В аридных районах масштабы транспирации сравнимы с количеством выпадающих осадков. Растущие корни рыхлят почвенные слои, после них остаются поровые пространства, заполняемые водой и газами.

Почва — самый богатый природный субстрат по разнообразию и численности микроорганизмов. Высокая концентрация микробной жизни определяет роль почвы как глобальной геохимической мембраны, через которую происходит обмен веществ в биосфере. По современным данным, количество бактерий в 1 г почвы составляет от одного до нескольких десятков миллиардов клеток, а суммарная длина грибного мицелия в 1 г почвы может достигать сотен и тысяч метров. Дрожжей и водорослей в 1 г почвы — около 10 тыс. клеток. В ней присутствуют микроорганизмы как разлагающие органические вещества (целлюлозу, лигнин, пектины, белки и т.п.), так и осуществляющие фиксацию азота, трансформацию минеральных соединений. Почвенные микроорганизмы участвуют в превращениях не менее 65 элементов таблицы Менделеева, в том числе и тех, которые не используются в живых клетках (Hg, Cd, Cr и др.). Каждый комочек почвы предоставляет множество микросред для развития как аэробных, так и анаэробных микроорганизмов, способных осуществлять часто прямо противоположные химические функции. Продукты их жизнедеятельности способствуют также созданию почвенной структуры, склеивая минеральные частицы между собой в водопрочные агрегаты. Особая роль в оструктуривании почвы принадлежит грибам, которые не только склеивают частицы своими выделениями, но и механически

оплетают гифами почвенные агрегаты, скрепляя их. Микроорганизмы участвуют в корневом питании растений, не только высвобождая биогенные элементы из сложных соединений, но и фиксируя атмосферный азот, который растения не могут усваивать сами, а также снабжая их физиологически активными веществами — витаминами, ауксинами, гиббереллинами и др.).

Большую роль в жизни почвы играет также и животный мир. Почвы населены огромным количеством животных, в основном беспозвоночных, сильно различающихся по размерам (от нескольких микрон до десятков сантиметров). Чем мельче почвообитающие животные, тем выше их численность. Например, количество амёб может достигать 40 тыс. и более на 1 г сырой почвы. Микроскопические круглые черви нематоды исчисляются миллионами (1-15 млн), питающиеся разлагающимся опа- дом мелкие клещи и коллемболы - десятками и сотнями тысяч, насекомые и их личинки - сотнями и тысячами, дождевые черви - десятками и сотнями на 1 $м^2$. Роющие млекопитающие (мышевидные грызуны, землеройки, кроты и др.) учитываются уже не на квадратные метры, а на гектары площади.

Почва обеспечивает возможность существования многим животным, не имеющим защиты от испарения воды через покровы, - по ряду параметров (температурный, газовый, водный режим и т.п.) она формирует условия, промежуточные между наземной и водной средой. Разнообразие почвенных животных очень велико: число их видов составляет не менее трети от общего числа видов, известных на Земле. Из почв описано не менее 500 видов простейших, 11 тыс. видов нематод, 180 тыс. насекомых, 30 тыс. моллюсков, примерно 20 тыс. клещей и 10 тыс. коллембол, свыше 200 видов дождевых червей и множество разнообразных представителей других групп. Среди них есть как потребители живых и мертвых частей растений (фитофаги, сапрофаги и детритофаги), так и хищники. Основная деятельность животных в почве - разрушение и измельчение растительного опада, ускоряющие его минерализацию и гумификацию. Пропуская опад через кишечник и выделяя экс- кременты, животные многократно увеличивают поверхность растительных остатков, усиливая тем самым деятельность микроорганизмов, которые могут быть активными только в поверхностном слое частиц. Кишечные ферменты беспозвоночных влияют на химический состав опада, а избирательное поедание ими грибных гифов и бактериальных скоплений регулирует направление деятельности микрофлоры. Часть микроорганизмов постоянно обитает только в кишечниках беспозвоночных и влияет на минерализацию и гумификацию субстратов через пищевой режим их хозяев. Таким образом, животный и микробный мир действуют как единая система, обеспечивая круговорот веществ.

Животным, в силу их подвижности, принадлежит также важная роль в перемещении и перемешивании вещества почв. Они мигрируют по поровым пространствам, а более крупные проделывают в почве вертикальные и горизонтальные ходы, увеличивая ее порозность. При этом животные заносят органические остатки в более глубокие слои и выбрасывают на поверхность массу почвы из ее глубины. Суммарный выброс почвы дождевыми червями, муравьями, мокрицами в аридных рай- онах сравним по объему с таковым от деятельности сусликов, сурков и других крупных норных обитателей. Пустынные мокрицы выносят на поверхность за год 5-6 $кг/м^2$ грунта с метровой глубины. Еще более активны муравьи и термиты. Дождевые черви в

полосе умеренного климата ежедневно пропускают через кишечник объем почвы, вдвое превышающий их собственный. Экскременты почвенных животных представляют водопрочные агрегаты, где перемешаны органические и минеральные вещества. Они составляют значительную часть гумусового горизонта.

Если на суше деятельность организмов привела к созданию почвы, как особой среды жизни, то состав морских и пресных вод, их качество также зависят от их обитателей. ***Океан*** — тоже биокосная система, где живые и неживые компоненты практически неотделимы друг от друга. Многочисленные и разнообразные организмы, населяющие толщу и дно водоемов, выделяют в воду продукты жизнедеятельности, в том числе растворенные органические вещества (РОВ). Их концентрация составляет 30—150 мкг углерода на 1 л воды, и они служат источником энергии для планктонных бактерий. Продукты разложения отмерших клеток и тканей водных обитателей присутствуют в воде в форме оседающего взвешенного органического вещества (ВОВ). По массе ВОВ превышает живое вещество в десятки раз и, так же как и клетки бактерий, водорослей, простейших и другие мельчайшие и мелкие организмы, постоянно потребляется видами-фильтраторами.

Фильтрация как способ добывания пищи широко распространена в водной среде. Бактерии водной толщи в основном отфильтровываются инфузориями и другими простейшими и личинками многоклеточных, а они сами, вместе с фитопланктоном, служат пищей зоопланктону, который, в свою очередь, потребляется более крупными фильтраторами. Не менее 40 тыс. видов обитателей дна и водной толщи добывают пищу, отцеживая съедобные и осаждая на дно несъедобные частицы. Среди них пластинчатожаберные (двустворчатые) моллюски, сидячие иглокожие и многощетинковые черви, мшанки, асцидии, планктонные рачки, некоторые рыбы и др. Животные-фильтраторы выполняют важнейшую роль в биологической очистке водоемов. Скопления моллюсков-мидий на площади в 1 $м^2$ способны очищать 150—280 $м^3$ воды за сутки, мелкие рачки дафнии в прудах — около 1,5 л воды на особь. В крупных волжских водохранилищах вся вода за вегетационный сезон проходит через фильтровальные аппараты одних только моллюсков-дрейссен до 18 раз. Обитатели всего Мирового океана, по подсчетам, пропускают через себя воду, равную его общему объему, всего за несколько суток. Прибрежная зона океана, особенно богатая скоплениями видов-фильтраторов, работает как гигантская эффективная очистительная система. Таким образом, химический состав, чистота и прозрачность природных вод - результат деятельности живых организмов.

Мощными средообразователями в океане являются виды-рифостро- ители. Такую роль в современных морях играют в основном коралловые полипы, создающие своими скелетами подводные местообитания, с которыми связана жизнь огромного числа видов рыб, ракообразных, моллюсков, полихет, иглокожих и других групп животных, а также водорослей. При этои часть одноклеточных густо заселяет тела самих полипов.

Основные средообразователи на суше — растения. Растительность влияет на климат, ослабляя силу ветра и участвуя в круговороте воды. Растительный покров создает облик ландшафтов, формируя условия жизни для животных. С тундровой, лесной, степной, луговой, пустынной, болотной растительностью связаны определенные виды птиц, млекопитающих, насекомых и других групп организмов,

приспособившихся к особенностям конкретных местообитаний. Растения создают микроклимат, позволяющий другим видам избегать неблагоприятных условий.

Бактерии и одноклеточные водоросли воздействуют на окружающую среду посредством своего обмена веществ и быстрого размножения. Многоклеточные грибы и особенно растения кроме этого своими телами занимают и структурируют пространство. Многие виды животных активно преобразуют окружающую среду, создавая себе условия для переживания неблагоприятных периодов, для защиты и размножения. Этому служит, прежде всего, их строительная деятельность. Подземные галереи норных жителей (сурков, пищух, кротов, медведок и др.) — среда, созданная ими и отличающаяся особым микроклиматом. Гнезда птиц защищают от непогоды не хуже, чем постройки человека: в похожем на валенок гнезде синицы-ремеза птенцам тепло и сухо и в дождливую, и в ветреную погоду. Грандиозные постройки термитов часто определяют облик ландшафтов. Не способные переносить высыхание и прямые солнечные лучи термиты процветают в созданной ими искусственной среде с постоянными температурой и влажностью. Сложное гнездостроение свойственно практически всем социальным насекомым: муравьям, пчелам, шмелям и др. Широко известны своей средопреобразовательной деятельностью бобры, меняющие с помощью постройки плотин гидрорежим местности. Таким образом, у животных проявляется новый путь адаптации: не только приспособление к среде обитания, но и преобразование ее в нужном для себя направлении.

В особенности этот путь отличает современного человека, причем принципиальное изменение его произошло в очень короткие эволюционные сроки — около 12 тыс. лет назад. Влияние доисторического человека на среду обитания принципиально не отличалось от влияния других крупных животных. Люди вели образ жизни собирателей и охотников, строили жилища, прокладывали тропы. Правда, достаточно давно был освоен огонь, но он использовался только для обогрева и приготовления пищи. Все изменилось с
переходом от присваивающего хозяйства к производящему, с появлением земледелия и животноводства. Потребовалось использование земли под пашни, для выпаса скота. С ростом строительного производства формы влияния на окружающую среду быстро росли и расширялись. Позднее к этому добавилось развитие горной промышленности, энергетики, транспортных средств и новейших информационных технологий.

Современный человек живет в преобразованной им среде и видит вокруг себя дома, асфальт, поля, сады, парки, дороги, транспорт и т.п. Человечество получает все необходимое от природы через созданную им культуру, т.е., в широком смысле слова, — через всю совокупность созданных материальных и духовных богатств. Общество людей, в отличие от других видов, не приспосабливается к дикой природе, а наоборот, приспосабливает ее к своим нуждам и целям. В настоящее время практически вся природа Земли находится под влиянием человека. Этот виток развития, с одной стороны, дает человечеству огромные возможности, но с другой — ставит перед ним множество проблем и локального, и глобального характера, вплоть до проблемы выживания на собственной планете.

Технологическое влияние постепенно разрушает ту систему жизнеобеспечения, которую создала эволюция. Деградирует почвенный покров планеты, нарушаются

почвообразование и механизмы самоочищения водоемов, изменяется баланс газов в атмосфере, идет ускоренное вымирание видов, меняется состав сообществ. Учащаются природные катастрофы глобального масштаба. Человечество начинает влиять и на климат Земли. Все это — результат стихийного развития цивилизации и роста народонаселения.

С другой стороны, развитие науки и, в частности, экологии, позволяет осознать и оценить реальные опасности и те механизмы и способы, которыми можно их предотвратить. Сейчас стало понятно, что время «покорения природы» прошло и главной стратегией человечества должно стать следование фундаментальным природным законам и встраивание своей деятельности в общую систему жизнеобеспечения в биосфере. Кроме достижений современной науки, разные народы и племена владеют большим арсеналом эмпирических, полученных опытным путем, методов неистощительного использования возобновимых ресурсов (земель, лесов, вод, промысловых объектов) и охраны среды, которые практически не применяются в настоящее время. Все это, вместе взятое, должно быть соединено в единую систему рационального природопользования и составлять приоритетное направление политики государств.

Антропогенные изменения среды наиболее ярко выражены в городах и промышленных агломератах. Крупные города характеризуются огромным количеством населения, высокой плотностью застройки, концентрацией промышленных и перерабатывающих предприятий, интенсивным движением транспорта. Как центры крупноочагового природопользования города влияют на обширные пространства за их пределами. Через них идут потоки ресурсов и в переработанном виде вывозятся в другие районы. Города потребляют огромное количество энергии. Почвы города обычно «запечатываются» асфальтом и другими покрытиями. Городская жизнь считается более комфортной, чем сельская, но она имеет множество негативных сторон, влияющих на здоровье и психологическое состояние людей. К основным проблемам городской среды относятся загрязнения: химические, шумовые, радио- и электромагнитные излучения и др. Повышен риск травматизма от транспорта. Отдельную проблему составляет поддержание санитарного состояния городской среды, работа систем водоснабжения и канализации и обезвреживание твердых бытовых отходов (ТБО). Их количество стремительно растет с ростом благосостояния населения. В Европе в среднем количество ТБО составляет 440 кг ТБО на душу населения в год, в США — 720, в России — около 250 кг, а во всем мире ежегодно — не менее 30 млн т. Только в Москве каждый год поступает на свалки около 5 тыс. т ТБО. Полигоны, на которых складируются отходы, занимают все более значительные площади вокруг городов, отравляя окружающую среду. В настоящее время грамотное управление городской средой обязательно включает целый ряд экологических способов ее оздоровления, а в прикладной науке возникла целая область — урбоэкология, или экология города. Идет поиск методов предупреждения или смягчения отрицательного влияния урбанизации на население и природу регионов.

Добыча полезных ископаемых превращает обширные территории в пустыни, особенно если разработка ведется открытым способом. Возникают подобия лунных ландшафтов, причем наверх часто выносятся токсичные породы, на которых не приживаются растения. Рекультивация таких земель — одна из важнейших задач

современности. Возвращать жизнь на нарушенные территории можно только на основе глубокого знания экологических закономерностей и конкретных особенностей местообитаний. Восстановительные работы, сначала казавшиеся успешными, часто заканчиваются полной неудачей. Рекультивация полностью нарушенных территорий — дорогое, длительное и наукоемкое мероприятие. Тем не менее в ряде стран — Германии, Англии, Австралии и др., есть примеры успешного восстановления полноценной природной среды. Набирает силу и теория рекультивации.

Способы оптимизации территории разрабатывает **ландшафтная экология.** Человек сильно изменил внешний облик поверхности планеты во всех ландшафтных зонах. Это касается рельефа, растительности, водоемов. С европейской территории, например, полностью исчез ландшафт степи. Вырубаются леса, распахиваются земли. На территориях промышленного сельского хозяйства основная тенденция — создание обширных и однообразных полевых площадей. Между тем давно известно, что наиболее устойчивы и продуктивны ландшафты с внутренним разнообразием. Еще В.В. Докучаев разрабатывал практику возведения полезащитных лесных полос в степных районах, создающих особый микроклимат и в конечном итоге повышающих урожайность прилегающих полей. В настоящее время ландшафтная экология становится значимой областью прикладных исследований. Ее развитие связывается не только с экономическими задачами, но и с оздоровительными, поскольку доказано благотворное влияние разнообразия ландшафта на психику человека.

В современной науке и практике есть и положительный опыт борьбы с загрязнением вод. Основные источники загрязнения пресных водоемов — сельское хозяйство, промышленность и бытовые стоки. С полей в водоемы попадают остатки минеральных и органических удобрений и пестициды, используемые для борьбы с вредителями или сорняками. Борьба с последним типом загрязнений трудна, так как требует повышения общей культуры земледелия и обязательного соблюдения законов оптимума с точными расчетами. Промышленные же и бытовые стоки могут быть собраны и отправлены на очистку. Технологии очистки вод разработаны, достаточно эффективны и просты. Наряду с физическими и химическими методами в них используются биотехнологии с применением разлагающих органику микроорганизмов и мелких животных-филь- траторов. Разработаны биотехнологии борьбы с нефтяными пленками на поверхности вод, технологии с применением замкнутых циклов водоснабжения в промышленности и др. Главное же внимание должно быть направлено на предотвращение загрязнения водоемов и на то, чтобы не подрывать, а наоборот, всячески стимулировать активность организмов- фильтраторов, т.е. поддерживать естественный механизм самоочищения вод. В мировой практике есть примеры масштабных успехов очищения водоемов. Так, крупнейшая река Западной Европы — Рейн была превращена промышленными стоками восьми государств, по территории которых она протекает, в зловонный канал, в котором было запрещено купаться. Международными усилиями в 1960—1970 гг. начал осуществляться разработанный комплекс мер по строгому контролю за очисткой сбрасываемых вод, ужесточены санкции за нарушения. Примерно за два десятилетия река восстановилась настолько, что в нее вернулась рыба, а в 1995 г. — даже лососи, особо требовательные к чистоте воды. В США и Канаде в конце 1980-х гг. удалось восстановить рыбный промысел в Великих Озерах, сильно загрязненных нефтью, ртутью, фенольны- ми соединениями. В

России разработаны федеральные программы борьбы с загрязнением Байкала и Волги, которые пока еще реализуются не очень эффективно.

В мире наблюдается неуклонное снижение почвенного плодородия, деградация пахотных и других сельскохозяйственных земель. В целом за счет водной и ветровой эрозии потеряно около 1/3 плодородного слоя. Почвы — трудно восстановимый природный ресурс. На формирование 10 мм почвенного слоя в разных климатических условиях требуется от 10 до 400 и более лет. Вместе с тем накоплен огромный опыт рационального использования почв, их окультуривания и повышения продуктивности. Современное почвоведение накопило глубокие знания о закономерностях почвообразовательных процессов и возможностях неистощительного использования почвенных ресурсов. Основные пути — это экологизация сельскохозяйственного производства, уменьшение влияния тяжелой техники, поддержание баланса биогенных веществ, улучшение структуры почвы, грамотная мелиорация, а главное — поддержание биологических процессов и активизация деятельности почвенных организмов. Стерильные почвы полностью теряют плодородие. Имеются примеры масштабного восстановления нарушенных эрозией почв. В США в штате Канзас было восстановлено плодородие почв, верхние слои которых были практически уничтожены пыльными бурями 1930-х гг. На это потребовалось несколько десятков лет. Восстановление почв — длительный, дорогостоящий и наукоемкий процесс.

Антропогенное изменение среды — неизбежный процесс в эволюции человечества и биосферы. Но он приведет к необратимым для человека последствиям в том случае, если общество не сумеет воспользоваться уже имеющимися и накапливаемыми знаниями и претворять их в практику. Современная наука имеет все возможности для сохранения средообразующих функций природы. Однако из-за трудоемкости, затратности и часто отдаленности результатов природоохранных действий, не сопровождающихся сиюминутной отдачей и прибылью, поддержание среды жизни человека на планете сильно осложняется социальными отношениями в обществе и с трудом проникает в политику государств.

Лекция. Адаптация организмов к экологическим факторам

Факторы окружающей среды в совокупности определяют условия жизни видов. Среди них выделяют особую группу — ***ресурсы жизни.*** К ресурсам относят все те компоненты природы, которые непосредственно используются для поддержания жизнедеятельности и прохождения жизненного цикла: свет и элементы минерального питания для растений, вода, пищевые субстраты, места размножения для животных и т.п. Ресурсы убывают по мере их использования. Они могут восстанавливаться, но всегда имеют верхний «потолок», зависимый, в свою очередь, от природных условий.

Одни и те же компоненты среды могут играть роль и условий, и ресурсов для многих видов. К таким компонентам, например, относится *вода*. В сухих аридных районах она — важнейший ресурс, от которого зависит сама возможность жизни, а в водоемах, болотах и других переувлажненных местообитаниях — определяет условия существования, к которым необходимо вырабатывать соответствующие адаптации. *Солнечный свет* — самый необходимый ресурс жизни для растений, а для животных

— это условие, при котором возможна и осуществляется зрительная ориентация в пространстве.

В истории человеческого общества сфера использования ресурсов природы постоянно расширялась. Потребности наших предков-собирателей ограничивались в основном ресурсами живой природы, необходимым для пропитаня. В пищу шли плоды и вегетативные части растений, моллюски, членистоногие, рыбы, мелкие млекопитающие, птицы, грибы и т.п. Научившись со временем эффективно охотиться на крупных животных, древние люди могли существенно уменьшать их численность в определенных районах. Охота и собирательство потребовали подвижного образа жизни и периодической смены территорий

Минеральные ресурсы использовались первоначально в минимальном количестве, в основном для производства каменных орудий. С возникновением земледелия и переходом к оседлому образу жизни важным ресурсом стала почва, необходимая для посевов, и территории для пастбищ. Неумелое и слишком интенсивное использование почвы приводили к ее деградации, засолению и, в итоге, к резкому снижению ее плодородия, что изменяло судьбы целых народов. С этим связывают, например, падение древней шумерской цивилизации. Выплавление первых металлов, строительство глинобитных и каменных сооружений увеличило зависимость народов от минеральных ресурсов природы, а также от источников энергии. В качестве последних использовали сначала древесину, затем каменный уголь, нефть и другие горючие ископаемые, а затем — электричество, радиоактивные элементы и др. Современная цивилизация использует для материального и культурного потребления огромный спектр компонентов природы. Жизнь современного человечества требует колоссальных водных, земельных, энергетических, минеральных, биологических и других ресурсов. Вероятность исчерпания этих ресурсов определяет будущую судьбу человечества и является предметом политической заботы конкретных государств.

Практически неиссякаемой является *солнечная энергия,* поступающая на Землю. Существенное изменение интенсивности солнечной радиации, рассчитанное астрономами, относится к столь далекому будущему (миллиарды лет), что это не беспокоит современное человечество. Неиссякаемым ресурсом может быть *энергия приливов и отливов,* которые также определяются космическими причинами. Ее только начинают осваивать. Из земных неиссякаемых ресурсов можно с известной долей условности назвать атмосферу и воды Мирового океана, но их антропогенное загрязнение уже превращается в серьезную экологическую проблему. Остальные ресурсы имеют реальные, ощутимые пределы использования.

Ресурсы, за счет которых живет человеческое общество, мы делим на **возобновимые** и **невозобновимые.** К *возобновимым* относятся пресная вода, почвы, растительность, животный мир и все другие биологические объекты. Они возобновляются с разной скоростью, от нескольких лет (растения и животные) до сотен и тысяч лет (почвы), и могут поддерживать человеческое общество только при условии, что скорость их изъятия не превышает скорости самовосстановления. *Невозобновимые ресурсы* природы — это все полезные ископаемые, которые или не образуются вновь, или возрождаются, по меркам геологических измерений, со скоростью, не сопоставимой с их использованием. Рано или поздно их запасы будут исчерпаны. Следовательно,

основная стратегия поддержания современной цивилизации — это соблюдение определенных пределов в использовании возобновимых и экономный расход невозобновимых природных ресурсов, с разработкой возможности их замены. Иначе человечество подорвет основы своего существования на Земле.

Уже сейчас многие невозобновимые ресурсы близятся к своему исчерпанию, а возобновимые находятся либо на грани истощения, либо даже уже за гранью. По расчетам ООН, одна треть человечества повседневно испытывают недостаток пресной воды. Ее мировое потребление за XX столетие выросло в 9 раз. За год используется около 10% стока всех рек, но большая часть пресных вод сильно загрязнена. Разведанных запасов угля при современном уровне потребления хватит на 160—600 лет, нефти — на 25—90, газа — на 40—130, урана — на 30—80 лет. Открываемые новые месторождения находятся в неудобных местах и добыча полезных ископаемых становится все дороже. Быстро иссякают запасы руд, из которых добывают металлы. Важнейших металлов может хватить на срок от 20 до 200 лет (по расчетам, алюминия — на 220, железа — на 160, меди — на 33, а свинца и цинка — всего на 18—20 лет), если сохранятся темпы их современного использования.

На пределе находятся производство и добыча пищевой продукции. С времени зарождения земледелия почвы Земли потеряли примерно треть своего плодородного слоя. Под сельскохозяйственные угодья занята сейчас вся пригодная для этого площадь суши (около 37%). Дальнейшее расширение пахотных земель идет за счет вырубки лесов, которые уже сведены на 1/3 планеты. Предел годового улова рыбы в океане уже достигнут (90 млн т), и дальнейшее увеличение вылова грозит уничтожением промысловых видов. Печальным примером является китобойный промысел, быстро подорвавший численность практически всех видов китов в Мировом океане. Пик добычи мощных китобойных флотилий был достигнут в 1964 г. (убито 64 тыс. китов), и уже через 15 лет, в 1979 г., Международная комиссия по квотам наложила полный запрет на их добычу из-за угрозы окончательного уничтожения этих животных.

Рациональное, неистощительное, использование возобновимых ресурсов требует экологической грамотности общества и не может осуществляться при стихийной эксплуатации природы. Большинство видов в живой природе не достигает такой численности, которая грозила бы им полным подрывом необходимых ресурсов. Их жизнь протекает под постоянным влиянием различных факторов, меняющих силу воздействия и вынуждающих приспосабливаться к ним.

Экологические факторы разной природы (температура, свет, давление, концентрация солей, содержание кислорода и т.п.) по-разному влияют на организмы. Однако, в действии всех факторов существует нечто общее, вызывающее вполне закономерные ответные реакции, которые можно предвидеть и выразить количественно. Этим общим законам подчиняется и человек как существо биологическое

Основная закономерность влияния экологических факторов на организмы получила название **закона оптимума.** Результаты действия переменного фактора зависят прежде всего от силы его проявления, или дозировки. Факторы положительно влияют на организмы лишь в определенных пределах. Недостаточное либо избыточное их действие сказывается на организмах отрицательно. **Зона оптимума** — это тот диапазон действия фактора, который наиболее благоприятен для жизнедеятельности.

Отклонения от оптимума определяют **зоны пессимума.** В них организмы испытывают угнетение. **Минимально** и **максимально переносимые значения фактора** — это критические точки, за которыми организм гибнет.

Закон оптимума универсален. Он определяет границы условий, в которых возможно существование видов, а также меру изменчивости этих условий. Виды чрезвычайно разнообразны по способности переносить изменения факторов. В природе выделяются два крайних варианта — узкая специализация и широкая выносливость. У специализированных видов критические точки значения фактора сильно сближены, такие виды могут жить только в относительно постоянных условиях. Так, многие глубоководные обитатели — рыбы, иглокожие, ракообразные — не переносят колебания температуры даже в пределах 2—3 °С. Растения влажных местообитаний (калужница болотная, недотрога и др.) моментально вянут, если воздух вокруг них не насыщен водяными парами. Виды с узким диапазоном выносливости называют *стенобионтами,* а с широким — *эврибионтами.* Если нужно подчеркнуть отношение к какому- либо фактору, используют сочетания «стено-» и «эври-» применительно к его названию, например, стенотермный вид — не переносящий колебания температур, эвригалинный — способный жить при широких колебаниях солености воды и т.п.

Степень выносливости по отношению к разным факторам может сильно различаться. Стенотермные виды могут жить в широких пределах изменения давления, но не температур. Так, многие рыбы легко меняют глубину обитания (а ведь давление при погружении на каждые 10 м возрастает на одну атмосферу), выбирая слои с оптимальной температурой. Наземные животные, особенно в районах с континентальным климатом, выдерживают значительные годовые и суточные колебания температуры, но чувствительны к перемене давления. Это создает огромное экологическое разнообразие: живые организмы способны заселять все уголки планеты с набором самых разных условий. Сумму экологических возможностей по отношению ко всему набору факторов среды называют ***экологическим спектром вида.***

Правило экологической индивидуальности видов подчеркивает, что каждый вид уникален по своим приспособительным возможностям. Экологические спектры разных видов не совпадают. Даже близкие виды различаются по зонам оптимума, пессимума и положению критических точек в отношении хотя бы одного или

нескольких факторов среды. Эти особенности позволяют им по-разному использовать ресурсы и распределяться в пространстве.

Правило экологической индивидуальности видов впервые (1924 г.) сформулировал отечественный геоботаник Л.Г. Раменский — на примере отношения луговых растений к влажности и содержанию гумуса в почве. Позднее оно было подтверждено многочисленными исследованиями. Это правило имеет большое практическое значение. Для того, чтобы использовать, охранять или контролировать какой-либо вид в природе, нужно очень хорошо знать его отличительные экологические свойства.

Закон оптимума свидетельствует, что в жизни любого вида нет целиком положительных или отрицательных факторов, все зависит от силы их проявления.

В пределах вида также существует значительная изменчивость в реакциях отдельных особей на **силу действия фактора.** Она зависит от половых, возрастных, физиологических и наследственных различий. Ранние стадии развития как растений, так и животных обычно более чувствительны к изменениям среды. Заморозки сильнее действуют на всходы, чем на взрослые растения. Покоящиеся стадии (семена, споры, яйца, куколки насекомых, зимоспящие животные и т.п.) более устойчивы к неблагоприятным факторам по сравнению с активными. В жизни человека проявление индивидуальных особенностей по отношению к факторам среды следует учитывать в первую очередь при заботе о здоровье

В реакциях организмов на изменение условий реализуется также ***закон взаимодействия факторов.*** И оптимальная зона, и пределы выносливости организмов по отношению к любому фактору среды могут изменяться в зависимости от того, в каком сочетании и с какой силой действуют в это время другие факторы. Они могут взаимно усиливать или ослаблять влияние на организм. Так, все знают, что сильный мороз тяжелее переносить в ветреную погоду, а жару — при влажном воздухе. Ветер ускоряет увядание растений при дефиците влаги. Загрязнение воды тяжелыми металлами меняет устойчивость ряда беспозвоночных животных к колебаниям температуры.

Вся практика возделывания культурных растений и выращивания животных основана на грамотном использовании законов оптимума и взаимодействия факторов. Урожайность и продуктивность сортов и пород зависит от того, удается ли не допустить сильного отклонения условий от оптимальных, а тем более — приближения к критическим точкам. На этом же основана и прикладная медицина. Хотя действие отдельных неблагоприятных факторов можно смягчить усилением или ослаблением других, полностью заменить их нельзя. Нехватку тепла для растений не возместить ни поливом, ни круглосуточным освещением, не случайно растительность так скудна в арктических пустынях. Также нельзя ничем компенсировать полное отсутствие влаги. В жарких пустынях Земли есть немногие районы, где дожди не выпадают десятилетиями, и пески там практически стерильны.

Жизнь организмов подчиняется также ***закону (правилу) ограничивающих,*** или ***лимитирующих, факторов.*** Оно позволяет понять, какие из многочисленных и одновременно действующих факторов наиболее важны в данный момент, определяя выживание, рост и развитие организмов. Таким ограничивающим фактором может

стать любой из них, если его значение сильно отклоняется от оптимума и приближается к критическим точкам. Поскольку факторы переменчивы, жизнь организмов в разные отрезки времени может определяться различными условиями среды. Засуха, заморозки, ливни, град, нехватка элементов питания могут попеременно ограничивать развитие сельскохозяйственных растений, и агрономы стараются свести к минимуму их отрицательные воздействия. Если хотя бы один из факторов среды при оптимальном сочетании остальных приближается к критическим точкам, организмам грозит гибель.

Лимитирующие факторы определяют и распространение видов, их ареалы. На границах ареалов условия существования, как правило, далеки от оптимума. Недостаток тепла препятствует продвижению многих видов на север. В тундрах не могут жить земноводные и рептилии. Распространение ряда копытных ограничивается высотой снежного покрова зимой, так как глубокий снег затрудняет их передвижение и добычу корма.

Правило лимитирующих факторов сначала было сформулировано в экологии как ***закон минимума.*** Немецкий химик Ю.Либих, изучавший в конце XIX в. влияние минеральных удобрений на растения, установил, что урожай зависит в первую очередь от тех элементов питания, которых в почве меньше всего по сравнению с необходимой нормой. Например, если калия в почве всего 20% от того, что требуется растениям, то и урожай, несмотря на достаточное количество азота, фосфора и других элементов, не поднимется выше 20% от возможного. Либих не рассматривал влияние на растения избытка удобрений. Лишь спустя несколько десятилетий, после многочисленных наблюдений и экспериментов, биологи установили, что избыток любого фактора, так же как и его недостаток, отрицательно влияет на жизнь организмов. Правило лимитирующих факторов имеет также еще одно название — ***закон толерантности Шелфорда,*** по имени американского зоолога, сформулировавшего его в начале XX в. (толерантность — выносливость). В частности, для растений избыток какого-либо элемента в почве нарушает условия всасывания почвенных растворов, что также снижает урожайность.

Закон оптимума и другие общие законы влияния экологических факторов на организмы пронизывают и всю нашу жизнь. В быту они проявляются в необходимости соблюдения меры в потреблении тех или иных веществ: пищи и отдельных ее компонентов, лекарственных препаратов, чистящих и дезинфицирующих химикатов, средств защиты от вредителей и т.п. Чувство меры во всем, включая поведение, высоко ценится в морали всех народов мира. Однако эти простые и интуитивно давно понимаемые законы часто грубо нарушаются в хозяйственной деятельности, что приводит к загрязнению среды и экологическим катастрофам. Избыток удобрений, вносимых в почву, — причина широко распространенной эвтрофикации (цветения) водоемов. Вынос фосфора и азота с полей в пресные водоемы вызывает бурное размножение бактерий и водорослей с последующим загниванием отмершей массы и созданием анаэробных условий. Избыток ядохимикатов, применяемых в борьбе с вредителями, в конечном счете через продукты питания и воду поступает в организм человека, подрывая здоровье. Все это — последствия деятельности самого человека, не соблюдающего количественные нормы воздействия на окружающую среду.

Адаптивные биологические ритмы — также являются важной экологической особенностью организмов. Большинство видов сталкивается с периодичностью изменений окружающей среды, ритмикой воздействия факторов. Эти внешние по отношению к организмам ритмы определяются геофизическими причинами, связанными с вращением Земли вокруг собственной оси, вокруг Солнца и вращением Луны вокруг Земли. Поэтому на планете происходит регулярная смена дня и ночи, времен года, приливов и отливов на побережьях морей и океанов, а также смена фаз Луны, наблюдаемой с Земли. Эта периодичность проявляется и в жизнедеятельности организмов, если она важна для выживания.

Ритмы жизнедеятельности, связанные с циклическими изменениями внешней среды, называют адаптивными, в отличие от других, чисто биологических ритмов, которые проявляются во всех без исключения процессах в организмах. Ритмы деления клеток, сердцебиения, дыхания, желудочной секреции — это ***внутренние биологические ритмы,*** поддерживающие жизнь. Адаптивные же ритмы — это те, которые приспосабливают организм к циклам внешних условий, например ритмика сна и бодрствования в течение суток, приуроченность периода размножения к определенному времени года, изменение поведения придонных животных во время приливов и отливов и т.п. Если виды в течение своей жизни не сталкиваются с периодичностью внешней среды, адаптивные ритмы у них не выражены. Так, обитатели глубин океана, пещер и других мест с постоянными условиями не проявляют суточной цикличности, их активность имеет другой режим.

У растений суточные ритмы связаны не только с изменением интенсивности фотосинтеза, но и с состоянием тургора, ростовыми процессами и т.п. У животных суточный ритм проявляется прежде всего в смене периодов сна и бодрствования. В течение суток меняется также интенсивность многих физиологических процессов в организме, что сберегает энергию во время отдыха и мобилизует ее в период деятельности. Различают дневные, ночные и сумеречные виды. У некоторых видов изменения активности представляют прямую ответную реакцию на изменение освещенности. Ряд насекомых и грызунов ведет себя «по-ночному», например при наступлении солнечного затмения. Такие виды могут смещать свой суточный ритм в течение года. У других суточная ритмика затрагивает множество функций организма и закреплена наследственно. Такие виды сохраняют цикличность жизнедеятельности, даже если в эксперименте поместить их в условия постоянной освещенности или полной темноты. Периоды циклов в этом случае равны примерно 24 часам, но у разных индивидуумов отличаются на несколько минут, как у часов, которые слегка спешат или отстают. Поэтому такой свободнотекущий ритм, не получая корректирующих сигналов из внешней среды, постепенно смещается во времени, и через несколько суток уже не соответствует реальной смене дня и ночи. При восстановлении нормальных условий синхронность внутренней и внешней ритмики через некоторое время восстанавливается. Такие наследуемые, генетически закрепленные, внутренние ритмы называются *циркадными* (в дословном переводе — околосуточными). Организмы оказываются как бы запрограммированными на определенный режим деятельности в течение суток, а внешние факторы освещенности лишь слегка «подправляют» ход внутренних «биологических часов». Циркадные ритмы свойственны тем видам, для которых изменения условий жизни в течение суток имеют большое значение.

У человека циркадному ритму подвержено свыше 100 физиологических функций (ритм дыхания, сердечной деятельности, желез внутренней секреции, пищеварения, активности мозга, кровяного давления и др.). Сбои этих режимов или адаптация к иной ритмике дня и ночи представляют серьезную медицинскую проблему. С нею сталкиваются люди, работающие в ночную смену, под землей, в подводных и космических кораблях или быстро пересекающие часовые пояса. Перестройка циркадного ритма на новый режим происходит не сразу, для этого требуется от нескольких дней до двух недель, в зависимости от состояния здоровья и нервной системы человека.

Еще более важны для живых существ адаптивные ритмы, связанные с регулярной сменой сезонов года. Они требуют глубоких сдвигов в физиологии организмов, обеспечивающих переживание критических периодов. Это, например, осенний листопад и зимний покой растений, накопление жира, линька, спячка и дальние миграции животных, размножение в наиболее благоприятный сезон и т.п. Такие серьезные перестройки в физиологии требуют времени и должны начинаться заранее, чтобы организм был готов к наступлению соответствующих перемен. Поэтому в годовых ритмах животных и растений особую роль играет **фотопериодизм** — способность реагировать на изменение фотопериода, т.е. соотношение темного и светлого периодов суток. Фотопериод предоставляет точную информацию о приближении очередного времени года. Организмы реагируют не на освещенность и не на непосредственное изменение погодных условий (погода капризна и переменчива и может обмануть), а на изменение длины дня, как на сигнал, что надо готовиться к новому этапу годового цикла. Здесь мы встречаемся с сигнальной ролью фактора, который сам по себе мало значим для выживания, но несет необходимую информацию о предстоящих событиях. Поэтому растения начинают желтеть и сбрасывать листву (а это сложный и длительный физиологический процесс) еще до наступления холодов, а перелетные птицы тянутся на юг, даже если еще продолжается теплая и кормная осень.

Годовая циклика чаще всего глубоко запрограммирована, и перестроить ее трудно. Однако, в хозяйственной практике такая перестройка для некоторых видов удается. Например, имитируя «сокращение» длительности года изменением электрического освещения на звероферме получают от пушных зверей три приплода за двухлетний период. Искусственное удлинение светового дня на птицефабриках стимулирует более раннее наступление периода яйценоскости у кур. В теплицах можно заставить растения раньше зацветать и плодоносить и т.п.

В наиболее сложной ритмической среде живут обитатели мелководий в приливно-отливной зоне. Здесь годовые и суточные циклы сочетаются с циклами приливов и отливов, наступающих дважды в сутки со сдвигом в 50 мин и поэтому приходящихся на разные часы. Эти виды реагируют на сигнальные факторы, готовясь к очередному отливу, в роли которых выступают слабые изменения электромагнитных полей, сопровождающие это явление.

Определенные фазы Луны также выполняют роль сигнальных факторов для ряда мелководных придонных беспозвоночных, например стимулируя у многощетинковых червей палоло массовый выброс половых продуктов. Для видов с наружным оплодотворение очень важна синхронность размножения, что и достигается реакцией на внешний сигнал.

Рассматривая влияние экологических факторов и соответствующие реакции разных видов, мы выделяем ***три основных пути адаптации к условиям среды.*** Первый их них — **подчинение** организма влиянию факторов с изменением интенсивности обмена веществ. Такой путь свойствен видам с переменными температурой тела (пойкилотермным), составом воды (пойкилогидрическим) и т.п. Подчинение среде экономит энергетические ресурсы организма, но ограничивает периоды его активности. Противоположный путь — **активное сопротивление** влиянию внешней среды. Он связан с поддержанием постоянной температуры тела, обводненности и других показателей внутренней среды и развитием способов поддержания постоянства жизнедеятельности (механизмов гомеостаза) в изменяющихся условиях. Таковы гомойотермные, гомойо- гидрические и т.п. виды. Третий путь адаптации свойствен в основном животным, способным к перемещению в пространстве. Это путь **избегания** неблагоприятных условий, активный выбор подходящих местообитаний — миграции, особые формы поведения (рытье нор, строительство гнезд и т.п.), помогающие уйти от отрицательного влияния факторов. Чаще всего в приспособлении видов к среде сочетаются элементы всех трех основных путей адаптаций.

Активная и скрытая жизнь — тоже проявление зависимости от экологических условий. При подчинении неблагоприятным факторам организмы замедляют вещественно-энергетический обмен и приобретают высокую степень устойчивости, которую не могли бы проявить в активном состоянии. Это важная адаптация, позволяющая выживать в экстремальных ситуациях. При глубоком подавлении обмена веществ организмы могут вообще не проявлять признаков жизни. У некоторых видов возможна даже полная остановка метаболических процессов — ***анабиоз,*** или «***мнимая смерть».*** Способность к анабиозу и последующему восстановлению жизнедеятельности отмечена в экспериментах с мелкими организмами (в первую очередь обитающими в условиях резкого изменения условий влажности — в мелких пересыхающих водоемах, в слоевищах лишайников и т.д.) простейшими, коловратками, нематодами, а также со спорами растений и грибов, семенами и т.п.

Необходимое условие анабиоза — практически полное удаление воды из клеток, а условие возможности восстановления жизнедеятельности — сохранение неразрушенными внутриклеточных органелл и мембран. В таких клетках вода содержится в очень мелких многочисленных вакуолях. В состоянии анабиоза организмы сохраняют жизнеспособность неопределенно долгое время и при этом способны переносить невероятно низкие температуры (до —271 °С), сильное радиоактивное облучение, действие различных ядов и др. Споры бактерий из нижних слоев антарктического ледяного щита возвращались к жизни, пролежав там десятки, сотни тысяч, а возможно, и миллионы лет.

Большинство организмов не способно к полному анабиозу из-за сложности строения клеток и невозможности сохранить их структуру при полном обезвоживании. Однако замедление обмена веществ вплоть до глубокого покоя — очень широко распространенная адаптация, значительно расширяющая возможности выживания. Она получила название *латентная,* или *скрытая, жизнь*. Выделяют две формы скрытой жизни — гипобиоз и криптобиоз.

Гипобиоз — прямое замедление обмена веществ при действии неблагоприятного фактора с быстрым возвращением к активной жизни, если фактор перестает действовать. Таково, например, оцепенение насекомых при понижении дневной температуры; вмерзание в лед водных растений, личинок стрекоз или лягушек (если кристаллики льда образуются не в клетках, а только во внеклеточной жидкости, при оттаивании их жизнедеятельность восстанавливается). Если условия жизни благоприятны, гипобиоз не наступает, и организмы активны в течение всей жизни.

Криптобиоз составляет часть жизненного цикла организмов. Он генетически запрограммирован и приурочен к наступлению неблагоприятного времени года. Организмы готовятся к нему заранее и впадают в криптобиоз, даже если условия остаются постоянными. Таков, например, зимний покой растений. Листопадное дерево в определенный период сбросит листву, даже если выращивать его в теплице. К явлениям криптобиоза относятся спячка животных и различные проявления диа- паузы — приостановки развития в яйцах, семенах, на разных этапах жизни насекомых, в эмбриональном развитии некоторых млекопитающих, которые приходятся на зимнее время или другие неблагоприятные, регулярно повторяющиеся периоды года. Из криптобиоза организм нельзя вывести сразу, простым изменением условий, нужно время, чтобы он начал реагировать на определенные сигнальные факторы.

Знание путей и возможностей адаптаций организмов используется при разработке биологических технологий. Например, явление анабиоза коренным образом изменило режим содержания культур микроорганизмов. Штаммы с интересующими человека свойствами раньше хранили в активном состоянии, что требовало постоянного их пересева и не давало гарантии сохранения свойств из-за постоянно возникающих мутаций. Теперь их держат при температурах, близких к абсолютному нулю, в состоянии анабиоза. Сходные технологии применяют для хранения клеток и тканей в медицинских целях, спермы ценных производителей при селекции животных, генетического материала видов, которым грозит вымирание, и т.п. Разработка любых биотехнологий требует глубокого знания адаптивных особенностей используемых видов.

Литература

Основная литература

1. Горелов А.А. Экология: Конспект лекций. – М.: ЮРАЙТ, Высшее образование, 2009. – 192с. – (Хочу все сдать)
2. Коробкин В.И. Экология: учеб. для вузов / В.И.Коробкин, Л.В.Передельский. – 16-е изд., доп. и перераб. – Ростов н/Д: Феникс, 2010. – 602с.: ил. _ (Высшее образование) МО РФ
3. Николайкин Н.И. Экология: учеб. для вузов / Н.И.Николайкин, Н.Е.Николайкина, О.П.Мелехова. - 7-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2009. – 622 с.: ил. – (Высш. образование) МОРФ

Дополнительная литература

1. Вронский В.А. Экология и окружающая среда. Словарь – справочник. М.: МарТ, 2008.

2. Занимательная экология. Интерактивная компьютерная обучающая программа. CD: Экология в рассказах. Основы экологии. География экосистем и экологических катастроф. Тесты: Информационно-справочные материалы. CD
3. Инженерная экология в нефтегазовом комплексе: Учеб. пособ. / Ягафарова Г.Г., Насырова Л.А., Шахова В.А. и др. –Уфа: Нефтегазовое дело, 2007. – 334с.
4. Природа и география России. Большая энциклопедия России. 2007. CD.
5. Учебно-метод. видеофильмы для учителей и педагогов дополнительного образования. Эколог. исследования школьников в природе. Ч.1 Весенний сезон. CD
6. Учебно-метод. видеофильмы для учителей и педагогов дополнительного образования. Эколог. исследования школьников в природе. Ч.1 Зимний сезон. CD
7. Учебно-метод. видеофильмы для учителей и педагогов дополнительного образования. Эколог. исследования школьников в природе. Ч.1 Летний сезон. CD
8. Учебно-метод. видеофильмы для учителей и педагогов дополнительного образования. Эколог. исследования школьников в природе. Ч.1 Осенний сезон. CD
9. ЭкоГид: Путеводитель по экосистемам.(Иллюстрированные атласы-определители средней полосы)Ассоциация «Экосистема».CD

РАЗДЕЛ 5. ГЛОБАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

Человечество как биологический вид появилось на планете в результате длительной эволюции живой природы. Несмотря на то, что *Homo sapiens* (Человек разумный) — новая, высшая ступень эволюции, человеческое общество подчиняется всем основным природным законам и полностью зависит от состояния жизни на Земле. Это простое обстоятельство по-настоящему стало осознаваться лишь во второй половине XX столетия, когда вплотную приблизилась угроза глобального экологического кризиса. Гигантская техническая мощь современного человечества и быстрый рост численности населения на планете, получивший название «демографического взрыва», стали причиной того, что на глазах живущих поколений происходит масштабная деградация природы. Эти разрушения затрагивают не только конкретные регионы, но начинают проявляться и в масштабах всей биосферы. Человечество подходит к пределу, угрожающему его выживанию на планете.

Именно живая природа создала и поддерживает всю систему жизнеобеспечения человека на Земле. Пища, чистая пресная вода, кислород воздуха, озоновый экран над Землей, защищающий от губительного коротковолнового космического излучения Солнца, плодородная почва, биологические круговороты веществ, перерабатывающие отходы жизнедеятельности, целый ряд составляющих климата — это те основные ресурсы и условия существования человека, которые обеспечиваются биосферой. Биология человека приспособлена именно к современному этапу исторического развития жизни на планете. Трудно, например, представить возможности его существования в условиях далекого прошлого, хотя бы в кембрийский период, когда в атмосфере было мало кислорода и много углекислого газа, был слаб озоновый экран, на

суше отсутствовала растительность и постоянные размывы грунта создавали неустойчивость границ водотоков и побережий.

Современное общество кроме обеспечения биологических потребностей использует огромное количество ресурсов природы для развития промышленности, транспорта, сельскохозяйственного производства и строительства. Мировая добыча полезных ископаемых к началу XXI в. составляет ежегодно около 10 млрд т. Это в сотни раз больше того, что выносится из недр Земли за счет природных процессов — активности вулканов и просачиваний на дне океана, и приближается к тому объему вещества, которое сносят в моря все реки мира. Потребление человеком энергии за последнее столетие возросло в 100 раз. Если сохранятся современные темпы производства энергии, то понадобится всего две сотни лет, чтобы она сравнялась с той, что Земля получает от Солнца. Для хозяйственных нужд используется в настоящее время 40% стока рек. Ежегодно производится 30 млрд т отходов, что равноценно весу горного хребта, а в промышленно развитых странах и регионах сжигается столько кислорода воздуха, что его не успевает поставлять растительность этих территорий.

Деятельность человека на планете, как впервые утверждал еще в начале XX в. В.И. Вернадский, становится силой геологического масштаба. Тем самым резко увеличивается риск нарушения биосферного равновесия, что затрагивает судьбу самого человечества и эволюцию жизни. На Земле множатся локальные катастрофы, вызываемые хозяйственной деятельностью человека: эрозия и падение плодородия почв, уменьшение площади лесов, разрастание пустынь, накопление отбросов, нехватка пресной воды, кислые дожди, загрязнение среды токсичными и радиоактивными веществами, вымирание диких видов, взрывы численности вредителей и многое другое. В такой среде людям становится все труднее вести здоровый образ жизни и сохранять основы наследственности.

Природа на протяжении почти всей истории человечества была сильнее его и всегда восстанавливала производимые нарушения. Сейчас мы находимся на таком этапе, когда разрушительные процессы, вызываемые потреблением ресурсов биосферы, начинают превосходить восстановительные силы живой природы. Затрагивается вся система жизнеобеспечения человеческого общества на планете. Современный мир стоит перед необходимостью резко менять систему хозяйствования, считаясь прежде всего с законами устойчивости и развития жизни. Эта гигантская задача требует усилий всего человеческого общества, включая международные организации, отдельные государства, корпорации, компании, предприятия и личную деятельность каждого человека. С середины XX в. Организация Объединенных Наций начала разработку международных программ, углубляющих научные основы понимания и прогнозирования биосферных процессов. Первая Всемирная межправительственная конференция 1977 г. в Тбилиси поставила перед миром задачи всеобщего экологического образования.

Единственной альтернативой стихийного развития общества, приведшего мир на грань глобальной экологической катастрофы, становится сознательная переориентация экономики и образа жизни на путь, не противоречащий, а согласующийся с законами живой природы. Человечество осознает, наконец, что оно — ее часть и должно быть встроено в общую природную систему таким образом, чтобы не только не подрывать своего будущего, но и иметь возможность длительного устойчивого развития. Для этого необходимо, прежде всего, знать и глубоко понимать те связи и закономерности, которым подчиняется жизнь на нашей планете.

Именно связи, объединяющие все живое на Земле и поддерживающие тесное единство с окружающей неживой природой, являются предметом науки экологии. Знание ее основ необходимо каждому грамотному человеку, поскольку экология представляет научный фундамент рационального, неистощительного природопользования. Она, с одной стороны, заставляет понимать необходимость целого ряда запретов и ограничений в сферах хозяйственной деятельности, а с другой — открывает новые возможности и горизонты для развития общества.

Влияние человечества на биосферу складывается из миллиардов мелких и крупных актов, от действий конкретных людей до политики государств и международных сообществ. Всеобщее и непрерывное экологическое образование становится необходимым условием современности. Начинаясь со школьной скамьи, оно должно сопровождать человека всю жизнь во всех сферах его деятельности. Связь экологических, социальных и экономических проблем регулярно обсуждается мировым сообществом в рамках Организации Объединенных Наций и ЮНЕСКО — организации ООН по вопросам образования, науки и культуры, а также ЮНЕП — программы ООН по окружающей среде. Крупные международные форумы по этим проблемам состоялись в 1972 г. в Стокгольме, в 1992 г. в Рио-де-Жанейро и в 2002 г. в Йоханнесбурге. Сформирована концепция «устойчивого развития» и выработаны рекомендации правительствам всех стран по реализации тех мер, которые направлены на улучшение качества среды жизни на планете и предотвращение экологических катастроф. Эти меры не допускают отсрочки, так как деградация природы происходит ускоряющимися темпами и на исправление положения человечество имеет в запасе, по разным расчетам, лишь несколько десятков лет. Годы 2005—2015 объявлены ЮНЕСКО десятилетием экологического образования в интересах устойчивого развития.

Современная деятельность человечества отрицательно сказывается на судьбе множества видов дикой природы. Важно знать степень их устойчивости к разным формам антропогенных воздействий, возможности выживания в новых условиях, уметь планировать пути сохранения вымирающих форм. Видовое богатство органического мира — неиссякаемый источник новых возможностей для хозяйственной практики. Это демонстрируют, например, новейшие биотехнологии. Активно размножающуюся водоросль хлореллу, которая обладает высокой интенсивностью фотосинтеза, используют для быстрого наращивания кормовой биомассы и для обогащения воздуха кислородом. Сидячих морских животных асцидий в Японии разводят для получения из их тел ванадия, поскольку обнаружено, что асцидии способны в значительных количествах концентрировать этот химический элемент из морской воды. Разные виды и штаммы микроорганизмов используют для очистки сточных вод, ликвидации загрязнения почвы и воды после разливов нефти, для извлечения металлов из бедных руд, для получения новых лекарств и витаминов. Можно эффективно использовать даже потенциал тех видов, с которыми человек обычно ведет непримиримую борьбу, если мы хорошо знаем их экологические особенности и можем управлять их размножением. Например, в России разработана технология получения личинок комнатной мухи для эффективной и быстрой переработки отходов свиноводческих комплексов. От взрослых мух, которых держат в инсектариях, получают большое количество яиц и засевают ими навоз, помещенный на медленно двигающийся конвейер. Через пять дней личинки превращают антисанитарные отбросы в рассыпчатую гумусиро- ванную массу,

пропущенную через их кишечники и стерилизованную наружными бактерицидными выделениями, — ценное органическое удобрение. Взрослых личинок («опарышей») перед окукливанием автоматически извлекают из субстрата и используют либо как живой корм на птицефермах, в рыбоводческих прудах и т.п., либо для получения белкового корма в животноводстве.

Драгоценный ранее жемчуг превратился ныне во вполне доступное украшение благодаря технологии искусственного выращивания жемчужин у специально разводимых моллюсков. Ряд видов рыб, моллюсков, ракообразных и других промысловых животных, находящихся на грани уничтожения в океане, начинают разводить в аквакультуре, т.е. на морских фермах. Все эти мероприятия требуют глубокого знания экологии видов. Таким образом, аутэкология поставляет неоценимые материалы и для теоретической науки, и для практики.

В XIX в. оформился и другой раздел экологии, в центре внимания которого находятся не отдельные особи и виды, а их закономерные сообщества. В 1877 г. немецкий гидробиолог Карл Мёбиус, изучая условия жизни промысловых устриц в Северном море, ввел в науку понятие *биоценоз*. Живая природа подразделена не только на отдельные организмы и виды, но и на биоценозы, т.е. такие сожительства разных видов, которые повторяются в пространстве и типичны для определенных условий. Так, вместе с устрицами обитают совершенно определенные виды сидячих ракообразных, других моллюсков, червей, рыб, морских звезд и т.п. Мёбиус подчеркивал, что сосуществующие вместе виды, с одной стороны, сходны по отношению к ведущим факторам среды (температура воды, глубина, соленость, грунты, течения и т.п.), а с другой — связаны друг с другом всевозможными отношениями (пищевыми, конкурентными, взаимовыгодными), так что удаление из биоценоза какого- либо одного вида сказывается на численности и состоянии других. Виды приспособились к совместной жизни в ходе исторического развития.

Учение о биоценозах перенесли и на наземную жизнь. Особенно подробно стали изучать закономерности сложения растительного покрова суши и вслед за этим — общие характеристики биоценозов: их видовой состав, структуру, связи между видами как главный механизм объединения их в сообщества, динамичность и устойчивость. Так сформировалась **биоценология** — самостоятельный раздел экологии. К нему относятся и специальные науки о растительном покрове — *фитоценология* и *геоботаника*.

Современная биоценология также имеет не только теоретическое, но и глубочайшее практическое значение. Эксплуатируя природу, человек сильно преобразует естественные биоценозы, меняя условия их существования, изымая и уничтожая ряд видов или, наоборот, интродуцируя новые из других районов планеты. Поля, сады, пастбища и сенокосы, сеяные луга, лесопосадки, культуры закрытого грунта, городские парки и скверы — это искусственно создаваемые биоценозы, в которых, тем не менее, продолжают действовать естественные законы. Незнание их, неумение их использовать резко снижает устойчивость и продуктивность этих сообществ. Например, химическая борьба с вредителями, в массе размножающимися на полях и в садах, часто приводит к прямо противоположным результатам: через некоторое время они дают новый, еще более высокий всплеск численности, а применяемые в еще большем количестве яды загрязняют среду и производимые продукты питания, что отрицательно сказывается на здоровье населения. Вместе с тем есть уже много примеров успешного использования вместо ядов естественных врагов вредителей. Эти

методы получили название «биологические». Чем больше мы знаем о связях в биоценозах, тем больше получаем возможностей управлять ими.

В дикой природе почти не осталось биоценозов, не затронутых влиянием человека: ни на дне морей и океанов, ни в лесах тропического и умеренного поясов, ни в горах, ни на территориях бывших степей и саванн, ни в тундре и пустынях. Даже в заповедниках, где вмешательство людей в жизнь природы запрещено, идет постепенное изменение естественных сообществ в результате так называемого фонового загрязнения атмосферы промышленными выбросами, преобразования животного и растительного мира на окружающих территориях, затруднения миграций и расселения видов. Особенно сильно меняется растительность и животное население вблизи городов, на урбанизированных территориях. Здесь возникают новые, не существовавшие ранее биоценозы, где главную роль начинают играть так называемые синантропные животные — спутники поселений человека, а естественная растительность уступает место посадкам и скоплениям сорных видов. В окружающей человека среде изменяются и микробные сообщества.

Эти преобразования живой природы в результате хозяйствования на Земле человека — уже свершившийся факт. Только изучение и грамотное использование биоценотических законов позволит поддерживать относительную стабильность окружающего живого мира не подрывая, а используя те связи, которые формировались миллионами лет. Законы биоценологии диктуют нам основные правила охраны природы и среды жизни человека.

Лекция. Загрязнение атмосферы

Структура и состав атмосферы.

Атмосфера — газовая оболочка земли. Ее масса около $5{,}9 \cdot 10^{15}$ т. Она имеет слоистое строение и состоит из нескольких сфер, между которыми располагаются переходные слои — паузы. В сферах изменяется количество воздуха и температура.

Наиболее плотный слой воздуха, прилегающий к земной поверхности, носит название **тропосферы.** Протяженность ее по высоте в средних широтах составляет 10-12 км над уровнем моря, на полюсах - 7-10, над экватором - 16-18 км. В тропосфере сосредоточено более 4/5 массы земной атмосферы. Из-за неравномерности нагрева земной поверхности в ней образуются мощные вертикальные токи воздуха, отмечаются неустойчивость температуры, относительной влажности, давления и т. д. Температура воздуха в тропосфере по высоте уменьшается на 0,6° на каждые 100 м и колеблется от 40 до -50°С.

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°С), а затем начинает повышаться и на высоте 50 км дости-гает 10°С. В стратосфере под воздействием космического излучения и коротковол-новой части ультрафиолетового излучения Солнца молекулы воздуха ионизируются, в результате чего образуется озон. Озоновый слой находится на высоте 25–40 км.

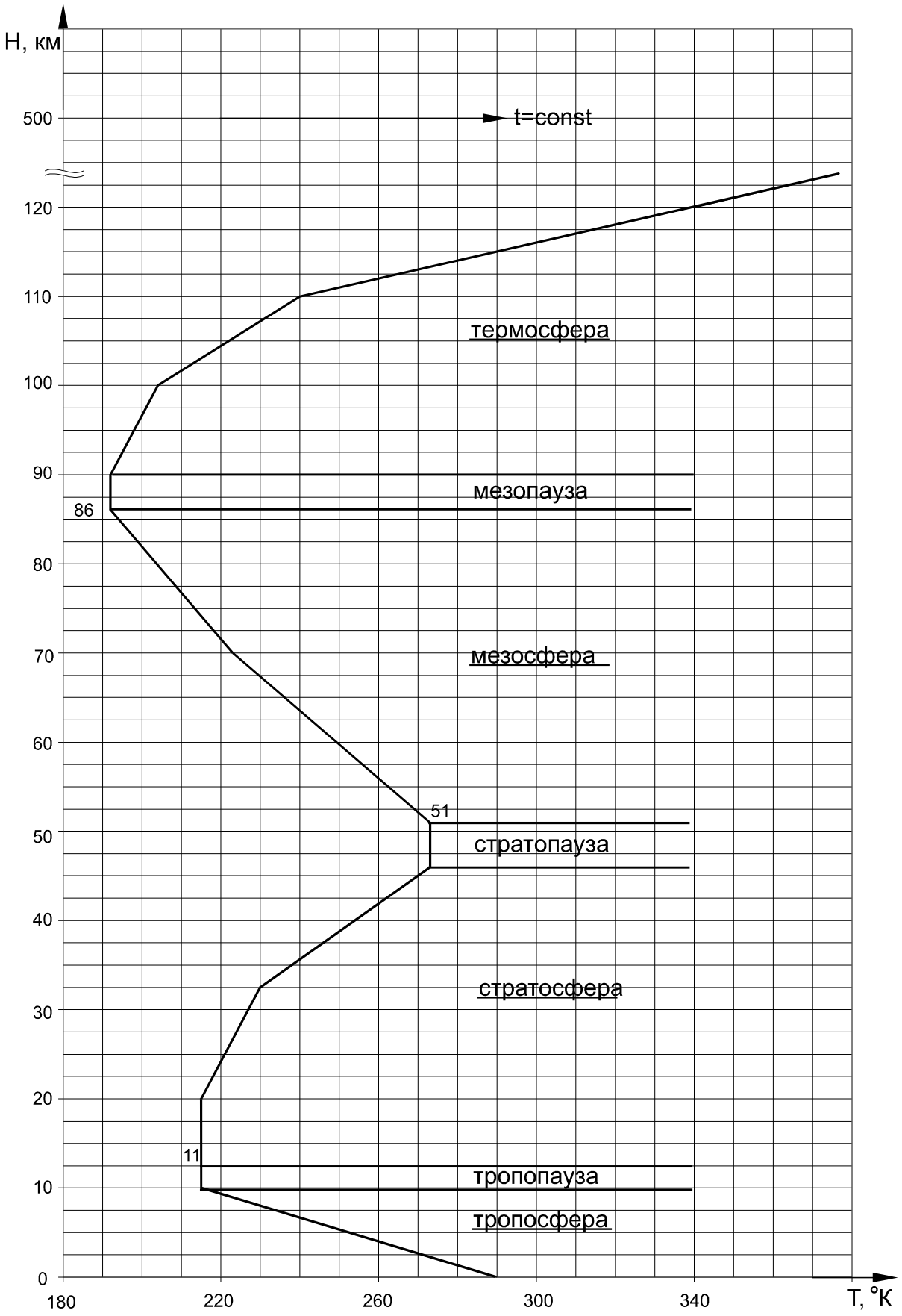
Стратопауза отделяет стратосферу от лежащей выше мезосферы. Выше мезосферы расположена термосфера (или ионосфера), между которыми имеется

мезопауза. Для термосферы характерно непрерывное повышение температуры с увеличением высоты. На высоте 200 км - 500°С, а на высоте 500–600 км превышает 1500°С. В термосфере газы очень разрежены. Молекулы их движутся с большой скоростью, но редко сталкиваются между собой и поэтому не могут вызвать даже небольшого нагревания находящегося здесь тела.

Под действием солнечного излечения в атмосфере протекает множество реакций, в которых участвуют кислород, озон, азот, оксид азота, пары воды, диоксид углерода. Ионизация происходит в основном на высоте 70-80 км. При этом отмечаются отрицательные и положительные ионы.

Атмосфера состоит в основном из кислорода и азота. На высоте 110–120 км кислород почти весь становится атомарным. Предполагается, что выше 400–500 км и азот находится в атомарном состоянии. Кислородно-азотный состав сохраняется примерно до высоты 400–600 км.

Структура атмосферы и среднегодовые измения температуры по высоте согласно "стандартной атмосфере"



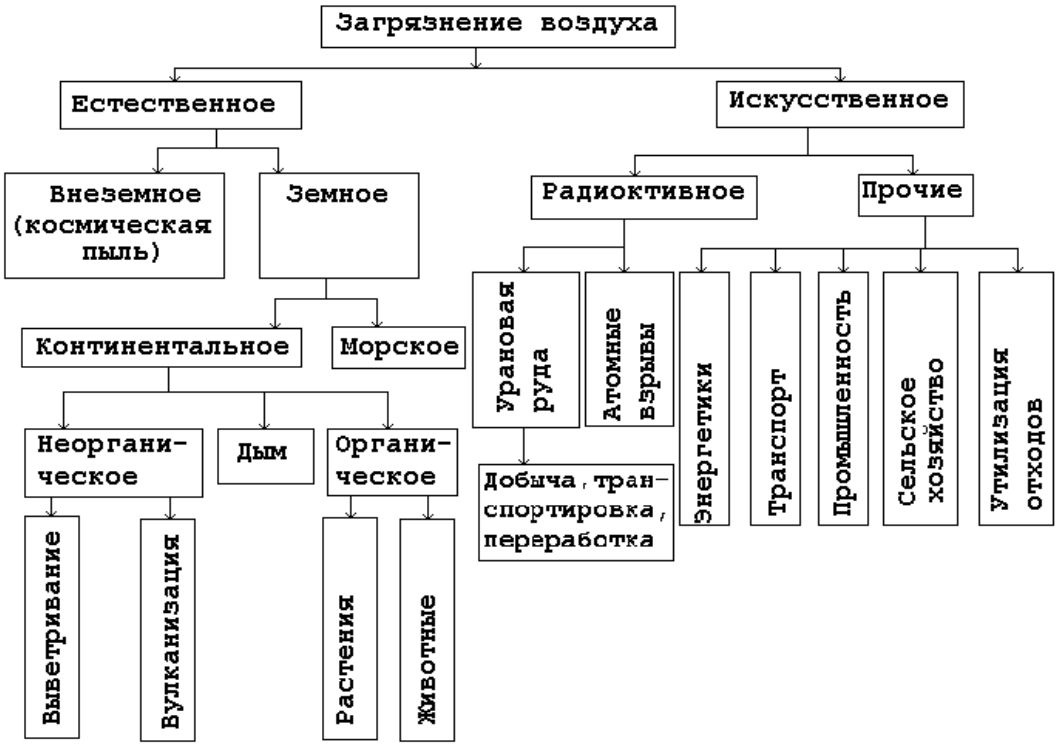
Выше 600 км в атмосфере начинает преобладать гелий. Гелиевая корона Земли простирается примерно до высоты 1600 км, а выше 2000–3000 км преобладает водород.

Структура атмосферы и изменение температуры по высоте представлены на следующем рисунке. В экологии принято обычно рассматривать два нижних слоя: тропосферу и стратосферу. Кроме того существует понятие "приземного слоя" атмосферы высотой 2 м над поверхностью суши.

Атмосфера является основной составляющей биосферы, подверженной техническому воздействию. Из атмосферы загрязнение переходит на литосферу, на водную поверхность и на биоту.

Для характеристики состава атмосферы и её загрязнения используется понятие концентрации "С" (мг/м^3 или % об).

Чистый естественный воздух имеет следующий состав (в % об): азот 78,8 %; кислород 20,95 %; аргон 0,93 %; CO_2 0,03 %; прочие газы 0,01 %. Считается, что такому составу должен соответствовать воздух на высоте 1 м над поверхностью океана вдали от берегов.



Классификация источников загрязнения атмосферы.

Как и для всех других составляющих биосферы, для атмосферы существуют два главных источника загрязнения: естественный и антропогенный (искусственный). Вся классификация источников загрязнения может быть представлена по вышеприведенной структурной схеме.

Промышленность, транспорт, энергетика – основные источники загрязнения воздушного бассейна. По характеру воздействия на биосферу загрязнители атмосферы можно разделить на 3 группы:

1. Влияющие на глобальное потепление климата.
2. Разрушающие биоту.
3. Разрушающие озоновый слой.

Краткие характеристики некоторых загрязнителей атмосферы.

К загрязнителям первой группы следует отнести CO_2, закись азота, метан, фреоны. В создание "парникового эффекта" главный вклад вносит углекислый газ, концентрация которого ежегодно возрастает на 0,4%. По сравнению с серединой XIX века содержание CO_2 возросло на 25%, закиси азота на 19%.

Фреоны — химические соединения, несвойственные атмосфере, используемые в качестве хладагентов — повинны на 25% в создании парникового эффекта в 80-е годы. Расчеты показывают, что несмотря на Монреальское соглашение 1987 г. об ограничении использования фреонов, к 2040 г. концентрация основных фреонов существенно возрастет (хлорфторуглерода 11 на 77%, хлорфторуглерода 12 на 66%), что приведет к усилению парникового эффекта на 20%. Возрастание содержания метана в атмосфере произошло незначительно, однако удельный вклад этого газа примерно в 25 раз выше, чем углекислого газа. Если не прекратить поступление в атмосферу "парниковых" газов, среднегодовые температуры на Земле к концу XXI века поднимутся в среднем на 2,5÷5°C. Необходимо: сократить сжигание углеводородного топлива и сведение лесов. Последнее опасно, кроме того, что приведет к увеличению углерода в атмосфере, также вызовет снижение ассимилирующей способности биосферы. (В последнее десятилетие XX века ежегодно недопоглощено CO_2 из атмосферы 1 млрд. т.) Ожидается, что к 2010 году прирост выбросов углерода в атмосферу за 20 лет составит 50÷70.

К загрязнителям второй группы следует отнести двуокись серы, взвешенные твердые частицы, озон, окись углерода, окись азота, углеводороды.

Из этих веществ в газообразном состоянии наибольший ущерб биосфере наносят двуокись серы и окислы азота, которые в процессе химических реакций преобразуются в мелкие кристаллы солей серной и азотной кислоты. Наиболее острой является проблема загрязнения атмосферы серосодержащими веществами. Диоксид серы оказывает вредное действие на растения. Поступая внутрь листа при дыхании, SO_2 угнетает жизнедеятельность клеток. При этом листья растений сначала покрываются бурыми пятнами, а потом засыхают.

Диоксид серы и другие ее соединения раздражают слизистую оболочку глаз и дыхательные пути. Продолжительное действие малых концентраций SO_2 ведет к возникновению хронического гастрита, гепатопатии, бронхита, ларингита и других болезней. Есть сведения о связи между содержанием SO_2 в воздухе и уровнем смертности от рака легких.

В атмосфере SO_2 окисляется до SO_3. Окисление происходит каталитически под воздействием следов металлов, главным образом марганца. Кроме того, газообразный и растворенный в воде SO_2 может окисляться озоном или пероксидом водорода. Соединяясь с водой, SO_3 образует серную кислоту, которая с металлами, имеющимися в

атмосфере, образует сульфаты. Биологическое действие кислых сульфатов при равенстве концентраций более выражено по сравнению с SO_2.

Диоксид серы существует в атмосфере от нескольких часов до нескольких дней в зависимости от влажности и других условий.

Вообще аэрозоли солей и кислот проникают в чувствительные ткани легких, опустошают леса и озера, снижают урожай, разрушают постройки, архитектурные и археологические памятники. Взвешенные твердые частицы представляют опасность для здоровья населения, превосходящую опасность кислотных аэрозолей. В основном это опасность больших городов. Особенно вредные твердые вещества содержатся в выхлопных газах дизелей и двухтактных бензиновых двигателей. Большинство твердых частиц в воздухе промышленного происхождения в развитых странах успешно улавливаются всевозможными техническими средствами, основные из которых будут рассмотрены далее.

Озон в приземном слое появляется в результате взаимодействия углеводородов, образующихся при неполном сгорании топлива в автомобильных двигателях и выделяющихся при многих производственных процессах, с окислами азота. Это один из наиболее опасных загрязнителей, поражающих органы дыхания. Он наиболее интенсивен в жаркую погоду.

Окись углерода, окислы азота и углеводороды в основном поступают в атмосферу с выхлопными газами автомобилей. Все перечисленные химические соединения оказывают разрушительное действие на экосистемы при концентрациях даже более низких, чем допустимые для человека: закисляют водные бассейны, убивая в них живые организмы, губят леса, снижают урожаи сельскохозяйственных культур (особенно опасен озон). Исследования в США показали, что современные концентрации озона снижают урожай сорго и кукурузы на 1%, хлопка и соевых бобов — на 7%, люцерны — более чем на 30%.

Из загрязнителей разрушающих стратосферный озоновый слой следует отметить фреоны, азотные соединения, выхлопы сверхзвуковых самолетов и ракет.

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 происходит 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. и в последнее время получил название возникновения **озоновых дыр.** Если сконцентрировать весь озон в условном сплошном слое, то его толщина не превысит 3 мм. Содержание озона максимально в приполярных областях, минимально - вблизи экватора.

Исследование причин сокращения содержания озона в атмосфере показало, что главная из них - высокая концентрация в атмосфере монооксида хлора, причем наблюдается четкая корреляция между содержанием монооксида хлора и снижением содержания кислорода.

Основным источником хлора в атмосфере считаются **фреоны** — фторхлороуглеводороды, широко используемые в качестве холодильных агентов. 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 высотах 15–25 км (зона максимального содержания озона) они подвергаются воздействию ультрафиолетовых лучей и распадаются с образованием атомарного хлора.

Установлено, что за последнее десятилетие потери озонового слоя составили 12–15% в полярных и 4–8% в средних широтах. В 1992 году были установлены ошеломляющие результаты: на широте Москвы обнаружены участки с потерей озонового слоя до 45%. Уже сейчас по причине усиления ультрафиолетовой инсоляции наблюдается снижение урожаев в Австралии и Новой Зеландии, увеличение заболеваний раком кожи.

Техногенные вещества биосферы, оказывающие вредное воздействие на биоту классифицируются следующим образом (приводится общая классификация, справедливая не только для газообразных веществ).

По степени опасности все вредные вещества разделены на четыре класса:

I – чрезвычайно опасные вещества;

II – высоко опасные вещества;

III – умеренно опасные вещества;

IV – малоопасные вещества — см. таблицу.

Для того, чтобы отнести вещество к тому или иному классу опасности надо воспользоваться данными следующей таблицы.

Классификация вредных веществ

Показатель	Норма для класса опасности			
	I	II	III	IV
а) Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м^3	менее 0,1	0,1÷1,0	1,1÷10	более 10
б) Средняя смертельная доза при введении в желудок (ССДЖ), мг/кг	менее 15	15÷150	151÷5000	более 5000
в) Средняя смертельная доза при нанесении на кожу (ССДК), мг/кг	менее 100	100÷500	501÷2500	более 2500
г) Средняя смертельная концентрация в воздухе (ССКВ), мг/м^3	менее 500	500÷5000	5001÷50000	более 50000
д) Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	более 300	300÷30	29÷3	менее 3
е) зона острого действия (ЗОД)	менее 6	6÷18	18÷54	более 54
ж) зона хронического действия (ЗХД)	более 10,0	10,0÷5,0	4,9÷2,5	менее 2,5

Отнесение вредного вещества к классу опасности производят по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности.

Здесь: а) — концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч, или другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю, в

течении всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений;

б) — доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при однократном введении в желудок;

в) — доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при однократном нанесении на кожу;

г) — концентрация вещества в воздухе, вызывающая гибель 50% животных при двух–четырех часовом ингаляционном воздействии;

д) — отношение максимально допустимой концентрации вредного вещества в воздухе при 20° С к средней смертельной концентрации для мышей;

е) — отношение средней смертельной концентрации вредного вещества к минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций;

ж) — Отношение минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций, к минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей вредное действие в хроническом эксперименте по 4 ч, 5 раз в неделю на протяжении не менее 4-х месяцев.

Опасность загрязняющих атмосферу веществ для здоровья человека, зависит не только от их содержания в воздухе, но и от класса опасности. Для сравнительной оценки атмосферы городов, районов с учетом класса опасности загрязняющих веществ используется индекс загрязнения атмосферы. Степень загрязнения атмосферы одним веществом выражается через единичный индекс загрязненности (J_i).

$J_i : \left(\frac{C_{ic}}{ПДК_{ic}} \right)^{K_i}$, где C_{ic} — средняя концентрация i-го вещества в атмосфере (на основе регистрации наблюдений);

$ПДК_i$ — среднесуточная предельно допустимая концентрация i-го вещества;

K_i — безразмерная константа приведения степени вредности i-го вещества к вредности сернистого газа.

Значение константы K_i в зависимости от класса опасности вещества принимаются из таблицы.

Класс опасности	K_i
I	1,7
II	1,3
III	1,0
IV	0,9

Загрязнения атмосферы несколькими веществами оценивается комплексным индексом (суммарным) ($J_э$):

$$J_э = \sum_{i=1}^{m} J_i = \sum_{i=1}^{m} \left(\frac{C_{ic}}{ПДК_{ic}} \right)^{K_i}$$, где m — число вредных веществ, учитываемых при оценке загрязнения атмосферы.

Единичный и комплексный индексы загрязнения атмосферы могут рассчитываться для разных временных интервалов — за месяц, год. При этом в расчетах используются среднемесячная и среднегодовая концентрация загрязняющих веществ.

Для тех загрязняющих веществ, для которых не установлены ПДК, устанавливается ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ). Как правило, это объясняется тем, что не накоплен опыт их применения, достаточный для суждения об отдаленных последствиях воздействия их на население. Если в технологических процессах выделяется и поступает в воздушную среду вещества, на которые нет утвержденных ПДК или ОБУВ, предприятия обязаны обращаться в территориальные органы Минприроды для установления временных нормативов. Кроме того, для некоторых веществ, загрязняющих воздух от случая к случаю, установлены только разовые ПДК (например, для формалина).

Для некоторых тяжелых металлов нормируются не только среднесуточное содержание в атмосферном воздухе ($ПДК_{сс}$), но и предельно допустимая концентрация при разовых замерах ($ПДК_{рз}$) в воздухе рабочей зоны (например, для свинца — $ПДК_{сс}$=0,0003 мг/м^3, а $ПДК_{рз}$=0,01 мг/м^3).

Нормируются также допустимые концентрации пылей и пестицидов в атмосферном воздухе. Так, для пылей, содержащих диоксид кремния, ПДК зависит от содержания в ней свободной SiO_2 при изменении содержания SiO_2 от 70% до 10% ПДК меняется от 1 мг/м^3 до 4,0 мг/м^3.

Некоторые вещества обладают однонаправленным вредным воздействием, которое называется эффектом суммации (например, ацетон, акролеин, фталевый ангидрид —1 группа).

Для каждой группы этих веществ используются понятия приведенной концентрации ($C'_{пр}$), т.е. концентрация всех веществ приводится к значению концентрации одного из них (C_1):

$$C'_{пр} = C_1 + C_2 \cdot \frac{ПДК_1}{ПДК_2} + \ldots + C_n \cdot \frac{ПДК_1}{ПДК_n}$$ мг/м^3, где $C_2...C_n$ — концентрации веществ, приводимые к концентрации вещества С1;

$ПДК_1...ПДК_n$ — предельно допустимые концентрации веществ, входящих в одну группу с эффектом суммации.

Иногда для веществ, обладающих эффектом суммации, используется другая нормативная характеристика — безразмерная (относительная) суммарная концентрация — q:

$$q = \frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \frac{C_3}{ПДК_3} + \ldots + \frac{C_n}{ПДК_n}.$$

Эта величина (закон Ле Шателье) должна быть меньше или в крайнем случае равна 1 ($q \leq 1$).

Антропогенные загрязнения атмосферы можно характеризовать по длительности присутствия в атмосфере, по скорости возрастания их содержания, по масштабу влияния, по характеру влияния.

Длительность присутствия одних и тех же веществ различна в тропосфере и стратосфере. Так, CO_2 присутствует в тропосфере 4 года, а в стратосфере — 2 года, озон — 30–40 суток в тропосфере, и 2 года в стратосфере, а окись азота — 150 лет (и там, и там).

Различна скорость накопления загрязнений в атмосфере (вероятно, связанная с утилизационной способностью биосферы). Так содержание CO_2 возрастает по 0,4% в год, а окислов азота — по 0,2% в год.

Основные принципы гигиенического нормирования атмосферных загрязнителей.

В основе гигиенического нормирования атмосферных загрязнений лежат следующие критерии вредности атмосферных загрязнений:

1. Допустимой может быть признана только такая концентрация того или иного вещества в атмосферном воздухе, которая не оказывает на человека прямого или косвенного вредного и неприятного действия, не снижает его работоспособности, не влияет на самочувствие и настроение.
2. Привыкание к вредным веществам должно рассматриваться как неблагоприятный момент и доказательство недопустимости изучаемой концентрации.
3. Недопустимы такие концентрации вредных веществ, которые неблагоприятно влияют на растительность, климат местности, прозрачность атмосферы и бытовые условия жизни населения.

Решение вопроса о допустимом содержании атмосферных загрязнений основывается на представлении о наличие порогов в действии загрязнений.

При научном обосновании ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе используют принцип лимитирующего показателя (нормирование по наиболее чувствительному показателю). Так, если запах, ощущается при концентрациях, не оказывающих вредного влияния на организм человека и внешнюю среду, нормирование осуществляют с учетом порога обоняния. Если вещество оказывает на окружающую среду вредное действие в меньших концентрациях, то при гигиеническом нормировании учитывают порог действия этого вещества на внешнюю среду.

Для веществ, загрязняющих атмосферный воздух, в России установлены два норматива: разовая и среднесуточная ПДК.

Максимальная разовая ПДК устанавливается для предупреждения рефлекторных реакций у человека (ощущения запаха, изменение биоэлектрической активности мозга, световой чувствительности глаз и др.) при кратковременном (до 20 минут) воздействии атмосферных загрязнений, а среднесуточная — с целью предупреждения их резорбтивного (общетоксичного, мутагенного, канцерогенного и др.) влияний.

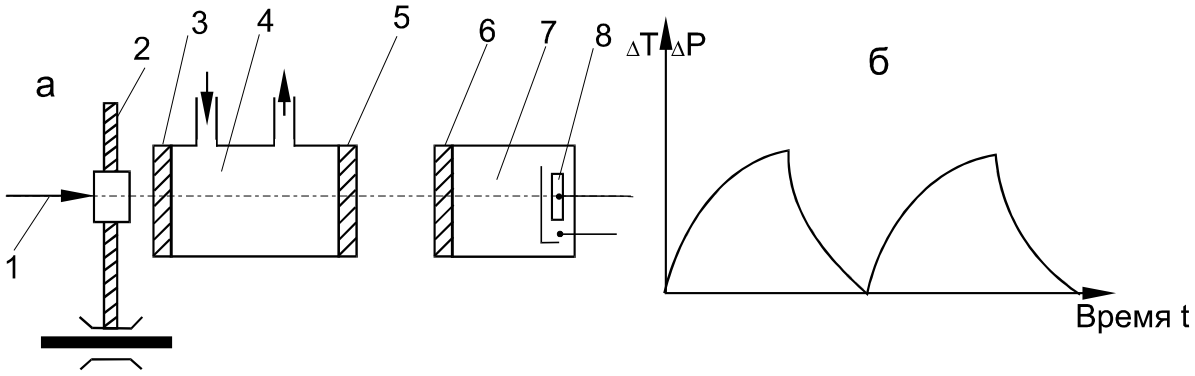
Контроль загрязнений атмосферы.

Для дистанционного (неконтактного) глобального контроля загрязнений и состава атмосферы используются способы радиолокационного, акустического и лидарного (лазерного) зондирования. Это довольно сложные и дорогостоящие установки. Для контроля воздуха в приземном слое в отдельных точках планеты обычно используются более простые установки. Мы здесь рассмотрим только два принципа контроля состава воздуха: оптико-акустический и термохимический.

Известно, что интенсивность излучения (радиация) света в инфракрасном диапазоне изменяется по закону $I_\lambda = I_{\lambda 0} \cdot e^{-\mu_\lambda \cdot cr \cdot d}$, где $I_{\lambda 0}$ — интенсивность падающей радиации; I_λ — интенсивность радиации, прошедшей через поглощающий слой; μ_λ — коэффициент поглощения инфракрасной радиации определенным газом; C_r — концентрация этого газа; d — толщина поглощающего слоя.

Видимо, зная μ_λ, d и изменение радиации можно определить концентрацию контролируемого газа — C_r. Из инфракрасных анализаторов наибольшее распространение получили приборы с акустическим преобразователем (оптико-акустические преобразователи).

На рисунке представлена схема простейшего газоанализатора с селективным лучеприемником акустического типа.



Газоанализатор состоит: из источника инфракрасного излучения 1; обтюратора 2; рабочей камеры 4; лучеприемника 7; оптически прозрачных для инфракрасного излучения окон 3, 5, 6; микрофона 8. Поток инфракрасной радиации, излучаемый источником и периодически прерываемый обтюратором с определенной частотой, сначала поступает в рабочую камеру, через которую проходит анализируемая смесь, а потом в лучеприемник, заполненный газом, концентрация которого определяется. Под действием прерывистого потока инфракрасной радиации газ в лучеприемнике будет периодически нагреваться и охлаждаться и внутри лучеприемника будут возникать периодические колебания температуры газа àT, вызывающие колебания давления величиной àP (на том же рисунке – часть "б"). Амплитуда этих колебаний будет пропорциональна концентрации анализируемого газа. (чем больше концентрация, тем большая часть радиации поглощается в рабочей камере, тем меньше будет амплитуда колебаний.

Рассмотренная схема оптоакустического газоанализатора дает представление о сущности метода анализа, но обладает рядом недостатков, среди главных из которых

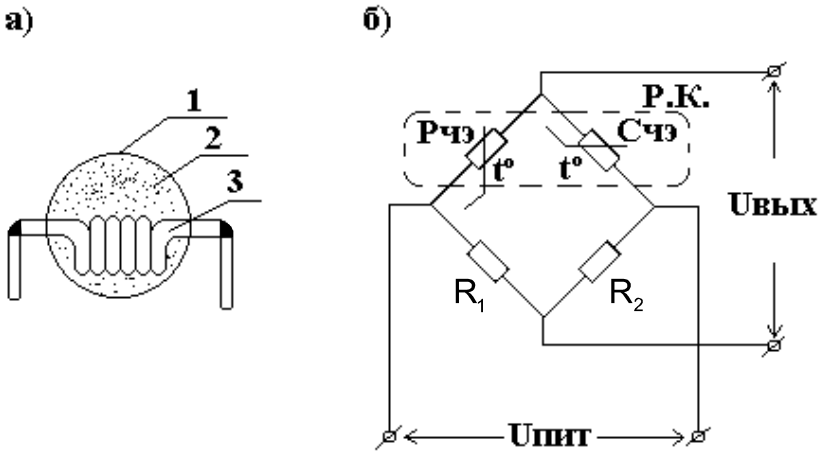
неизбирательность, а также зависимость от параметров смеси (температура, давление, плотность и т.д.). В реальных случаях используют многоканальные дифференциальные оптические схемы с устройствами подготовки и фильтрации газовой смеси (как оптической, так и механической).

Другим очень перспективным в наше время является термохимический (термокаталитический) метод контроля газовых смесей, применяемый для обнаружения и измерения концентраций горючих газов и паров воздуха.

В основе этого метода лежит использование специальных чувствительных элементов, представляющих собой микроспираль из микропровода в термостойкой изоляции, на которой сформирован шарик из ∘-окиси алюминия. Рабочий чувствительный элемент покрыт сверху еще катализатором на основе платино-паладиевой черни, сравнительный элемент этого покрытия не имеет. Работает газоанализатор следующим образом: обычно рабочий и сравнительный элементы включаются в одну ветвь мостовой электрической схемы, и помещается в одну пористую реакционную камеру. Сравнительный элемент используется для компенсации влияния неизмеряемых параметров газовой смеси. При подключении к мостовой схеме определенного напряжения, под влиянием протекающего тока спираль нагревается до определенной величины, нагревая шарики из ∘-окиси алюминия. Анализируемая газовая смесь попадает через поры реакционной камеры в ее внутреннюю полость и, подходя к шарикам, начинает процесс беспламенного горения на рабочем чувствительном элементе, в ходе которого выделяется тепло, которое дополнительно разогревает спираль рабочего чувствительного элемента. Материалы микропровода обычно используются с большим положительным температурным коэффициентом сопротивления (ТКС). Сопротивление спирали рабочего элемента резко увеличивается, и на диагонали выхода мостовой схемы появляется напряжение, пропорциональное концентрации горючей составляющей в воздухе.

Такие схемы отличаются большой надежностью, избирательностью и простотой. Для избирательного определения горючих компонентов газовой смеси необходимо менять температуру первоначального нагрева спирали.

На приведенном ниже рисунке изображен чувствительный элемент (часть рисунка "а") и общая мостовая схема первичного преобразователя, термохимического газоанализатора (часть "б").



На этом рисунке: 1 – платино-паладиевый катализатор; 2 – γ-окись алюминия; 3 – микроспираль; $Р_{чэ}$ – рабочий чувствительный элемент; $С_{чэ}$ – сравнительный чувствительный элемент; R_1 и R_2 – сопротивления плеч отношения; $U_{пит}$ – напряжение питания; $U_{вых}$ – выходное сопротивление первичного преобразователя, пропорциональная концентрации горючего компонента, Р.К. – пористая реакционная камера.

Количество вредностей, выделяющихся из оборудования определяется по следующим формулам:

а) Для оборудования работающего под давлением:

$G_g=m\cdot\rho_н\cdot V$ (кг/час), где $\rho_н$ – плотность газа при рабочем давлении и температуре, кг/м^3; V – объем газовой фазы в оборудование, м^3; m – показатель (коэффициент) негерметичности, час$^{-1}$ (является функцией давления газовой фазы, вида газовой смеси, конструкции оборудования — берётся из справочных таблиц).

б) Для оборудования, работающего под разрежением (вынос вредных веществ происходит молекулярной диффузией навстречу потоку воздуха):

$G_p=F\cdot\vartheta\cdot C_o\cdot\exp\left(\frac{\vartheta\cdot a}{D}\right)$ (г/с), где F – площадь отверстий в корпусах оборудования, м^2; ϑ – скорость, входящего через отверстия воздуха, м/с; а – длинна канала, м; С – концентрация газа внутри оборудования, г/м^3; D – коэффициент диффузии газа в воздухе, м^2/с.

Концентрация газовой смеси при авариях от точечного (размер разрушений мал, по сравнению с расстоянием от источника) источника, определяется по формуле:

$C_т = \frac{A\cdot M\cdot t}{X^3}$ мг/м^3, где М – мощность выброса, мг/с; t – продолжительность аварии, с; х – расстояние от источника аварии, м; А – константа (А=0,11).

Защита атмосферного воздуха от техногенных загрязнений.

Способы защиты атмосферы имеют свои особенности в энергетике и промышленности и на транспорте.

В энергетике и промышленности применяют следующие способы защиты биосферного воздуха:

а) Переход с одних видов углеводородного топлива на другие.

б) Повышение эффективности использования энергии сырья.

в) Освоение альтернативных (безуглеродных) источников энергии.

г) Очистка выбросов в атмосферу.

На транспорте —два, в основном, способа:

а) Установка нейтрализаторов (каталитических), позволяющих снизить выбросы углеводородов до 87%, СО — до 85%, NO_x — до 62%.

б) Разработка новых модификаций двигателей (в качестве заменителей бензина и дизельного топлива используются: этанол, метанол, природный газ, электроэнергия, модернизируют сам процесс сгорания в двигателе).

Этот способ пока не особенно удачен — модификация удорожает стоимость автомобиля, снижая его надежность, а применение альтернативных топлив, решая одни

проблемы, создает новые (например, применение метанола ограничивает выделение озона, но увеличивает в 2÷5 раз выбросы формальдегида (канцерогенного вещества) и двуокиси азота — на 20–160%).

Очистка выбросов в атмосферу.

Степень (коэффициент) очистки: $\eta = \frac{C_1 - C_2}{C_1}$ где C_1 и C_2 — концентрация загрязнителя до и после очистки, мг/м^3.

Иногда степень очистки измеряется в процентах: $\eta_{\%} = \eta \cdot 100$, %.

Эффективность очистки несколькими ступенями определяется величиной суммарной степени очистки:

$\eta_{\Sigma\%} = [1-(1-\eta_1)\cdot(1-\eta_2)\cdot\ldots\cdot(1-\eta_n)]\cdot 100$, %. где η_1, η_2,..., η_n —степень очистки воздуха каждой ступенью.

Обезвреживание выбросов в атмосферу может производится по двум направлениям:

1. Пылеулавливание и газоочистка (обезвреживание газообразных составляющих выбросов).

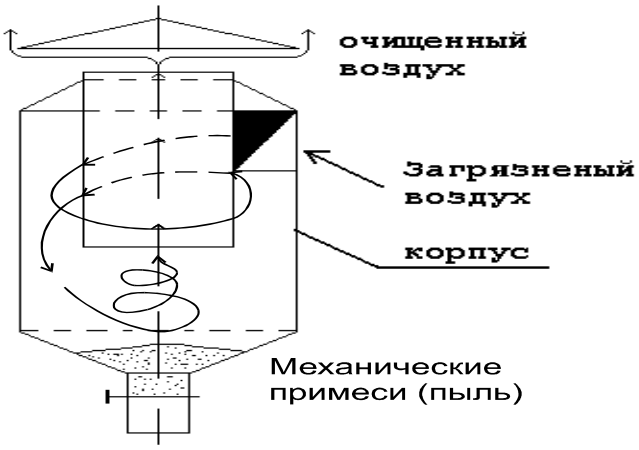
2. Термическое и каталитическое сжигание.

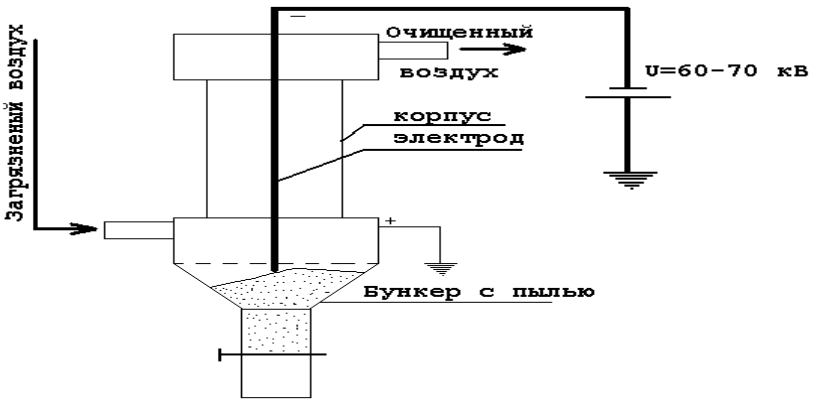
Пылеулавливание производится осаждением под действием сил тяжести, инерционных или электростатических сил, а так же промывкой и фильтрованием.

Осаждение под действием сил тяжести производится обычно в гравитационных пылеотделителях (пылевых камерах), которые представляют собой резкое увеличение в нижней части сечения трубопровода, по которому движется газовая смесь. В месте увеличения сечения скорость воздушного потока резко падает и часть пыли успевает под действием сил тяжести осесть в нижней части камеры, из которой она периодически удаляется. Такие устройства имеют сравнительно небольшую степень очистки (η=15÷20%) и обычно применяются в качестве 1-й ступени очистки. Устройства для очистки за счет инерционных (центробежных) сил носят название циклонов. Схема циклона приведена на рисунке. В циклоне воздух со скоростью 20÷25 м/с поступает внутрь цилиндрического корпуса по касательной к окружности. Воздух движется по спирали от периферии к центру внутрь, спускаясь по наружной спирали. Затем воздух поднимается по внутренней спирали и выходит через выпускную трубу.

Частицы пыли за счет центробежных сил отжимаются на внутреннюю боковую поверхность корпуса и сползает вниз — в бункер, откуда периодически удаляется. В циклоне можно удалить довольно мелкую пыль (15÷20 мкм). Чем больше размер пыли, тем больше степень очистки. Степень очистки циклонов достигает 95%.

Устройства для очистки выбрасываемого воздуха за счет электростатических сил носят название электрофильтров. Схема простого электрофильтра представляется на рисунке.





В электрофильтре происходит явление коронивания на электроде (свечение), при этом воздух ионизируется. Отрицательные ионы (газа и пыли) движутся от электрода к корпусу, отдавая свой заряд корпусу. Пыль оседает на внутренней поверхности корпуса и сползает вниз – в бункер, откуда она периодически удаляется. Кроме того, в электрофильтрах (так же как и в циклонах) для интенсификации процесса сползания пыли в бункер, по корпусу фильтра периодически постукивают.

Применяются ещё тканевые (чаще всего рукавные) и пористые фильтры.

К лучшим способам очистки можно отнести скруберы и циклоны-скруберы. В последних, в отличие от простого циклона навстречу потоку воздуха направлены форсунки, разбрызгивающие мелкие брызги воды или какой-нибудь жидкости (например известковая вода). Частицы пыли смешиваются с брызгами воды или жидкости, что приводит к лучшему их отжиманию на стенки циклона и сползанию (стеканию) в бункер. Причем, при использовании извести с последней вступает в реакцию SO_3, образуя гипс — полезное строительное вещество.

Термическое сжигание газообразных выбросов (например, сопутствующих газов при нефтепереработке) часто еще находит место в практике, хотя это и не лучший способ избавления от вредных примесей. Каталитическое обезвреживание выбросов пока находит малое применение, хотя в Австрии, Японии, ФРГ на электростанциях таким путем удается снижать количество окислов азота на 80–90%. Вообще обезвреживание от химически вредных газообразных веществ воздуха основано на двух методах: адсорбции и абсорбции.

Адсорбция — это процесс избирательного поглощения одного или нескольких компонентов из газовой или жидкой смеси поверхностным слоем другого вещества – адсорбентом. В качестве последних используют вещества, обладающие высокой пористостью (активированный уголь, селикагель, гопкалит, алюмогель и молекулярные сита — цеолиты), иногда покрытые тем или иным веществом для реакций с составляющими газовой смеси.

Абсорбция — поглощение вещества всем объемом поглощающего тела. В качестве поглотителя здесь используются жидкости.

Лекция. Загрязнение литосферы

Жизнь, биосфера и важнейшее звено и в ее механизме - почвенный покров, привычно называемый землей, - составляют уникальность нашей планеты во вселенной. И в эволюции биосферы, в явлениях жизни на Земле значение почвенного покрова (суши, мелководий и шельфа) как особой планетарной оболочки неизменно возросло.

Почвенный покров - важнейшее природное образование. Его роль в жизни общества определяется тем, что почва представляет собой основной источник продовольствия, обеспечивающий 95-97% продовольственных ресурсов для населения планеты. Особое свойство почвенного покрова - его плодородие, под которым понимается совокупность свойств почвы, обеспечивающих урожай сельскохозяйственных культур. Естественное плодородие почвы связано с запасом питательных веществ в ней и ее водным, воздушным и тепловым режимами. Почва обеспечивает потребность растений в водном и азотном питании, являясь важнейшим агентом их фотосинтетической деятельности. Плодородие почвы зависит также от величины аккумулированной в ней солнечной энергии. Почвенный покров принадлежит к саморегулирующейся биологической системе, являющейся важнейшей частью биосферы в целом. Живые организмы, растения и животные, населяющие Землю, фиксируют солнечную энергию в форме фито - или зоомассы. Продуктивность наземных экосистем зависит от теплового и водного балансов земной поверхности, который определяет многообразие форм обмена энергией и веществом в пределах географической оболочки планеты.

Земельные ресурсы

Площадь земельных ресурсов мира составляет 149 млн. км. кв., или 86.5% площади суши. Пашня и многолетние насаждения в составе сельскохозяйственных угодий занимают около 15 млн. км. кв. (10% суши), сенокосы и пастбища - 37.4 млн. км. кв. (25%).Общая площадь пахотнопригодных земель оценивается различными исследователями по-разному: от 25 до 32 млн. км. кв. Земельные ресурсы планеты позволяют обеспечить продуктами питания больше населения, чем имеется в настоящее время и будет в ближайшем будущем. Вместе с тем в связи с

ростом населения, особенно в развивающихся странах, количество пашни на душу населения сокращается. Еще 10 - 15 лет назад душевная обеспеченность пашней населения Земли составляла 0.45 - 0.5 га., в настоящее время она составляет уже 0.35 -37 га.

Все пригодные для употребления вещественные составляющие литосферы, используемые в хозяйстве как сырье или источники энергии, называются **минеральными ресурсами**. Минеральное сырье может быть *рудным*, если из него извлекаются металлы, и *нерудным,* если из него извлекаются неметаллические компоненты (фосфор и т.д.) или используются как строительные материалы.

Если же минеральное богатство используется как топливо (уголь, нефть, газ, горючие сланцы, торф, древесина, атомная энергия) и одновременно как источник энергии в двигателях для получения пара и электричества, то их называют **топливно-энергетическими ресурсами.**

В понятие земельных ресурсов входят:

- *земельный фонд* – все земли в пределах страны и мира, входящие по своему назначению в следующие категории: сельскохозяйственные, населенных пунктов, несельскохозяйственного назначения (промышленности, транспорта, горных выработок и т.д.). Мировой земельный фонд-13,4 млрд га;
- *лесной фонд* – часть земельного фонда Земли, на которой произрастает или может произрастать лес, выделенный для ведения сельского хозяйства и ориентации особо охраняемых природных территорий; он является частью биологических ресурсов.

С природоохранной точки зрения важное значение имеет классификация ресурсов по степени истощаемости. Истощение природных ресурсов с экологических позиций – это несоответствие между безопасными нормами изъятия природного ресурса из природных систем и недр, и потребностями человечества (страны, региона, предприятия и т.д.)

К *исчерпаемым ресурсам* относятся те, которые могут быть исчерпаны в ближайшей или отдаленной перспективе. Сюда относятся прежде всего ресурсы недр и ресурсы живой природы. Исчерпаемость ресурса понятие относительное. Обычно ресурс считают исчерпанным в том случае, когда его добыча и использование (с учетом переработки) становится экономически невыгодной. Последнее зависит от уровня технологий, культуры производства и т.п. Например, в нашей стране месторождения нефти считают обычно исчерпанными, когда из них извлечено около 30% самого продукта. Передовые технологии между тем позволяют использовать до 60-70% нефти при сохранении рентабельности производства.

Проблема исчерпаемости природных ресурсов с каждым годом приобретает все большую актуальность. Это связано как с осознанием факта их ограниченности, так и с интенсивно увеличивающимся потреблением. Темпы роста потребления ресурсов примерно на порядок выше темпа роста численности населения.

При современных темпах роста народонаселения 1,7% в год, оно должно удваиваться через каждый 41 год. В то же время добыча золота возрастает на 4% в год и имеет период удвоения 18 лет, потребление минеральных ресурсов увеличивается в среднем на 7% в год, а период удвоения составляет 10 лет.

Особый интерес представляют темпы использования углеродосодержащих ресурсов. Они продолжают оставаться основным источником энергии и многих продуктов. В то

же время с их использованием связаны загрязнения атмосферы, обуславливающие такие глобальные проблемы, как парниковый эффект, кислые осадки и другие, не всегда предсказуемые явления.

В настоящее время ежегодно сжигается столько горючих ископаемых, сколько природа накапливала их за миллионы лет. Согласно одному из прогнозов, при сохранении таких темпов роста использования ископаемого топлива разведанных запасов, нефти хватит примерно на 30-40 лет, газа на 40-50 лет, угля на 70-80лет.

Американский ученый Б. Скиннер высказывает такие предположения относительно решения проблемы нехватки природных ресурсов: «Я подозреваю, что через один-два века общество придет к такому образу жизни…когда…главным источником энергии будет Солнце. Общество будет использовать в основном руды наиболее широко распространенных металлов, т.е. железа и алюминия, а так же имеющиеся в изобилии неметаллические ископаемые, особенно те, которые идут на изготовление стекла. Редкие металлы все еще будут использоваться, но их потребление на душу населения резко снизится… Человечество стоит на пороге самого критического периода своего развития, который оно когда-либо переживало».

Роль литосферы в биосфере

Нельзя не видеть, как в великий круговорот веществ в природе, в биохимические циклы вовлекаются почвенно-растительным покровом суши десятки миллионов тонн таких минеральных веществ, как соединения фосфора, кальция, калия, серы, кремния, магния. Именно вода, углекислота, соединения азота и фосфора, предоставляемые растениям почвенным покровом, являются созидателями живого вещества эти циклически накапливаются созидателями живого вещества - биомассы урожая. В ходе почвообразовательных процессов вещества эти циклически накапливаются в верхних, гумусовых горизонтах плодородных почв.

Так, являясь продуктом биосферы, почвенный покров выступает важнейшим звеном в ее биогеохимическом механизме. Педосфера с ее гумусовой оболочкой как биоэнергетическая и биогеохимическая система обладает способностью саморазвития, саморегуляции и управления, обеспечивая незаменимые условия существования растений, животных, микроорганизмов и воспроизводства биомассы живого вещества.

Эти особенности земли - почвенного покрова и создают плодородие в биосфере.

Благодаря плодородию почвенно-экологических систем, способности воспроизводить биомассу и приспосабливаться к изменениям физических факторов окружающей среды они стали основой жизнедеятельности человека, появившегося в биосфере, а затем и экономического развития человеческого общества (производство продовольствия, натурального сырья, энергии).

Так почвенный покров превратился в главную экологическую нишу в биосфере. Ведь по крайней мере все наземные растения (первично продуцирующие биомассу), а также растительноядные и плотоядные животные суши, не говоря уже о бесчисленных и вездесущих микроорганизмах, в основном являются обитателями почв. Они живут на ней или в ней, оставаясь здесь посмертно. И человечество не составляет исключения - метаболиты (продукты обмена веществ) организма человека, останки его неразрывно связаны с землей.

Именно в экологических системах почвы обеспечивают водное, минеральное и газовое питание растений, их рост и фотосинтетическую активность. Производимые же углеводы, жиры и белковые соединения, химически связанная энергия биомассы растительного происхождения становятся начальным звеном пищевых цепей «растения - животные - микроорганизмы». Благодаря этому приводятся в движение биогеохимические круговороты химических элементов - их потоки в экосистемах, в ландшафтах в целом, в масштабах континентов, планеты.

Представляется, что почвенный покров в саморазвитии как бы стремится увеличить до известных пределов мощность своих горизонтов, запасы подстилки и гумуса, содержание биогенных химических элементов, а тем самым и уровень плодородия. В этом проявляется одно из фундаментальных свойств живого на Земле.

Важнейшей функцией почвенного покрова (педосферы) является стабильное обеспечение благоприятных условий для существования и воспроизводства жизни на планете во всем разнообразии ее форм. И в этом отношении почвенный покров сравним с защитным экраном жизни озоновым слоем стратосферы.

Так или иначе, дальнейшее антропогенное разрушение, деградация, истощение почвенного покрова (которые ныне происходят со скоростью 150 тыс. кв. км в год!), замещение его непродуктивными территориями будут неизбежно сопровождаться неблагоприятными для существования жизни изменениями гидрологического, теплоэнергетического, геохимического и атмосферно-климатического режимов, могут вызвать катастрофические сдвиги во всей биосфере. И прежде всего можно ли забывать, что почвенно-растительный покров важен для нас" как производитель кислорода, оптимального состава пригодного для дыхания воздуха, биологически чистой воды.

Например, газово-атмосферная функция почвенного покрова выполняет в биосфере важнейшую роль поддержание оптимального современного климата (водно-теплового режима). И повсеместное восстановление лесов, травянистых лугов, обогащение почв гумусом, повышение биопродуктивности в земледелии позволят, в частности, обеспечить нормализацию содержания углекислого газа в атмосфере, предотвратить рост его концентрации. Ведь биомасса лесов и трав, гумусовые горизонты почв, торфяники, подводные почвы, сапропели, древние болотные и дельтовые почвы, послужившие основой образования каменного угля, прослоев погребенных масс мелкозема и древних гумусовых горизонтов, вывели из атмосферы прошлых геологических эпох огромные количества углекислоты, обогатив воздух кислородом с помощью растений.

Возобновима ли земля как ресурс для развития человечества?

Земельные ресурсы прежде всего незаменимы. Не в наше время, ни в обозримой перспективе почвенный покров не может быть искусственно заменен. Но это хрупкий ресурс, легко истощающийся в процессе хозяйственного использования, если оно нерационально.

Конечно, почвенный покров обладает способностью к самовосстановлению в природных циклах биосферы. Как и сама жизнь, процессы образования почв обладают большой приспособляемостью, способностью к самосохранению, развитию и расширенному воспроизводству живого вещества. Однако как ресурс для хозяйственного использования почва практически невозобновима: самовосстановление

ее немыслимо в сроки, соизмеримые с ускоряющимися темпами экономического развития человечества.

Современный почвенный покров с этой точки зрения - долгожитель. Хотя в целом он довольно «молод» (в геологическом смысле), возраст его охватывает период от столетий и нескольких тысячелетий до 1 - 2 миллионов лет. К сожалению, об этой истине приходится напоминать и сегодня, когда буквально на протяжении жизни одного поколения все заметное убывает исконное плодородие таких лучших в мире наиплоднейших земель, как черноземы. А ведь потенциал их накапливался на протяжении тысячелетий доземледельческого периода. Не случайно в свое время эталоном плодородия почв был выбран кубический метр воронежского чернозема - наши плодороднейшие земли являются поистине бесценным даром природы. Во всем мире площади черноземов составляют ныне 300 миллионов гектаров, в том числе в нашей стране - 190 миллионов.

Но и с появлением земледелия почвы восполняли свое плодородие, когда «уставшие» земли оставались под залежь, под пары, забрасывались - не все было распахано. Земли восполняли свое плодородие, а крестьянин с сохой, лошадью и коровой как бы вписывался в естественный ход событий, в природные круговороты веществ и энергии. Урожай биомассы распределялся и потреблялся в основном там же, где и производился, а не отчуждался от почвы практически полностью, как теперь. Также содержание и выпас скота, осуществлявшиеся тем же землепашцем, происходили в условиях замкнутой агроэкологической системы.

С появлением и ростом промышленности, урбанизации и городского населения промышленно развитых стран отчуждение урожаев становится тревожным фактором: биомасса в виде отходов и остатков во все большей мере накапливается и минерализуется там, где она утрачивается безвозвратно для сельскохозяйственного оборота, да и почв природных экосистем. А при выращивании зерновых, зернофуражных, технических культур, кормов, картофеля возвращается почве в лучшем случае половина того, что изъято с урожаем.

Такая тенденция имеет глобальный характер в наше время. Вмешательство человека в энергетические балансы в биосфере уже сказывается в уменьшении на суше запасов биомассы и энергии, связанной в почве. Сокращение площади лесов, сжигание древесины, минерализация навоза, подстилок, опада и разрушение гумуса почв - все это уменьшило энергетические ресурсы экосистем на 25 - 50 процентов. Но выросло поступление энергии в окружающую среду за счет использования, прежде всего ископаемого топлива, а также гидроэнергии. Однако это не возместило потери энергии истощенных и разрушенных почв, а интенсивность эрозии, которая за минувшие полстолетия выросла почти на порядок, может увеличиться вдвое.

Эрозионное разрушение, выдувание, смыв поверхностного почвенного горизонта и с ним гумуса, азота, фосфора, калия в реки и океаны особенно чреваты сокращением плодородия земельных ресурсов. Вместе с тем, если учитывать эти обстоятельства, основываться в земледелии и, прежде всего в мелиорации на знаниях природных закономерностей, действовать умело и осторожно, по принципу «не повреди», продуманно и точно, как в медицине, имеющей дело с живым организмом, то производительная способность - плодородие почв будет расти.

Антропогенное воздействие на литосферу

Литосфера нашей планеты, в обиходе называемая сушей или просто землей, наряду с атмосферой или гидросферой втянута в круг деятельности живого и в значительной мере преобразована им.

Толщина земной коры под материками достигает 30 —70 километров, под океаном этот слой гораздо тоньше, где-то в пределах 3-10 километров, да и по своему строению участки коры океанского дна значительно отличается от материковых.

Суша - главная обитель жизни. Несмотря на то, что площадь суши в четыре раза меньше площади, занимаемой поверхностью океана, на ней сосредоточено около 57% биомассы планеты.

Суша - это, прежде всего почвенный покров, то есть, согласно учению основоположника научного почвоведения В.В. Докучаева, верхний слой земной коры, видоизмененный рядом факторов, но не последнее место среди которых принадлежит живым организмам. Это главный поставщик продуктов питания человека.

Суша - основной источник и резервуар пресной воды. На суше сосредоточены наиболее удобные для эксплуатации запасы сырьевых и энергетических ресурсов.

Земная поверхность в первую очередь явилась объектом активной природопреобразующей деятельности общества и сильнее, чем остальные геологические сферы, подверглась изменениям с его стороны. Некоторые из них привели к результатам, которые никак нельзя считать положительными.

Начнем с изменения почвы. От количества и состояния пригодных к использованию в хозяйстве почв во многом зависит решение продовольственной проблемы на планете. Сегодня человек использует менее половины (41%) пригодной для сельского хозяйства площади земель. Казалось бы, о чем беспокоится – такой солидный резерв! Однако дело в том, что и качество, и размеры этих площадей в различных районах Земли неодинаковы. Так в Латинской Америке освоено лишь 1 7%, а в Западной Европе - 88% пригодных земель.

Кроме того, современное человечество лишилось как минимум 50 млн. га распахивавшихся ранее площадей.

Разумеется, есть много причин, по которым общество лишается земельных угодий. Среди них и вполне объективные, связанные с ростом населенных пунктов, строительством промышленных и горнодобывающих предприятий, транспортных линий и т. п. Но значительные негативные изменения состояния земной поверхности в целом вызвано именно нерациональными действиями людей, источник которых не только в уровне знаний, но и в погоне за сиюминутной экономической выгодой. Уничтожение лесов, а за последние 2-3 тысячелетия люди умудрились уничтожить I около половины лесных массивов, неправильные методы земледелия и ряд других факторов привели к потере этих миллионов гектаров.

Поверхностные нарушения литосферы

Человек существует в определенном пространстве, и основной составляющей этого пространства служит земная поверхность - поверхность литосферы. В процессе эволюции человек начал изменять земную поверхность, но особо крупных масштабов эти изменения достигли в последние сорок лет. Это хорошо иллюстрируют данные о строительстве крупных водохранилищ: 90%крупных водохранилищ мира были

построены после 1950 г., а в СССР в этот период построено 94% крупных водохранилищ.

Нарушения поверхности литосферы начинаются с самого малого - со строительства жилища, когда необходимо выравнивание поверхности и закладка фундамента. Основной рост подобных нарушений происходил именно после 1950 г., когда во всем мире, и в том числе в России шел быстрый процесс урбанизации, приведший к удвоению численности городского населения. В это же время интенсивно развивалась хозяйственная инфраструктура, что сопровождалось серьезными изменениями поверхности литосферы – строились железные и автомобильные дороги, прокладывались продуктопроводы, линии электропередачи и связи. Общая площадь нарушений городской застройкой и хозяйственной инфраструктурой на территории России составляет порядка 3,5 млн. км^2.

Помимо водохранилищ, занимающих в России 5,5 млн. га, построены каналы большой протяженности, сети мелких каналов, а также дренажные системы. В сетях каналов, как оросительных, так и дренажных, которые в большинстве своем не облицованы, идут активные эрозионные процессы.

Подобные нарушения поверхности занимают на территории России более 12,3 млн. га, из которых примерно половину составляют осушенные земли. На многих осушенных землях сейчас наблюдаются понижения и осадка грунта в результате «выгорания» торфа и разрушения подземных дренажных систем.

Перегороженные плотинами реки оказываются нарушенными практически на всем протяжении, так как выше водохранилища меняется баланс стока наносов, значительная часть которых задерживается в верхнем бьефе плотины. В результате ниже водохранилища идет эрозия русла, а в устье начинают происходить изменения, обусловленные нарушением баланса наносов. Особенно это заметно на краснодарском побережье Черного моря, где в результате нарушения естественного стока наносов идет быстрый размыв пляжей, поэтому вся полоса побережья застроена бетонными шпорами. Здесь зону поверхности литосферы от предгорий, занятых дорогами и городами, до прибрежной части моря следует признать полностью нарушенной.

Широко ведущиеся горные разработки на значительных площадях нарушают поверхность литосферы при создании карьеров, разрезов, подъездных путей к ним. По статистическим данным, площадь, нарушения земель в связи с несельскохозяйственной деятельностью в 1989 г. составила 1,2 млн. га. Хотя указывается, что из этой площади отработано 0,4 млн. га, но это тем не менее уже нарушенный участок литосферы.

В Западной Сибири, особенно в ее северной части, где ведутся поиски нефти и газа, развивается новый тип антропогенных нарушений поверхности литосферы. Широко используемые здесь вездеходы создают колеи, в которых процесс восстановления растительного покрова не может происходить быстро, так как тундровая и лесотундровая растительность восстанавливается очень медленно. Опережающе развивается процесс эрозии почвы, так как колеи служат бороздами стока для талых и дождевых вод. На месте сети путей движения вездеходов формируется антропогенная дренажная сеть.

Еще один путь нарушения литосферы - геологоразведочные работы, которые сопровождаются копанием шурфов, бурение мелких скважин, взрывами приповерхностных зарядов при проведении сейсмической разведки и т.п. При

региональных исследованиях заряды достигают 1000 кг и могут влиять на 100 - метровую толщу породы.

Площадь, охваченная антропогенными нарушениями поверхности литосферы составляет более 5% территории России.

Нарушения поверхности литосферы - далеко не безобидное явление. Нарушения приводят, как правило, к активизации опасных стихийных явлений: оползней, обвалов, просадок грунтов, создают условия для формирования селей и снежных лавин, способствует увеличению поверхностного стока, меняют условия инфильтрации и движения флюидов в грунтах, нарушают сообщества почвенно-грунтовых организмов и микробный « фильтр», регулирующий потоки газов из недр земли.

Нарушения литосферных флюидов

На территории России происходит крупномасштабное вмешательство человека в системы водоносных, нефтеносных и газоносных горизонтов литосферы, как в неглубоко залегающие, так и в глубокие. Воздействие на литосферные флюиды осуществляется несколькими путями.

Часть поверхностного стока переводится в подземный, особенно при орошении. Сельское хозяйство России в 1989 г. потребовало 39 кубических километров воды в год. Основная часть этой воды используется на орошении. При орошении в магистральных каналах и непосредственно на полях теряется на фильтрацию до 30% воды, что выражается величиной, превышающей 10 кубических километров. В результате на значительной части орошаемой территории происходит подъем уровня грунтовых вод, и даже возникают заболоченные площади. Уже сейчас по этой причине не используется 200 тысяч га орошаемых земель, а площадь, на которой повысился уровень воды, достигает миллион гектаров.

Другой путь перевода поверхностного стока в толщу литосферы - это подтопление в районах создания водохранилищ, где уровни воды поднялись на десятки сантиметров и на метры. Такой подъем грунтовых вод и заполнение водой ранее ненасыщенной зоны меняет механические свойства грунтов, способствует разрушению берегов водохранилищ, развитию суффозии и появлению зубчатых песков, развитию карста и т.п. Можно предполагать, что под крупными водохранилищами в местах разломов земной коры не исключено проникновение поверхностных вод в глубокие пласты и в глубоко залегающие водоносные горизонты. Это может порождать повышенную сейсмичность, что хорошо известно из практики строительства крупных водохранилищ.

Поэтому во многих городах оказываются затопленными подвалы домов, подземные коммуникации, а уровень грунтовых вод растет. В результате происходит разрушение фундаментов, просадки грунтов, развивается суффозия(вымыв грунта).

Еще один путь вторжения в литосферу - это закачка загрязненных вод в глубокиё скважины и закачка горячей воды и пара в нефтяные скважины с целью увеличения нефтеотдачи пласта. Объемы этих закачек не определены.

Мощным средством воздействия на литосферные флюиды служит откачка воды из разных горизонтов подземных вод. К этому еще надо добавить откачку шахтных вод и вод из карьеров и разрезов. При откачках, которые обычно превышают пополнение

воды, происходит понижение уровня подземных вод и образование обширных воронок депрессии.

Наибольшие понижение уровня подземных вод наблюдаются в районе крупных городов, использующих для водоснабжения подземные воды. Так, уровень подземных вод в Санкт-Петербурге понизился на 50 м, а в Москве - на 60 м.

Мощным вторжением во флюидные системы литосферы служит добыча нефти и газа. В Предуралье, в Западной Сибири, в Прикаспии и на Северном Кавказе целые поля скважин непрерывно откачивают нефть и газ.

За время разведки нефтегазовых месторождений Западной Сибири пробурены многие десятки тысяч скважин. В результате чего возникли крупные депрессионные воронки, происходит вскрытие и разгерметизация все более глубоко залегающих водоносных, нефтеносных и газоносных горизонтов. Последствия этого процесса еще не проявились в Западной Сибири в полную силу, так как добыча нефти ведется здесь сравнительно недавно. В Татарии, например, где добыча нефти ведется уже долгое время, в районе Ромашкинского нефтяного месторождения с сентября 1986 г. по январь 1989 г. зарегистрировано 198 землетрясений силой до 10 класса. Подавляющая часть очагов землетрясений залегает на глубине 2-3 км в осадочном чехле древней Восточно-европейской платформы.

Кроме разведочных и промышленных скважин достаточно глубокие горизонты недр затрагивают шахты по добыче полезных ископаемых: угля, полиметаллических руд, солей. Образующиеся в результате добычи полезных подземные пустоты все время растут по объемам и площадям. Все это приводит к просадкам грунтов, а также к нарушению флюидных систём, так как из действующих шахт и карьеров вода откачивается, а закрытые шахты обычно затопляются. Есть веские основания полагать, что районы добычи нефти, газа и угля служат источниками поступления в атмосферу метана.

Техногенные нарушения литосферы

Загрязнение почв пестицидами.

Ежегодное применение пестицидов в сельском хозяйстве в 1980-1991 гг. находилось на одном уровне и составляло примерно 150 тыс, т, а в 1992 г. уменьшилось до 100 тыс. т.

Пестициды загрязняют окружающую среду не только при их применении на полях, но и в процессе производства, хранения, перевозки и уничтожения. Они провоцируют рак, наследственные нарушения иммунной системы, болезни почек и печени, заболевания нервной системы, расстройства зрения и т.д. В развивающихся странах ежегодно 25 млн. человек отравляются и 20 тыс. умирает в результате воздействия пестицидов. На каждого человека, проживающего на территории бывшего СССР, приходится в среднем 28.5 кг. примененных пестицидов.

Загрязнение почв пестицидами в отдельных регионах России.

Регион	**Доля проб почв загрязненных выше ПДК,%**	**Пестицид**
Центрально-Черноземный район	15	Сумма ДДТ
Московская область	10	Сумма ДЦТ
Иркутская область	90	2.4 -Д
Волгоградская область	>90	Трефлан
Новосибирская область	Отдельные зоны до 20 -192 ПДК	Сумма ДЦТ
Ростовская область	10 30	Сумма ДДТ Трефлан
Краснодарский край	10 64	Сумма ДЦТ Трефлан

Радиоактивное загрязнение земной поверхности.

Главными источниками радиоактивного загрязнения окружающей среды являются испытания ядерного оружия, аварии на атомных электростанциях и на предприятиях, а также радиоактивные отходы. Естественная радиоактивность, включая радоновую, также вносит вклад в уровень радиоактивного загрязнения.

Начало атомной эры человечества связывают с испытаниями ядерного оружия в США и в СССР, которые впервые были проведены 50 лет тому назад.

Ядерные взрывы, по общепринятой классификации, основанной на ранжировании среды, в которой они происходят, подразделяют на наземные (на поверхности Земли или на небольшой высоте), воздушные высотные, космические, подводные и подземные. Наиболее опасными в настоящее время стали наземные взрывы большой мощности, поскольку радиоактивные продукты выбрасываются в тропосферу в значительных количествах и оседают на поверхности Земли. В результате стратосфера, ОКП, литосфера и земная поверхность подверглись радиоактивному антропогенному загрязнению. Уровень его в ряде районов значительно превышает природный фоновый.

В табл. собраны сведения о ядерных взрывах в различных средах, произведенных СССР и США.

Таблица. Ядерные взрывы, произведенные в СССР и США.

Тип взрыва	Среда, подвергшаяся загрязнению	Количество взрывов	
		СССР	США
Наземный (поверхностный)	Тропосфера, земная поверхность	32	84 (+36 на баржах)
Воздушный	Стратосфера, тропосфера, земная поверхность	177	78
Высотный, космический	Стратосфера, околоземное космическое пространство	5	12
Подводный	Водная масса	5	5

Подземный (с выбросом грунта)	Литосфера, тропосфера, земная поверхность	5	9
Подземный глубокий	Литосфера	491	806

Помимо СССР и США, ядерные взрывы проводили Великобритания (совместно с США), Китай, Франция, Индия и Пакистан.

Ряд крупных ядерных аварий в различных местах планеты (прежде всего авария на Чернобыльской АЭС) также стали источником глобального радиоактивного загрязнения.

Первые аварии на атомных станциях и предприятиях произошли в 1957 г.: в Уиндскейле (Великобритания) и на Южном Урале (предприятие «Маяк», СССР). В 1967 г. снова случилась авария на предприятии «Маяк», а в 1983 г. - авария на атомной станции в Три-Майл-Айленде (США). Крупнейшей аварией XX столетия считают Чернобыльскую за 1986 г.

Она не только привела к радиоактивному загрязнению огромных территорий, облучению многих миллионов людей, но и нанесла огромный моральный вред обществу, которое потеряло веру в надежность атомной энергетики в целом.

Основными источниками излучений при ядерных взрывах и ряде аварий являются продукты деления, наведенная нейтронами активность, трансурановые элементы и тритий.

При ядерных взрывах широко распространяется стронций-89 и стронций-90, а при авариях - в основном цезий-137.

Особую опасность для здоровья людей представляют растворимые продукты, мощные бета-источники: стронций и цезий. Если они попадают в костную ткань человека и животных в больших количествах, наступает смерть.

Самостоятельной проблемой является нормирование радиационных воздействий на человека. На человека воздействует облучение внешнее и внутреннее, вызванное потреблением загрязненных продуктов питания.

Неотъемлемой частью ядерной энергетики являются радиоактивные отходы. Англичане замуровывают их в бочки и сбрасывают в море. В России для захоронения, как правило, используют так называемые водные линзы. В них закачивают в жидком виде не только радиоактивный стронций и цезий, но и плутоний-239, период полураспада которого составляет 24 тыс. лет. Если за эти тысячелетия линза разорвется, все живое на Земле погибнет.

Загрязнение почв промышленными и бытовыми отходами

Настоящим бедствием для страны являются отходы. Общее количество накопленных в стране отходов - около 50 млрд. т., ежегодно образуется более 4.5 млрд. т, под складирование занято 250 тыс. га. За год образуется более 50 млн. т. токсических промышленных отходов, всего их накоплено более 1,6 млрд. т. Огромное количество токсичных отходов хранится и захоранивается в совершенно не приспособленных для этого местах. Основной объем отходов размещается на свалках, в отвалах и полигонах. В России нет ни одного предприятия (полигона) по обезвреживанию и захоронению

токсичных отходов, отвечающего современным требованиям. В стране отсутствует государственная статистическая отчетность по отходам.

В стране образуется более 130 млн. тонн твердых бытовых отходов. Но некоторые западные фирмы предлагают нам захоранивать или "перерабатывать" еще и их собственные отходы... Для развитых стран сейчас существует, пожалуй, единственный, приносящий очень большие доходы рынок в России - рынок сбыта отходов.

Почвы вокруг больших городов н крупных предприятий цветной и черной металлургии, химической и нефтехимической промышленности, машиностроения на расстоянии в несколько десятков километров загрязнены тяжелыми металлами, нефтепродуктами, соединениями фтора и другими токсичными веществами. Из обследованных 85 городов РФ наибольшему загрязнению подвержены почвы вблизи гг. Рудная Пристань, Ревда, Мончегорск, Свирск, Владивосток, Иркутск, Черемхово.

Классы опасности различных химических веществ, попадающих в почву из выбросов, сбросов и отходов

Класс опасности	*Химическое вещество*
I	Мышьяк, кадмий, ртуть, селен, цинк, фтор, бенз(а)пирен
II	Бор, кобальт, никель, молибден, медь, хром, Сурьма
III	Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, Ацетофенон

Среднее содержание свинца в почвах пятикилометровой зоны вокруг обследованных городов находится в пределах 0.4-80 ПДК.

Загрязнение почв нефтью в местах, связанных с ее добычей, переработкой, транспортированием и распределением, превышает фоновое в десятки раз. На расстоянии 10 км в западном и восточном направлениях от Владимира содержание нефти в почве превышало фоновое значение в 33 раза.

За 15 лет исследований на территории России выявлены три города, которые по суммарному показателю загрязнения почвы в городе и в радиусе от него до 5 км относятся к чрезвычайно опасно загрязненным. Это Мончегорск на Кольском п-ве, Ревда в Уральском регионе и Белово в Кемеровской области.

Большую опасность для литосферы представляют *твердые бытовые отходы (ТБО.)*

Растущее население, увеличивающиеся доходы и изменение структуры потребления усложняют решение проблемы утилизации отходов. Количество мусора увеличивается, города растут, так называемые потребители зарабатывают больше денег, увеличивают потребление еды, воды и так называемых товаров длительного пользования, тогда как растущий спрос» и большая доступность стимулирует продажу товаров, которые просты в обращении, но - с большим удельным содержанием упаковок. В большинстве регионов в мире способность к эффективному решению проблемы отходов далеко отстает от темпов их роста.

В доиндустриальную эпоху утилизация отходов была облегчена благодаря всасывающей способности окружающей среды: земли и воды. Крестьяне, отправляя свою продукцию с поля сразу к столу, обходясь без переработки, упаковки, рекламы и торговой сети, привносили мало отходов. Овощные очистки и тому подобное скармливалось или использовалось в виде навоза как удобрение почвы для урожая

будущего года. Передвижение в города привело к совершенно потребительской структуре. Продукцию стали обменивать, а значит, упаковывать для большего удобства.

Индустриальное общество с низким процентом сельского населения и высокими доходами производит на свет больше отходов, чем развивающиеся страны. Нью-йоркцы, например, выбрасывают в отходы в 9 раз больше своего веса, а манильцы - в 2,5 раза больше своего веса. Одной из причин является то, что продукты в Нью-Йорк доставляются из-за сотен и даже тысяч километров и потому удельный вес упаковки, сохраняющей свежесть и привлекательность продукции, гораздо больше, чем на сельском рынке. Вдобавок низкие доходы в расчете на одного жителя в странах третьего мира заставляют жителей бережно относиться с целью удержания в рамках своего бюджета.

В промышленно развитых станах вес упаковки составляет около 30%, а по объему-50% всех домашних отходов. Бумага составляет примерно половину упаковочных материалов, затем следует стекло, металл и пластик. Доля пластика в упаковке с незначительного объема в шестидесятых годах выросла особенно быстро. Напитки, растительные масла, чистящие средства, парфюмерия теперь имеют пластмассовые упаковки. Таким образом, не только растет количество упаковки, но и меняются материалы, используемые в ее производстве. Растет доля пластиков общей массе отходов, а их не просто утилизировать, с тем чтобы использовать заново. Бутылки для кетчупа, пакетики для супа и упаковки для мороженного должны быть легкими, небьющимися и биологически неактивными – то есть пластиковыми. К сожалению, лишь немногие процессы переработки можно применить для получения более чем одного вида пластика одновременно. А при тех, что пригодны для этих целей, вырабатывается пластик более низкого качества, чем полученный как сырье переработки. Пластик не так легко разлагается под действием света и бактерий. Однажды выброшенный, он остается относительно целым долгие годы. Упаковки для «быстрой пищи» содержат хлористые соединения. Хлор способен уничтожать озоновый слой. Если допустить его массовый выпуск в атмосферу, то радиация ультрафиолетовых лучей будет способствовать заболеваниям раком кожи, снижению урожайности и ослаблению имунной системы человека. Подобные вещества попадают в атмосферу прямо с заводов, имеющих с ними дело.

В Великобритании и Швейцарии ученые пришли к формуле «умного пластика», который разлагается естественным путем или посредством применения специальных реагентов.

Сейчас отходы домашнего хозяйства содержат все большее количество опасных отходов. Ртуть из батареек и фосфорсодержащие элементы флюорисцентных ламп угрожают здоровью людей. Продолжает расти риск, связанный с органическими химикатами, содержащимися в предохранителях древесных покрытий растворителях красок, пестицидах и косметике - эти продукты будут также исследованы с особой тщательностью. Будучи просто выброшенными в мусорный бак, эти опасные отходы могут вызвать взрыв в мусоросжигательных печах, загрязнение подземных вод в месте складирования и угрозу здоровью людей.

Нормирование содержания вредных веществ в литосфере

Для почвы ПДК вредных веществ впервые установлены в 1980 г.; в настоящее время нормативов более 100.

Загрязняющие вещества нормируются:

1. в пахотном слое почвы с/х угодий;
2. в почве территорий предприятий;
3. в почвах жилых районов в места хранения бытовых отходов

$ПДК_п$ устанавливается экспериментально, в зависимости от допустимой остаточной концентрации (ДОК) в пищевых, кормовых растениях и в продуктах питания. ДОК – это максимальное количество вещества в продуктах питания, которое, поступая в организм в течение всей жизни, не вызывает никаких нарушений здоровью людей.

Для летучих веществ $ПДК_п$ устанавливают в зависимости от ПДК этого вещества в атмосферном воздухе, т.е. при поступлении этого вещества в воздух $ПДК_А$ не должна быть превышена. Кроме того, учитывается поступление загрязняющих веществ виз почвы в грунтовые воды, в которых не должна быть превышена $ПДК_В$ веществ в водных объектах.

С учетом всех этих признаков вредности в качестве $ПДК_п$ принимается наиболее жесткая концентрация.

В почве в основном нормируется содержание *пестицидов*, т.е. ядохимикатов, используемых для борьбы с вредителями (инсектициды), сорняками (гербициды), болезнями (фунгициды), паразитами (акарициды) и др.

Нормируется содержание многих химических веществ: тяжелых металлов, галогенов, микроэлементов.

Перечень $ПДК_п$ для некоторых инсектицидов приведен в таблице

Инсектицид	$ПДК_п$, мг/кг	ДОК, мг/кг
Хлорофос	0,5	1,0
Карбофос	2,0	1,0-3,0
Дихлордифенил-трихлорэтан, ДДТ	0,1	0,5
Полихлорпинен	0,5	0,0

При отсутствии ПДК устанавливаются $ВДК_п$, которые определяются по эмпирическим формулам:

$$\mathbf{ВДК_п=1,23+0,48lgПДК_{пр},}$$

где $ПДК_{пр}$ – ПДК вещества в продуктах питания

Предельно допустимое количество отходов на территории предприятия – это такое их количество, которое можно разместить при условии, что выделение вредных веществ в воздух не превысит 0,3 ПДК этих веществ, установленных для воздуха рабочей зоны, т.е. меньше 0,3 $ПДК_{р.з.}$ При этом должно соблюдаться известное правило:

$$\mathbf{\Sigma\, C_i/0{,}3ПДК_{i\ р.з.} \leq 1}$$

Санитарные службы контролируют сбор, транспортировку, места захоронения и переработку опасных отходов.

Утилизация твердых отходов

Приблизительно за 500 лет до нашей эры в Афинах был издан первый известный эдикт, запрещающий выбрасывать мусор на улицы, предусматривающий организацию специальных свалок и предписывающий мусорщикам сбрасывать отходы не ближе чем за милю от города.

Подобно многим греческим изобретениям, такая практика утилизации отходов была забыта в средние века. Жители продолжали выбрасывать мусор в окно вплоть до 14 века. Но несколькими веками позже, когда тысячи людей стали переселяться в промышленные города с тем чтобы получить работу, они, неся с собой эту порочную практику, принесли и мусорный кризис. Муниципалитеты оформили ответственность за сбор и утилизацию отходов в законах. Мусор вывозили за городские ворота и просто складировали на различных хранилищах в сельской местности. В результате роста городов свободные площади в их окрестностях уменьшались, а неприятные запахи возросшее количество крыс, вызванное свалками, стали невыносимыми. Отдельно стоящие свалки были заменены ямами для хранения мусора. В густо же населенных районах Европы этот способ, как требующий слишком больших площадей и способствующий загрязнению подземных вод, был предпочтен другому.

Первое систематическое использование мусорных печей было опробовано в Нотингеме, Англия, в 1874 г. Сжигание сократило объем мусора на 70-90 %, в зависимости от состава, поэтому оно нашло свое применение по обе стороны Атлантики. Густонаселенные и наиболее значимые города вскоре внедрили экспериментальные печи, но не везде смогли оправдать затраты. Большие затраты на них были бы уместны тогда, когда не было бы дешевого способа захоронения. Многие города, которые применили эти печи, вскоре отказались от них - из-за ухудшения состава воздуха. Захоронение отходов оказалось в числе наиболее популярных методов решения данной проблемы.

90% отходов в США до сих пор закапывается. Но свалки в США быстро заполняются, и страх перед загрязнениями подземных вод делает их нежелательными соседями. Эта практика заставила людей во многих населенных пунктах страны прекратить потребление воды из колодцев. Желая уменьшить этот риск, власти Чикаго с августа 1984 г. объявили мораторий на разработку новых площадей под свалку до тех пор, пока не будет разработан новый вид мониторинга, следящего за перемещением метана.

Метан - горючий газ, образующийся в процессе разложения органических соединений. Если не проконтролировать его образование, он может взорваться. Все больше и больше метана сейчас добывается в местах захоронения отходов при помощи труб, вставляемых внутрь захоронений. После очистки газ может быть использован в качестве топлива. Уже 40таких станций работают и строятся по всем Соединенным Штатам.

Однако площадей для захоронения становиться все меньше и цены на них растут. В Минеаполисе, штат Миннесота, цена на захоронение 1 т. отходов возросла за 6 лет с 5 до 30 долларов. К 2006 г. власти Калифорнии заплатят 1 млрд долларов за то, чтобы избавиться от своего мусора.

Но даже если город и может найти место для свалки, то эти места обычно удалены от города. Цена утилизации увеличивается на 1 доллар с каждой милей, на которую перевозят 1 т мусора. К тому же цены во многих местах искусственно занижены. До тех пор, пока городские власти и промышленники не столкнутся с

высокими ценами на небольшое количество площади и более строгими ограничениями, они не смогут решить ни одну проблему.

Нехватка новых мест для сброса отходов, а также их растущий объем заставляют искать все новые методы их утилизации. Поддержка в пользу станций по переработке отходов в энергию в США растет как снежный ком. После огромного количества неудач в 1970-х гг. эта технология была улучшена и используется от Аляски до Флориды.

В 1986 г. на конференции мэров США было объявлено о существовании 69 таких станций, а также о строительстве в ближайшее время еще около 61. Большинство из них используют технологию сжигания общей массы, где топливом служит мусор, который не перебирали и который краном переносится в специальную печь. Другие применяют технологию, где топливом служит мусор, из которого удалены металлы и стекло, и в который добавили немного угля. На некоторых подобных станциях также отделяют определенные, имеющие низкие теплотворные способности, органические отходы, с тем чтобы использовать в качестве удобрений. Технология массового сжигания является наиболее привлекательной - из-за отсутствия высоких требований к топливу, и поэтому они могут быть переданы в частные руки - при гарантированном спросе на энергию. Закон США 1978 г. требует от государственных энергокомпаний покупать электричество по сходной цене у частных производителей. Но этот закон не является столь же насущным в тех странах, где частные предприятия занимаются как электричеством, так и отходами.

Компании, снабжавшие оборудованием теперь уже несовременную электрическую промышленность, активно предлагают на рынке новые, работающие на сжигании мусора электростанции. Последние могут покрыть нужды в электричестве целых городов и поглотить 100-3300 т мусора в день. Рынок больших и малых подобных электростанций растет. Около 25 таких электростанций объемом потребления в 1500 т мусора в день уже работают сейчас либо находятся в стадии завершения строительства. Об их эффективности можно судить по следующим данным: чтобы сжечь весь пригодный к сжиганию мусор нужно 12 станций мощностью по 1500 т. в день.

Приверженцы рассмотренных электростанций обращаются к международному опыту их использования. Около 350 таких станций работает в Бразилии, Японии, на территории бывшего СССР и в разных странах Западной Европы, где находится около половины всех этих станций. В Дании, Японии, Швеции и Швейцарии более половины всего мусора сжигается, но лишь часть из них вырабатывает электричество. Гораздо большее их число предназначены для получения пара, идущего на отопление жилых домов и предприятий. С 1970 г. количество электростанций, работающих на мусоре, в Японии увеличилось в 4 раза. В США лишь *396* отходов сжигается. Приверженцы данной технологии считают, что к концу столетия их объем возрастет до 40%.

Не все убеждены в перечисленных выше достоинствах таких электростанций. Ряд электростанций, работающих на мусоре, закрывается - в большинстве своем из-за того, что они не удовлетворяют стандартам по качеству воздуха, введенным после их строительства. Некоторые аналитики считают, что эти проблемы не решены в полной мере на новых станциях.

Скептики убеждены: после их открытия появятся проблемы с сжиганием мусора, содержащего хлор. При выбросе их молекулы группируются в химические соединения, известные как диоксины. Некоторые диоксины - среди наиболее токсичных из известных веществ. Замечено, что они ослабляют иммунную систему, делая ее менее стойкой к воздействию вирусов, и влияют на кожный покров.

В настоящее время существуют следующие варианты утилизации ТБО и сведения при этом вреда к минимуму:

- вторичная переработка
- установка норм на выбросы вредных веществ при сжигании
- раздельный сбор отходов (пластик отделяется от металла, от стекла и бумаги);
- установка фильтров на мусоросжигающие заводы (они препятствуют кислотным выбросам при сжигании тяжелых металлов).

Проблема бытовых отходов в России

С начала 70х до конца 80х в России бытовых отходов стало в 2 раза больше. Это миллионы тонн. И произошло это по причине улучшения культуры упаковки и появления большого количество одноразовой упаковки. И по этому показателю мы почти догоняем Запад.

Проблема утилизации мусора стоит особо остро в больших городах, таких как Москва. Поэтому стоит проиллюстрировать как она решалась и решается сейчас в нашем родном городе. Как мы это уже показали во всем мире она решается по-разному. Изобилует методами уничтожения и переработки мусора и Москва. До 1987 года самым популярным способом было захоронение отходов города на специальных полигонах под Москвой. К 1987 году таких полигонов насчитывалось под Москвой около пятидесяти общей площадью в несколько сот гектаров дефицитных земель. Хорошо, если непригодные для землепользования! В Истринском районе под полигон был отдан глиняный карьер, а в Одинцовском под полигон отдан вполне пригодный для земледелия участок в 7,5 га. Не всегда куга мусора на этих полигонов надежно засыпаны почвой, и неприятные запахи и пожары становились нормой в таких местах. Также не всегда хорошо были защищены от загрязнения ядовитыми веществами грунтовые воды. Видя такое состояние на городских свалках, отцы города в то время нашли другое решение этой проблеме мусоросжигательные печи и переработка твердых отходов. Была разработана программа по комплексному сбору, перевозке и утилизации отходов Москвы и Подмосковья. В рамках этой программы намеревались построить свыше десяти крупных предприятий по переработке бытовых отходов, в частности в Мытищах, Люберцах, Одинцове. Отходы должны были сжигаться, а металлолом реализовываться через Вторчермет и Вторцветмет.

Программа также включала в себя увеличение парка мусоровозов и контейнеров для их сбора. Предвидя возможные загрязнения атмосферы выбросами мусоросжигательных печей, также предусматривалась установка специальных фильтров и технологии сжигания, очищающая выбросы на 97-99%. Органические отходы города власти собирались вывозить в сельские хозяйства Подмосковья. По выполнению программы (2000 год) городские власти намеревались закрыть значительное количество мусорных полигонов.

Ситуация на сегодняшний день представляется следующей. С тех пор (1987 год) количество мусора увеличилось в два раза и составило 120 млрд. т. в год (учитывая промышленность). Сегодня Москва выбрасывает 10 млн. т. с промышленных отходов примерно по 1т на каждого жителя! Из них 40-50% подвергается переработке (заслуга

прежних властей) или сжигаются (гораздо большая часть всех отходов), еще 30-40% вывозится, а еще около 10 оседает в черте города, где их уже около 3 млн. т. Количество свалок (мусорных полигонов) ни сколько не уменьшилось и по-прежнему составляет 50, каждая площадью от 3 до 5 га. Исследователи утверждают, что несанкционированные свалки приобрели неслыханный размах - даже в центре Москвы их 14 штук, и это не считая загородных. Мэрия, видимо, понимает опасность такого положения и пытается устранить ее путем еще большего увеличения числа крупных мусоросжигательных станций. 12 таких закупаются сейчас за рубежом. Известно, что стоят они не мало и поэтому, стоило бы сначала задуматься, а стоит ли их вообще закупать. В мире хорошо известны экологические издержки таких печей, а в экономическом плане они убыточны не только потому, что они стоят дорого, но и потому, что в них сжигается ценнейшее сырье, которое после переработки могло дать немалую прибыль той же Мэрии и сэкономило бы наши деньги, деньги налогоплательщиков.

Сбор, транспортировка и утилизация отходов стоит городам от30 до 100 долларов за тонну. Поэтому утилизация твердых отходов - большая и постоянно растущая расходная статья городского бюджета. "Купил, потребил, выкинул" - такое мышление по отношению к товарам так сильно укоренилось в человеческом сознании, что даже переход от свалки к мусорным печам считается радикальным. Сокращение отходов, их переработка нуждается не только в новом подходе, но и в вовлечении большего количества средств, что встречает постоянные барьеры. Но, несмотря на все препятствия, все большее количество городов активно внедряют в свои планы борьбы с отходами их переработку. Эти города не тратят свои деньги на захоронение, а, наоборот, зарабатывают их через продажу вторматериалов. Эти программы вырастают за пределы городов в виде заработанных денег, произведенной энергии, материальных ценностей и недопущенных загрязнений окружающей среды.

Вопросы по лекционному разделу

1. Верно ли данное высказывание: "Кочевник является не столько сыном пустыни, сколько ее отцом"?
2. Как можно объяснить то, что при массовом отстреле хищных птиц (филинов, ястребов) численность куропаток и тетеревов снижается; при уничтожении волков снижается численность оленей; в результате уничтожения воробьев падает урожай зерновых?
3. В результате хозяйственной деятельности человек вырубает леса, осушает болота и т.д. Возможно ли самовосстановление разрушенного сообщества? Если да, то какие процессы приведут к их самовосстановлению?
4. С бурным развитием сельского хозяйства связан интенсивный выпас скота. К каким отрицательным последствиям это может привести? Какая смена сообщества: естественная или искусственная является более быстрой и почему?
5. Известно, что климат земного шара неоднократно менялся. Как эти изменения климата повлияли на смену сообществ? Действие какого фактора эволюции при этом было определяющим?

6. Серьезной проблемой сейчас является судьба трех морей: Каспийского, Аральского и Азовского. Использование части стока реки Кубани для орошения привело к значительному снижению притока пресной воды в Азовское море. Какая экологическая проблема встает в связи с этим и как ее решить?

7. С 1600 по 1979 гг. с лица Земли исчезло 63 вида и 55 подвидов млекопитающих, в том числе 11% видов диких парнокопытных, 8% сумчатых, 3% ластоногих, 2,3% насекомоядных и т.д. В последнее время, в среднем, на нашей планете ежегодно исчезает по одному виду или подвиду позвоночных животных. Объясните эти тревожные факты.

8. Во Франции в XVIII веке было 17 млн. га леса, в XIX веке осталось 8 млн. га. Сжигающий поля ветер - сорокко - распространился в Италии в результате уничтожения лесов в Аппенинах. Наводнения, сели, смыв почвы и ее иссушение — участились во всех странах. Объясните роль лесов.

9. Ученые подсчитали: если производство энергии на Земле возрастет еще примерно в 100 раз (а это вполне вероятно: мощность имеющихся в распоряжении человечества источников энергии сейчас достигает 109 киловатт, а поток энергии солнечного излучения, достигающий, поверхности Земли, имеет мощность - 1013 киловатт), то могут произойти необратимые изменения климата. Сформулируйте проблему и предложите пути ее решения.

Литература

Основная литература

1. Горелов А.А. Экология: Конспект лекций. – М.: ЮРАЙТ, Высшее образование, 2009. – 192с. – (Хочу все сдать)
2. Коробкин В.И. Экология: учеб. для вузов / В.И.Коробкин, Л.В.Передельский. – 16-е изд., доп. и перераб. – Ростов н/Д: Феникс, 2010. – 602с.: ил. _ (Высшее образование) МО РФ
3. Николайкин Н.И. Экология: учеб. для вузов / Н.И.Николайкин, Н.Е.Николайкина, О.П.Мелехова. - 7-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2009. – 622 с.: ил. – (Высш. образование) МОРФ

Дополнительная литература

1. Вронский В.А. Экология и окружающая среда. Словарь – справочник. М.: МарТ, 2008.
2. Занимательная экология. Интерактивная компьютерная обучающая программа. CD: Экология в рассказах. Основы экологии. География экосистем и экологических катастроф. Тесты: Информационно-справочные материалы. CD
3. Инженерная экология в нефтегазовом комплексе: Учеб. пособ. / Ягафарова Г.Г., Насырова Л.А., Шахова В.А. и др. –Уфа: Нефтегазовое дело, 2007. – 334с.
4. Природа и география России. Большая энциклопедия России. 2007. CD.
5. Учебно-метод. видеофильмы для учителей и педагогов дополнительного образования. Эколог. исследования школьников в природе. Ч.1 Весенний сезон. CD
6. Учебно-метод. видеофильмы для учителей и педагогов дополнительного образования. Эколог. исследования школьников в природе. Ч.1 Зимний сезон. CD

7. Учебно-метод. видеофильмы для учителей и педагогов дополнительного образования. Эколог. исследования школьников в природе. Ч.1 Летний сезон. CD
8. Учебно-метод. видеофильмы для учителей и педагогов дополнительного образования. Эколог. исследования школьников в природе. Ч.1 Осенний сезон. CD
9. ЭкоГид: Путеводитель по экосистемам.(Иллюстрированные атласы-определители средней полосы)Ассоциация «Экосистема».CD
10. Экология и космос. Учебное пособие по специальности «Природопользование». (направление «Экология и природопользование» по специализации экология и космос «Экология»). –М.:ГУУ,2007. DVD
11. Экология: Электронный учебник /Л.В.Передельский, В.И.Коробкин, О.Е.Приходченко. – М.: КНОРУС, 2009. – 1 электрон. опт. Диск: зв,. цв. (Презентации (анимация, звук); подробные тренировочные тесты; контрольные тесты; словарь терминов; персоналии)

РАЗДЕЛ 6. РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Лекция. Охрана окружающей среды и рациональное природопользование

Современная технократическая мощь направлена, по сути, против всех тех процессов, на которых основана динамическая устойчивость природы. Как уже говорилось, ранее она всегда была сильнее человека, и ее восстановительные способности породили представления о неисчерпаемости ресурсов и возможности пользоваться ими, не заботясь о состоянии окружающей жизни. Человечество подходит сейчас к опасной черте и способно подорвать основы своего существования на планете. В.И. Вернадский, развивший учение о биосфере, где жизнь является самой активной и действенной силой, преобразующей верхние слои планеты, обсуждал также понятие *ноосфера* — сферы разума. Он предвидел, что вскоре эволюция жизни на Земле будет практически целиком зависеть от деятельности человека, и оптимистично считал, что мощный поток коллективного разума справится с этой задачей.

Современное развитие экологии, с одной стороны, дает ключ к решению многих проблем, связанных с состоянием живой природы, а с другой стороны, показывает, насколько сложны, дороги и трудоемки зачастую пути их реализации. Главная сложность — объединение усилий всего человечества, раздробленного на государства, разные слои общества, бедных и богатых, образованных и необразованных. В этих условиях общее и непрерывное экологическое образование и просвещение — абсолютная необходимость. Экологическая наука представляет сейчас огромное поле знаний, которое продолжает разрабатываться трудами специалистов-ученых. Но знание ее важнейших основ, из которых вытекает понимание последствий любых практических действий по отношению к природе, должно быть обязательным для каждого члена общества, независимо от его профессии. На любом рабочем месте, от тракториста, коммерсанта, учителя до министра, человек должен действовать экологически грамотно,

заботясь не только о ежеминутной выгоде, но и о судьбе следующих поколений — детей, внуков и правнуков.

Экологические законы пронизывают всю нашу хозяйственную деятельность, и бытовую, и производственную: в промышленности, на транспорте, в сельском хозяйстве, лесоводстве, медицине, добыче полезных ископаемых, получении энергии и т.п. Экологические знания — основа новых технологий, сберегающих ресурсы и биоразнообразие на планете. Следует лишь помнить, что жизнь природы, поддерживающая жизнь всех людей на Земле, — самое главное, что должно быть в центре внимания хозяйствования человека в биосфере.

Природоохранное законодательство

Экологическое законодательство в России базируется на Конституции, определяющей основы собственности на природные ресурсы, а также права и обязанности предприятий и граждан, пользующихся природными богатствами страны.

. Верховным Советом РФ в декабре 1991 г. принят закон “ Об охране окружающей природной Среды “, являющийся основой природоохранного законодательства. В законе, впервые в международной практике, осуществлена попытка обеспечить приоритет экологии над экономикой и интересов граждан над интересами предприятий и ведомств. Источниками экологического права являются также конституции автономных республик , постановления Федерального Собрания, указы Президента РФ, правительственные нормативные акты. Объектами экологического права являются земля, недра, воды, воздух, флора и фауна, континентальный шельф. Для их сохранения и разумного использования законодательство предусматривает:

- компетенцию органов государственного управления в области охраны окружающей природной среды;
- экологические права и обязанности граждан (основания возникновения и прекращения природопользования граждан, формы их участия в природоохранной деятельности);
- экологические права и обязанности предприятий (основания возникновения, изменения и прекращения природопользования предприятий; обязанности по охране природы; структура, права и обязанности службы охраны природы на предприятии; формы и методы контроля за соблюдением экологического законодательства на предприятии);
- виды ответственности за нарушения экологического законодательства гражданами, предприятиями, организациями и учреждениями (материальная, дисциплинарная, административная и уголовная);
- возмещение ущерба, нанесенного окружающей среде гражданами и предприятиями;
- установление платы за природопользование;
- участие общественности в принятии решений в области охраны окружающей природной Среды;
- значение органов Прокуратуры и Госарбитража в охране природы.

Правовое регулирование использования и охраны земель, вод, воздуха, лесов, недр, животного мира, природных богатств континентального шельфа, заповедных и

других особо охраняемых природных ресурсов осуществляется специальными законами.

Закон “Об охране атмосферного воздуха“ предусматривает нормирование предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ и уровней вредных физических воздействий на атмосферу, наблюдение за составом атмосферного воздуха по химическим, физическим и биологическим показателям.

Закон “Об охране и использовании животного мира“ предусматривает государственный учет животных и их использование (создается специальный государственный мониторинг), ведение Государственного кадастра животного мира, содержащего совокупность сведений о географическом распространении видов животных, их численности, характере необходимых угодий.

В “Основах водного законодательства “регламентируется порядок регулирования водных отношений между государством и пользователями (гражданами, коммунальными службами, предприятиями), охрана вод от засорения, загрязнения и истощения, ведение Государственного кадастра учета вод по количественным и качественным показателям.

Становление рыночной экономики в стране вносит свои особенности в охрану природной среды. С одной стороны, появляется ряд положительных моментов. Устанавливаются реальные цены на энергоносители, воду и другие ресурсы, что является стимулом для их экономии. Энергоемкая тяжелая промышленность в таких условиях становится неконкурентоспособной, поэтому требуется замена устаревшего оборудования в сочетании с внедрением современных технологий. Приватизация предприятий дает возможность установления и взимания экологических налогов, вводимых за природопользование, загрязнение или разрушение природной среды.

Вместе с тем появились и отрицательные тенденции. Напр. в СССР существовал хорошо развитый общественный транспорт, на долю которого приходилось более 80% пассажирских перевозок (в США - только 3%). В настоящее время происходит резкий прирост частных автомобилей, увеличивающих загрязнение воздушной среды. Другим отрицательным моментом перестройки является возросшая активность общественности, направляемая часто (из-за эгоизма и ограниченности) на решение узких локальных местнических экологических проблем, что ведет к закрытию жизненно необходимых предприятий или препятствует строительству новых (действую по принципу - “ только не у нас”). Так, в СССР в 1989 г. по экологическим причинам было закрыто 240 заводов. Как следствие, в 1990г. производство удобрений сократилось на 5,2 млн.т., соды - на 951 тыс.т., целлюлозы - на 400 тыс.т., метилового спирта - на 387 тыс.т. Это вызвало цепную реакцию в сокращении производства готовой продукции (медикаментов, бумаги, тканей и т.д.). Разрыв сложившихся экономических связей привел к резкому сокращению производства (и загрязнению окружающей природной среды), однако это вызвало и сокращение средней продолжительности жизни (из-за ухудшения питания, медицинского обслуживания и т.д.).

В последние годы формируется международное экологическое право. В его компетенцию входит правовой статус уникальных природных зон, имеющих общепланетарное значение, кодекс экологического поведения транснациональных корпораций, контроль выполнения государствами международных экологических соглашений, порядок отчета государств о своей природоохранной деятельности и экологических катастрофах.

Стандарты качества технологий

Правовое регулирование природопользования в значительной мере обеспечивается подзаконными актами - нормативно-техническими документами ведомств, правилами и стандартами.

Правовой характер стандартов гарантируется законодательством, предписывающим всем предприятиям, организациям и учреждениям их выполнение и устанавливающим ответственность за их несоблюдение и невыполнение. Стандарты качества технологий составляются с учетом современного состояния промышленности и являются попыткой согласования экономических и экологических интересов общества. Существуют международные стандарты, государственные, республиканские, ведомственные и стандарты предприятий. В них регламентируются предельно допустимые и временно согласованные выбросы и сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду; предельно допустимые концентрации вредных веществ в природных средах (воде, воздухе, почвах, растительности, животных организмах); ориентировочно безопасные уровни воздействий техногенных загрязнителей на природную среду; правила и методы природопользования. сводящие к минимуму ущерб, наносимый природной среде; правила, способы и технические средства контроля качества технологий; организация природоохранной службы и другие вопросы. Государственные природоохранные стандарты разрабатывались в СССР (было разработано более 70 стандартов), на их базе в некоторых республиках разработаны и утверждены республиканские стандарты. Эти стандарты действуют в России.

Системе природоохранных стандартов присвоен индекс 17, в ней 9 групп, каждая из которых соответствует определенной среде или сфере хозяйственной деятельности (напр.: 0 - предприятиям, 1 - гидросфере, 2 - атмосфере). В каждой группе стандарту присваивается номер в зависимости от назначения стандарта (напр.: 0 - допустимые уровни, 1 - терминология, 2 - нормы и методы измерений), затем следует порядковый номер и год утверждения. Напр., стандарт ГОСТ 17.2.3.01-86 - природоохранный, по атмосфере, правила контроля качества воздуха населенных пунктов, №1, утвержден в 1986г.

Наиболее существенным из разработанных стандартов является экологический паспорт промышленного предприятия - ГОСТ 17.0.0.04-90 (основные положения), введенный в действие 1.07.1990г.

Экологический паспорт - это нормативно-технический документ, включающий данные по использованию предприятием ресурсов и влиянию его производства на окружающую среду. Составляется экологический паспорт подразделениями предприятия (во главе с отделом по охране природы), утверждается руководителем предприятия, согласовывается с местными органами власти и Минприроды. Для проектируемого предприятия ЭП разрабатывает организация-проектировщик.

В ЭП отражаются следующие сведения:

- о предприятии и регионе его размещения;
- об используемых предприятием технологиях;
- количественные и качественные характеристики используемых ресурсов (сырья, топлива, энергии);
- количественные характеристики выпускаемой продукции;

- количественные и качественные характеристики выбросов (сбросов) загрязняющих природную среду веществ, а также отходов производства;

- результаты сравнения используемых предприятием технологий с лучшими достижениями в этой области (в том числе за рубежом).

На основании информации, сосредоточенной в ЭП, решается ряд экологических задач:

- оценивается влияние выбросов (сбросов) загрязняющих веществ, отходов и выпускаемой продукции на природную среду и здоровье населения;

- устанавливаются нормативы выбросов загрязняющих веществ и складирования отходов;

- планируются и оцениваются природоохранные мероприятия на предприятиях;

- анализируется соблюдение предприятием законодательства, стандартов и нормативно-технической документации по охране окружающей Среды;

- осуществляется экспертиза проектов реконструкции предприятия;

- разрабатываются мероприятия по повышению эффективности использования природных и минеральных ресурсов, энергии и вторичного сырья.

ЭП составляется на один год и в него вносятся коррективы не позднее месяца со дня изменения характера влияния деятельности предприятия на природную среду. При ежегодных уточнениях паспорт проходит согласование в местных органах власти и организациях Минприроды. Паспорт составляется в двух экземплярах, один из которых хранится на предприятии, а другой - в комитете по экологии, где должен быть обеспечен доступ к его изучению.

Экологическая экспертиза.

Одной из форм правового механизма управления природопользованием и охраной окружающей среды является ЭЭ. Под ЭЭ понимается “установленный государством и обязательный для всех министерств и ведомств, предприятий и организаций, а также учреждений порядок предварительной проверки соответствия проектов, планов, мероприятий хозяйственного развития, стандартов изделий, материалов, химических веществ и т.п. требованиям экологической защиты общества”.

Государственная экологическая экспертиза (ГЭЭ) может проводится на различных уровнях - силами Минприроды России, автономных республик, министерств и ведомств, местных органов власти.

Предусмотрена следующая процедура ГЭЭ:

- подготовка задания, включающая информацию об объекте, перечень необходимых документов, цели и уровень ГЭЭ, перечень организаций, которые необходимо привлечь к экспертизе;

- формирование экспертных групп и комиссий, в состав которых должны быть включены профессионалы, обладающие соответствующими знаниями и опытом, а также независимостью. Считается целесообразным включать в комиссию несколько экспертных групп, отражающих интересы разработчика, заказчика, местного населения, защитников природы;

- определение этапов ЭЭ и их продолжительности. Обычно ЭЭ осуществляется в 3 этапа: подготовительный, аналитический и заключительный.

ЭЭ распространяется на объекты, которые могут оказать существенное негативное влияние на природную среду:

- правовую, нормативную и инструктивную документацию;
- генеральные планы городов и населенных пунктов;
- проекты технических систем, машин, механизмов и приборов;
- внедряемые открытия и изобретения;
- действующие и строящиеся технические, аграрные и другие объекты и системы;
- существующие и проектируемые технологии и оборудование;
- известные и новые вещества, энергоносители, сырье, материалы, корма, продукты питания, лекарства, отходы;
- природоохранные мероприятия.

Для оценки экологической эффективности технологических процессов можно использовать следующие показатели:

- экологоемкость

$$l = \frac{P}{Q}$$

где P - значение вредных воздействий на природную среду (в натураль- ном измерении);

Q - количество полезной продукции;

- ресурсоемкость

$$n = \frac{R}{Q}$$

где R - расход энергии, воды, воздуха, сырья и других ресурсов;

- коэффициент экологичности объекта (отношение “чисто полезного” эффекта к израсходованным природным ресурсам

$$e = \frac{Q - P}{R} = \frac{1 - l}{n}$$

Программы управления природопользованием

Для решения экологических проблем любое общество должно жертвовать частью своего национального дохода, обеспечивая сохранение природы и свое устойчивое развитие. На формирование и реализацию природоохранных программ необходимо отчислять (по зарубежным оценкам) 10-12% ВНП, в противном случае экономический ущерб от разрушения природных систем превысит “экономию” средств, необходимых для их сохранения.

В нашей стране экологические программы традиционно строятся как вторичные к программам экономического развития, т.е. для природоохранных целей используется все тот же “остаточный принцип”. В СССР затраты на экологию в 1985-87гг. составили 1,2% ВНП, в 1988-89гг. - 1,3% ВНП, тогда как потери, по оценкам, ежегодно составляли 10-15% ВНП.

Программы управления природопользованием включают:

- правовой механизм управления (природоохранное законодательство, установление “стандартов качества окружающей среды”, “ стандартов качества технологий”, создание службы контроля за исполнением законодательства);
- службу мониторинга (включая ГЭЭ);
- государственную службу управления природопользованием;
- экономический механизм по выполнению экологических программ;
- региональный уровень управления.

Вопросы по лекционному разделу

1. Перечислите виды природных ресурсов в зависимости от их использования, ограниченности, способности к восстановлению и возобновлению.
2. Перечислите и дайте краткую характеристику основным загрязняющие вещества и поставщиков загрязнения.
3. Какими основными законами регулируются рациональное использование и охрана водных ресурсов в России?
4. Дайте характеристику основным принципам рационального использования земель
5. В чем выражается отрицательное воздействие на окружающую среду теплового загрязнения?
6. Каковы основные меры по рациональному использованию, охране и восстановлению лесных ресурсов в России?
7. Назовите технологические процессы и виды продукций машиностроительного производства, оказывающие негативное воздействие на атмосферу.
8. Каковы особенности негативного влияния на атмосферу транспорта (автомобильного, воздушного)?
9. Какие факторы необходимо учитывать при организации сбора и переработки твердых отходов и осадков сточных вод?
10. Назовите перспективные методы переработки промышленных отходов

Литература

Основная литература

1. Горелов А.А. Экология: Конспект лекций. – М.: ЮРАЙТ, Высшее образование, 2009. – 192с. – (Хочу все сдать)
2. Коробкин В.И. Экология: учеб. для вузов / В.И.Коробкин, Л.В.Передельский. – 16-е изд., доп. и перераб. – Ростов н/Д: Феникс, 2010. – 602с.: ил. _ (Высшее образование) МО РФ
3. Николайкин Н.И. Экология: учеб. для вузов / Н.И.Николайкин, Н.Е.Николайкина, О.П.Мелехова. - 7-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2009. – 622 с.: ил. – (Высш. образование) МОРФ

Дополнительная литература

1. Вронский В.А. Экология и окружающая среда. Словарь – справочник. М.: МарТ, 2008.
2. Занимательная экология. Интерактивная компьютерная обучающая программа. CD: Экология в рассказах. Основы экологии. География экосистем и экологических катастроф. Тесты: Информационно-справочные материалы. CD
3. Инженерная экология в нефтегазовом комплексе: Учеб. пособ. / Ягафарова Г.Г., Насырова Л.А., Шахова В.А. и др. –Уфа: Нефтегазовое дело, 2007. – 334с.
4. Природа и география России. Большая энциклопедия России. 2007. CD.
5. Учебно-метод. видеофильмы для учителей и педагогов дополнительного образования. Эколог. исследования школьников в природе. Ч.1 Весенний сезон. CD
6. Учебно-метод. видеофильмы для учителей и педагогов дополнительного образования. Эколог. исследования школьников в природе. Ч.1 Зимний сезон. CD
7. Учебно-метод. видеофильмы для учителей и педагогов дополнительного образования. Эколог. исследования школьников в природе. Ч.1 Летний сезон. CD
8. Учебно-метод. видеофильмы для учителей и педагогов дополнительного образования. Эколог. исследования школьников в природе. Ч.1 Осенний сезон. CD
9. ЭкоГид: Путеводитель по экосистемам.(Иллюстрированные атласы-определители средней полосы)Ассоциация «Экосистема».CD
10. Экология и космос. Учебное пособие по специальности «Природопользование». (направление «Экология и природопользование» по специализации экология и космос «Экология»). –М.:ГУУ,2007. DVD
11. Экология: Электронный учебник /Л.В.Передельский, В.И.Коробкин, О.Е.Приходченко. – М.: КНОРУС, 2009. – 1 электрон. опт. Диск: зв,. цв. (Презентации (анимация, звук); подробные тренировочные тесты; контрольные тесты; словарь терминов; персоналии)

РАЗДЕЛ 7. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИИ

Лекция. Экология и здоровье человека

Все процессы в биосфере взаимосвязаны. Человечество – лишь незначительная часть биосферы, а человек является лишь одним из видов органической жизни – Homo sapiens (человек разумный). Разум выделил человека из животного мира и дал ему огромное могущество. Человек на протяжении веков стремился не приспособиться к природной среде , а сделать ее удобной для своего существования. Теперь мы осознали, что любая деятельность человека оказывает влияние на окружающую среду, а ухудшение состояния биосферы опасно для всех живых существ, в том, числе и для человек. Всестороннее изучение человека, его взаимоотношении с окружающим миром привели к пониманию, что здоровье - это не только отсутствие болезней, но и физическое, психическое и социальное благополучие человека. Здоровье - это капитал, 2 о природой от рождения, но и теми условиями, в которых мы живем.

Химические загрязнения среды и здоровье

В настоящее время хозяйственная деятельность человека все чаще становится основным источником загрязнения биосферы. В природную среду во все больших количествах попадают газообразные, жидкие и твердые отходы производств. Различные химические вещества, находящиеся в отходах, попадая в почву, воздух или воду, переходят экологическим звеньям из одной цепи в другую, попадая в конце концов в организм человека.

На земном шаре практически невозможно найти место, где бы не присутствовали в той или иной концентрации загрязняющие вещества. Даже во льдах Антарктиды, где нет никаких промышленных производств, а люди живут только на небольших научных станциях, ученые обнаружили различные токсичные (ядовитые) вещества современных производств. Они заносятся сюда потоками атмосферы с других континентов.

Вещества, загрязняющие природную среду, очень разнообразны. В зависимости от своей природы, концентрации, времени действия на организм человека они могут вызвать различные неблагоприятные последствия. Кратковременное воздействие небольших концентраций таких веществ может вызвать головокружение, тошноту, першение в горле, кашель. Попадание в организм человека больших концентраций токсических веществ может привести к потере сознания, острому отравлению и даже смерти. Примером подобного действия могут являться смоги, образующиеся в крупных городах в безветренную погоду, или аварийные выбросы токсичных веществ промышленными предприятиями в атмосферу.

Реакции организма на загрязнения зависят от индивидуальных особенностей: возраста, пола, состояния здоровья. Как правило, более уязвимы дети, пожилые и престарелые, больные люди.

При систематическом *или* периодическом поступлении организм *сравнительно н*ебольших количеств токсичных веществ происходят хроническое отравление.

Признаками хронического отравления являются нарушение нормального поведения, привычек, а также нейропсихического отклонения: быстрое утомление или чувство постоянной усталости, сонливость или, наоборот, бессонница, апатия, ослабление внимания, рассеянность, забывчивость, сильные колебания настроения.

При хроническом отравлении одни и те же вещества у разных людей могут вызвать различные поражения почек, кроветворных органов, нервной системы, печени.

Сходные признаки наблюдаются и при радиоактивном загрязнении окружающей

Так» в районах, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате Чернобыльской катастрофы, заболеваемость среди населения особенно детей, увеличилась во много раз.

Высокоактивные в *биологическом* отношения химические соединения *могут* вызвать эффект отдаленного влияния на здоровье человека: хронические воспалительные заболевания различных органов, изменение нервной системы, действие на внутриутробное развитие плода, приводящее к различным отклонениям у новорожденных.

Медики установили прямую связь между ростом числа людей, болеющих аллергией, бронхиальной астмой, раком, и ухудшением экологической обстановки в данном регионе. Достоверно установлено, что такие отходы производства, как хром, никель, бериллий, асбест, многие ядохимикаты, являются канцерогенами, то есть вызывающие раковые заболевания. Еще в прошлом веке рак у детей был почти неизвестен, а сейчас он встречается все чаще и чаще. В результате загрязнения появляются новые неизвестные ранее болезни. Причины их бывает очень трудно установить.

Огромный вред здоровью человека наноси курение. Курильщик не только сам вредные вещества, но и загрязняет атмосферу, подвергает опасности других людей. Установлено, что люди, находящиеся в одном помещении с курильщиком, вдыхают даже больше вредных веществ, чем он сам

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И БОЛЕЗНИ ЧЕЛОВЕКА

Кроме химических загрязнителей, в природной среде встречаются и биологические, вызывающие у человека различные заболевания. Это болезнетворные микроорганизмы, вирусы, гельминты, простейшие. Они могут находиться в атмосфере, воде, почве, в теле других живых организмов, в том числе и в самом человеке.

Наиболее опасны возбудители инфекционных заболеваний. Они имеют различную устойчивость в окружающей среде. Одни способны жить вне организма человека всего несколько часов; находясь в воздухе, в воде, на разных предметах, они быстро погибают. *Другие* могут жить в окружающей среде от нескольких дней до нескольких лет. Для третьих окружающая среда является естественным местом обитания. Для четвертых - другие организмы, например дикие животные, являются местом сохранения и размножения.

Часто источником *инфекции* является почва, *в которой постоянно обитают* возбудители столбняка, ботулизма, газовой гангрены, некоторых грибковых заболеваний. В организм человека они могут попасть при повреждении кожных покровов, с немытыми продуктами питания, при нарушении правил гигиены.

Болезнетворные микроорганизмы могут проникнуть в грунтовые воды и стать причиной инфекционных болезней человека. Поэтому воду из артезианских скважин, колодцев, родников необходимо перед питьем кипятить.

Особенно загрязненными бывают открытые источники воды: реки, озера, пруды. Известны многочисленные случаи, когда загрязненные источники воды стали причиной эпидемий холеры, брюшного тифа, дизентерии.

В жарких странах широко *распространены* такие болезни, как *амебиаз,* шистоматоз, эхинококкоз и другие, которые вызываются различными паразитами, попадающими в организм человека с водой.

При воздушно-капельной инфекции заражение происходит через дыхательные и при вдыхании воздуха, содержащего болезнетворные микроорганизмы.

К таким болезням относится грипп, коклюш, свинка, дифтерия, корь и другие. Возбудители этих болезней попадаю в воздух при кашле, чихании и даже при разговоре больных людей.

Особую группу составляют инфекционные болезни, передающиеся при тесном контакте с больным или при пользовании его вещами, например, полотенцем, носовым платком, предметами личной гигиены и другими, бывшими в употреблении больного. К ним относятся венерические болезни (СПИД, сифилис, гонорея), трахома, сибирская язва, парша. Человек, вторгаясь в природу, нередко нарушает естественные условия существования болезнетворных организмов и становится сам жертвой природно-очаковых болезней.

Люди и домашние животные могут заражаться природно-очаковыми болезнями, попадая на территорию природного очага К таким болезням относят чуму, туляремию, сыпной тиф, клещевой энцефалит, малярию, сонную болезнь.

Особенностью природно -очаковых заболеваний является то, что их возбудители существуют в природе в пределах определенной территории вне связи с людьми или домашними животными. Одни паразитируют в организме диких животных-хозяев. Передача возбудителей от животных к животному и от животного к человеку происходит преимуществ ей но через переносчиков, чаще всего насекомых и клещей.

Возможны и другие пути заражения. Так, в некоторых жарких странах, а также в ряде районов нашей страны встречается инфекционное заболевание лептоспироз, или водяная лихорадка. В нашей стране возбудитель этой болезни обитает в организмах полевок обыкновенных, широко распространенных в лугах около рек. Заболевание лептоспирозом носит сезонный характер, чаще встречаются в период сильных дождей и в мине месяцы (июль - август). Человек может заразиться при попадании в его организм воды, загрязненной выделениями грызунов.

Такие болезни, как чума, орнитоз, передаются воздушно-капельным путем. Находясь в районах природно – очаковых заболеваний, необходимо соблюдать специальные меры предосторожности.

ВЛИЯНИЕ ЗВУКОВ НА ЧЕЛОВЕКА

Человек всегда жил в мире звуков и шума. Звуком называют такие механические колебания внешней среды, которые воспринимаются слуховым аппаратом человека (от 16 до 20 000 колебаний в секунду). Колебания большей частоты называют ультразвуком, меньшей инфразвуком. Шум - громкие звуки, слившиеся в нестройное звучание.

Для всех живых организмов, в том числе и человека, звук является одним из воздействий окружающей среды.

В природе громкие звуки редки, шум относительно слаб и непродолжителен. Сочетание звуковых раздражителей дает время животным и человеку, необходимое для оценки их характера и формирования ответной реакции. Звуки и шумы большой мощности поражают слуховой аппарат, нервные центры, могут вызвать болевые ощущения и шок. Так действует шумовое загрязнение.

Тихий шелест листвы, журчание ручья, птичьи *голоса,* легкий плеск воды и шум прибоя всегда приятны человеку. Они успокаивают его, снимают стрессы. Но естественные звучания голосов Природы становятся все более редкими, исчезают совсем заглушаются промышленными транспортными и другими шумами.

Длительный шум неблагоприятно влияет на орган слуха, понижая чувствительность к звуку.

Он приводит к расстройству деятельности сердца, печени, к истощению и перенапряжению нервных клеток. Ослабленные клетки нервной системы не могут достаточно четко координировать работу различных систем организма. Отсюда возникают нарушения их деятельности.

Уровень шума измеряется в единицах, выражающих степень звукового давления, - дицибелах.

Это давление воспринимается не беспредельно. Уровень шума в 20-30 дицибелов (дБ) практически безвреден для человека, это естественный шумовой фон. Что касается громких звуков, то здесь допустимая граница составляет примерно 80 дицибелов. Звук в 130 децибелов уже вызывает у человека болевое ощущение, а 150 становится для него непереносимым. Недаром в средние века существовала казнь «под колокол». Гул колокольного звона мучил и медленно убивал осужденного.

Очень высок уровень и промышленных шумок. На многих работах и шумных производствах он достигает 90-110 децибелов и более. Не намного тише и у нас дона, где появляются все новые *источники* шума - так называемая бытовая техника

Долгое время влияние шума на организм человека специально не изучалось, хотя в древности знали о его вреде и, например, в античных городах вводились правила ограничения шума

В настоящее время ученые во многих странах мира ведут различные исследования целью выяснения влияния шума на здоровье человека Их исследования показали, что в ум наносят ощутимый вред здоровью человека, но и абсолютная тишина пугает и угнетает его. Так, сотрудники одного конструкторского бюро, имевшего прекрасную звукоизоляцию, уже через неделю стали жаловаться на невозможность работы в условиях гнетущей тишины. Они нервничали, теряли работоспособность. И, наоборот, ученые установили, что звуки определенной силы стимулируют процесс мышления, в особенности процесс счета.

Каждый человек воспринимает шум по-разному. Многое зависит от возраста, темперамента, состояния здоровья, окружающих условий.

Некоторые люди теряют слух даже после короткого воздействия шума сравнительно уменьшенной интенсивности.

Постоянное воздействие сильного шума может не только отрицательно повлиять на слух, но и вызвать другие вредные последствия - звон в ушах, головокружение, головную боль, повышение усталости.

Очень шумная современная музыка также притупляет слух, вызывает нервные заболевания.

Шум обладает аккумулятивным эффектов, то есть акустические раздражение, в организме, все сильнее угнетают нервную систему.

Поэтому перед потерей слуха от воздействия шумов возникает (функциональное расстройство центральной нервной системы. Особенно вредное влияние Оказывает на нервно-психическую деятельность организма.

Процесс нервно-психических заболеваний выше среди лиц, работающих в шумных условиях, нежели у лиц, работающих в нормальных звуковых условиях.

Шумы вызывают функциональное расстройства сердечно-сосудистой системы; оказывает вредное влияние на зрительной и вестибулярной анализаторы, снижает рефлекторную деятельность, что часто становится причиной несчастных случаев и травм. Как показали исследования, неслышимые звуки также могут оказать вредной воздействие на здоровье человека Так, инфразвуки особое влияние оказывают на психическую сферу человека: поражаются все виды интеллектуальной деятельности, ухудшаются настроение, иногда появляется ощущение растерянности, тревоги, испуга, страха, а при высокой интенсивности - чувство слабости, как после сильного нервного потрясения.

Даже слабые звуки инфразвуки могут оказывать на человека существенное воздействие, в особенности, если они носят длительный характер. По мнению ученых, именно инфразвуками, неслышно проникающими сквозь самые толстые стены, вызываются многие нервные болезни жителей крупных городов.

Ультразвуки, занимающие заметное место в гамме производственных шумов, также опасны. Механизмы их действия на живые организмы крайне многообразны. Особенно сильно их отрицательному воздействию подвержены клетки нервной системы.

Шум коварен, его вредное воздействие на организм совершается незримо, незаметно. Нарушения в организме человека против шума практически беззащитен.

В настоящее время врачи говорят о шумовой болезни, развивающейся в результате воздействия шума с преимущественным поражением слуха и нервной системы.

ПОГОДА И САМОЧУВСТВИЕ ЧЕЛОВЕКА

Несколько десятков лет назад практически никому и в голову не приходило связывать свою работоспособность, свое эмоциональное состояние и самочувствие с явностью Солнца, с фазами Луны, с магнитными бурями и другими космическими явлениями.

В любом явлении окружающей нас природы существует строгая повторяемость процессов: день и ночь, прилив и отлив, зима и лето. Ритмичность наблюдается не только в движении Земли, Солнца, Луны и звезд, но и является неотъемлемым и универсальным свойством живой материи, свойством, проникающим во все жизненные явления - от молекулярного уровня до уровня целого организма.

В ходе исторического развития человек *приспособился к определенному ритму* жизни, обусловленному ритмическими изменениями в природной среде и энергетической динамикой обменных процессов.

В настоящее время известно множество ритмических процессов в организме, называемых биоритмами. К ним относятся ритмы работы сердца, дыхания, биоэлектрической активности мозга. Вся наша жизнь представляет собой постоянную смену покоя и активной деятельности, сна и бодрствования, утомления от напряженного труда и отдыха

В организме каждого человека, подобно морским приливам и отливам, вечно царит великий ритм, вытекающий из связи жизненных явлений с ритмом Вселенной и символизирующий единство мира.

Центральное место среди всех ритмических процессов занимают суточные ритмы, имеющие наибольшее значение для организма. Реакция организма на любое воздействие зависит от фазы суточного ритма (то есть от времени суток). Эти знания вызвали развитие новых направлений в медицине - хронодиагностики, хронотерапии, хронофармакологии. Основу их составляет положение о том, что одно и то же средство в иные часы суток оказывает на организм различное, иногда прямо противоположное действие. Поэтому для получения большего эффекта важно указывать не только дозу, о и точное время приема лекарств.

Оказалось, что изучение изменений в суточных ритмах позволяет выявить возникновение некоторых заболеваний на самых ранних стадиях.

Климат также оказывает серьезное воздействие на самочувствие человека, воздействуя на него через погодные факторы. Погодные условия включают в себя комплекс физических условий: атмосферное давление, влажность, движение воздуха, концентрацию кислорода, степень возмущенности магнитного поля Земли, уровень загрязнения атмосферы.

До сих пор еще не удалось до конца установить механизмы реакций организма человека на изменение погодных условий. А она часто дает себя знать нарушениями сердечной деятельности, нервными расстройствами. При резкой смене погоды снижается физическая и умственная работоспособность, обостряются болезни, увеличивается число ошибок, несчастных и даже смертных случаев.

Большинство физических факторов внешней среды, во взаимодействии с которыми эволюционировал человеческий организм, имеют электромагнитную природу.

Хорошо известно, что возле быстро текущей воды воздух освежает и бодрит. В нем много отрицательных ионов. По этой же причине нам представляется чистым и освежающим воздух после грозы.

Наоборот, воздух в тесных помещениях с обилием разного рода электромагнитных приборов насыщен положительными ионами. Даже сравнительно непродолжительное нахождение в таком помещении приводит к заторможенности, сонливости, головокружениям и головным болям. Аналогичная картина наблюдается в ветреную погоду, в пыльные и влажные дни. Специалисты в области экологической медицины считают, что отрицательные ионы положительно влияют на здоровье, а положительные -негативно.

Изменения погоды не одинаково сказываются на самочувствии разных людей. У здорового человека при изменении погоды происходит своевременное подстраивание физиологических процессов в организме к изменившимся условиям внешней среды. В результате усиливается защитная реакция и здоровые люди практически не ощущают отрицательного влияния погоды

У больного человека приспособительные реакции ослаблены, поэтому организм теряет способность быстро подстраиваться. Влияние погодных условий на самочувствие человека связано также с возрастом и *индивидуальной* восприимчивостью организма.

Питание и здоровье человека

Каждый из нас знает, что пища необходима для нормальной жизнедеятельности организма

В течение всей жизни в организме человека непрерывно совершается обмен веществ и энергии. Источником необходимых организму строительных материалов и энергии являются питательные вещества, поступающие из внешней среды в основном с пищей. Если пища не поступает в организм, человек чувствует голод. Но голод, к сожалению, не подскажет, какие питательные вещества и в каком количестве необходимы человеку. Мы часто употребляем в пищу то, что вкусно, что можно быстро приготовить, и очень задумываемся о полезности и доброкачественности употребляемых продуктов.

Врачи утверждают, что полноценное рациональное питание - важное условие сохранения здоровья и высокой работоспособности взрослых, а для детей еще и необходимое условие роста и развития.

Для нормального роста, развития и поддержания жизнедеятельности организму необходимы белки, жиры, углеводы, витамины и минеральные соля в нужном ему количестве.

Нерациональное питание является одной из главных причин возникновения сердечно-сосудистых заболеваний, заболеваний органов пищеварения, болезней, связанных с нарушением обмена веществ.

Регулярное переедание, потребление избыточного количества углеводов и жиров -причина развития таких болезней обмена веществ, как ожирение и сахарный диабет.

Они вызывают поражение сердечно-сосудистой, дыхательной, пищеварительной я других систем, резко понижают трудоспособность и устойчивость к заболеваниям, сокращающая продолжительность жизни в среднем на 8-10 лет.

Рациональное питание важнейшее непременное условие профилактики не только болезней обмена веществ, но и многих других.

Пищевой фактор играет важную роль не только в профилактике, но и в лечении многих заболеваний. Специальным образом организованное питание, так называемое лечебное питание обязательное условие лечения многих заболеваний, в том числе обменных и желудочно-кишечных.

Лекарственные вещества синтетического происхождения в отличие от пищевых веществ являются для организма чужеродными. Многие из них могут вызвать побочные ни, например, аллергию, поэтом)' при лечении больных следует отдавать предпочтение пищевому фактору.

В продуктах многие биологически активные вещества обнаруживаются в равных, а и в более высоких концентрациях, чем в применяемых лекарственных средствах. Вот почему с древнейших времен многие продукты, в первую очередь овощи, фрукты, а, зелень, применяют при лечении различных болезней.

Многие продукты питания оказывают бактерицидные действия, подавляя рост и развитие различных микроорганизмов. Так, яблочный сок задерживает развитие стафилокка, сок граната подавляет рост сальмонелл, сок клюквы активен в отношении различных кишечных» гнилостных и других микроорганизмов. Всем известны антимикробные свойства лука, чеснока и других продуктов. К сожалению, весь этот лечебный арсенал не часто используется на практике.

Рациональное питание предусматривает необходимость при составлении того рациона учитывать, с одной стороны, потребности организма в основных питательных веществах и энергии, с другой - содержание этих веществ и их энергетическую ценность. Необходимо строго соблюдать санитарно-гигиенические правила приготовления пищи. Тщательно мыть, подвергать термической обработке продукты питания. Все это делается для того, чтобы в организм человека не попали биологические загрязнители - болезнетворные и паразитические организма

Но теперь появилась новая опасность - химическое загрязнение продуктов питания. Появилось и новое понятие - экологически чистые продукты.

Очевидно, каждому из нас приходилась покупать в магазинах крупные, красивые овощи и фрукты, но, к сожалению, в большинстве случаев, попробовав их мы выясняли, что они водянистые и не отвечают нашим требованиям относительно вкуса. Такая ситуация происходит, если сельскохозяйственные культуры выращиваются с применением большого количества удобрений и ядохимикатов. Такая нехозяйственная продукция способна иметь не только плохие вкусовые качества, но опасной для здоровья.

Азот - составная часть жизненно важных для растений, а также для животных организмов соединений, например белков.

В растениях азот поступает из почвы, а затем через продовольственные и кормовые культуры попадает в организмы животных и человека. Ныне сельскохозяйственные культуры чуть ли не полностью получают минеральный азот из химических удобрений, так как некоторых органических удобрений не хватает для обедненных азотом почв. Однако в отличие от органических удобрений в химических удобрениях не происходит свободного выделения в природных условиях питательных

Значит, не получается и "гармонического" питания сельскохозяйственных культур, удовлетворяющего требования их роста. В результате происходит избыточное азотное питание растений и вследствие этого накопление в нем нитратов.

Излишек азотных удобрений ведет к снижению качества растительной продукции, ухудшению ее вкусовых свойств, снижению выносливости растений к болезням и вредителям, что, в свою очередь, вынуждает земледельца увеличивать применение ядохимикатов. Они также накапливаются в растениях. Повышенное содержание нитратов приводит к образованию нитритов, вредных для *здоровья человека. Употребление такой* продукции может вызвать у человека серьезные отравления, и даже смерть.

Особенно резко проявляется отрицательное действие удобрений и ядохимикатов при выращивании овощей в закрытом грунте. Это происходит потому, что в теплицах вредные вещества не могут беспрепятственно испаряться и уноситься потоками воздуха. После испарения они оседают на растения.

Растения способны накапливать в себе практически все вредные вещества. Вот почему особенно опасна сельскохозяйственная продукция, выращиваемая вблизи промышленных предприятий и крупных автодорог.

ЛАНДШАФТ КАК ФАКТОР ЗДОРОВЬЯ

Человек всегда стремится в лес, в горы, на берег моря, реки или озера

Здесь он чувствует прилив сил, бодрости. Недаром говорят, что лучше всего отдыхать на лоне природы. Санатории, дома отдыха строятся в самых красивых уголках. Это не случайность. Оказывается, что *окружающий ландшафт может оказывать различное воз*действие на психоэмоциональное состояние. Созерцание красот природы стимулирует жизненный тонус и успокаивает нервную систему. Растительные биоценозы, особенно оказывают сильный оздоровительный эффект.

Тяга к природным ландшафтам особенно сильна у жителей города. Еще в средние века было замечено, что продолжительность жизни горожан меньше, чем у сельских жителей. Отсутствие зелени, узкие улочки, маленькие дворы-колодцы, куда практически не проникал солнечный свет, создавали неблагоприятные условия для жизни человека. С развитием промышленного производства в городе и его окрестностях появилось огромное количество отходов, загрязняющих окружающую среду.

Разнообразные факторы, связанные с ростом городов, в тон или иной мере сказываются на формировании человека, на его здоровье. Это заставляет ученых все серьезнее изучать влияние среды обитания на жителей городов. Оказывается, от того, в каких условиях живет человек, какая высота потолков в его квартире и настолько звукопроницаемы ее стены, как человек добирается до места работы, с кем он повседневно обращается, как окружающие люди относятся друг к другу, зависит настроение человека, его трудоспособность, активность - вся его жизнь.

В городах человек придумывает тысячи ухищрений для удобства своей жизни - горячую воду, телефон, различные виды транспорта, автодороги, сферу обслуживания и развлечений. Однако в больших городах особенно сильно проявляются и недостатки жизни - жилищная и транспортная проблемы, повышение уровня заболеваемости. В определенной степени это объясняется одновременным воздействием на организм двух, и более вредных факторов, каждый из которых обладает незначительным действием, но в совокупности приводит к серьезным бедам людей.

Так, например, насыщение среды и производства скоростными и быстродействующими машинами повышает напряжение, требует дополнительных усилий человека, что приводит к переутомлению. Хорошо известно, что переутомленный больше страдает от последствий загрязнения воздуха, инфекций.

Загрязненный воздух в городе, отравляя кровь окисью углерода, наносит *некурящему* человеку такой же вред, как и выкуривание курильщиком пачки сигарет в день. Серьезным отрицательным фактором в современных городах является так *называемое* шумовое загрязнение.

Учитывая способность зеленых насаждений благоприятно влиять на состояние окружающей среды, их необходимо максимально приближать к месту жизни, работы, учебы и отдыха людей.

Очень важно, чтобы город был биогеоценозом, пусть не абсолютно благоприятным, но хотя бы не вредящим здоровью людей. Пусть здесь будет зона жизни. Для этого необходимо решить массу городских проблем. Все предприятия, неблагоприятные в санитарном отношении, должны быть выведены за пределы городов.

Зеленые насаждения являются неотъемлемой частью комплекса мероприятий по защите и преобразованию окружающей среды. Они не только создают благоприятные микроклиматические и санитарно-гигиенические условия, но и повышают художественную выразительность архитектурных ансамблей.

Особое место вокруг промышленных предприятий и автострад должны занимать зеленые зоны, в которых рекомендуется высаживать деревья и кустарники, устойчивые к загрязнению.

В размещении зеленых насаждений необходимо соблюдать принцип 1номерности и непрерывности для обеспечения поступления свежего загородного во все жилые зоны города. Важнейшими компонентами системы озеленения являются насаждения в жилых микрорайонах, на участках детских учреждений, спортивных комплексов и пр.

Городской ландшафт не *должен быть однообразной каменной пустыней.* В архитектуре города следует стремиться к гармоничному сочетанию аспектов социальных (здания, дороги, транспорт, коммуникации) и биологических (зеленые массивы, парки, скверы)

Современный город следует рассматривать как экосистему, в которой созданы благоприятные условия для жизни человека. Следовательно, это не только удобные жилища, транспорт, разнообразная сфера услуг. Это благоприятная для жизни и здоровья среда обитания; чистый воздух и зеленый городской ландшафт.

Не случайно, экологи считают, что в современном городе человек должен быть не оторван от природы, а как бы растворен в ней. Поэтому общая площадь зеленых насаждений в городах должна занимать больше половины его территории.

ПРОБЛЕМЫ АДАПТАЦИИ ЧЕЛОВЕКА К ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

В истории нашей планеты (со дня ее формирования в до настоящего времени) непрерывно происходили и происходят грандиозные процессы планетарного масштаба, преобразующие лик Земли. С *появлением могущественного* фактора - человеческого разума - начался качественно новый этап в эволюции органического мира. Благодаря глобальному характеру взаимодействия человека с окружающей средой он становится крупнейшей геологической силой.

Производственная деятельность человека оказывает влияние не только на направление эволюции биосферы, но определяет и собственную биологическую эволюцию.

Специфика среды обитания человека *заключается* в сложнейшем переплетении социальных и природных факторов. На заре человеческой истории природные факторы играли решающую роль в эволюции человека. На современного человека воздействие природных факторов в значительной степени нейтрализуется социальными факторами. В новых природных и производственных условиях человек в настоящее время нередко испытывает влияние весьма необычных, а иногда чрезмерных и жестких факторов среды, к которым эволюционно он еще не готов.

Человек, как и другие виды живых организмов, способен адаптироваться, то есть приспосабливаться к условиям окружающей среды. Адаптацию человека к новым

природный и производственным *условиям можно охарактеризовать как совокупность* социально-биологических свойств и особенностей, необходимых для устойчивого существования организма в конкретной экологической среде.

Жизнь каждого человека можно рассматривать как постоянную адаптацию, но способности к этому имеют определенные границы. Также и способность восстанавливать свои физические и душевные силы для человека не бесконечна.

В настоящее время значительная часть болезней человека связаны с ухудшением экологической обстановки в нашей среде обитания: загрязнениями атмосферы, воды и почвы, недоброкачественными продуктами питания, возрастанием шума.

Приспосабливаясь к неблагоприятным экологическим условиям, организм яса испытывает состояние напряжение, утомления Напряжение - мобилизация всех механизмов**,** обеспечивающих определенную деятельность организма человека. В зависимости от величины нагрузки, степени подготовки организма, его функционально-структурных и энергетических ресурсов снижается возможность функционирования организма на заданном уровне, то есть наступает утомление.

При утомлении здорового человека может происходить перераспределение резервных функций организма, и после отдыха вновь появятся силы. Люди способны переносить самые суровые природные *условия* в течение относительного продолжительного времени. Однако человек, не привыкший к этим условиям, попадающий в них впервые, оказывается в значительно меньшей степени приспособленным к жизни в незнакомой среде, чем ее постоянные обитатели.

Способность адаптироваться к новым условиям у разных людей не одинакова. Так, у многих людей при дальних авиаперелетах с быстрым пересечением нескольких часовых поясов, а также при сменной работе возникают такие неблагоприятные симптомы, как нарушение сна, падает работоспособность. Другие же адаптируются быстро.

Среди людей можно выделить два крайних адаптивных типа человека. Первый из них спринтер, характеризующийся высокой устойчивостью к воздействию кратковременных экстремальных факторов и плохой переносимостью длительных нагрузок. Обратный тип - стайер.

Интересно, что в северных регионах страны среди населения преобладают люди типа "стайер", что явилось, по-видимому, результатом длительных процессов формирования популяции, адаптированной к местным условиям.

Изучение адаптивных возможностей человека и разработка соответствующих рекомендаций имеет в настоящее время важное практическое значение.

Тема показалась мне очень интересной, поскольку проблема экологии очень меня *волнует* и хочется верить, что наше потомство не будет так подвержено негативным факторам окружающей среды, как в настоящее время. Однако, мы до сих пор не осознаем важности и глобальности той проблемы, которая стоит перед человечеством относительно защиты экологии. Во всем мире люди стремятся к максимальному уменьшению загрязнения окружающей среды, также и Российской Федерации принят, к примеру, уголовный кодекс, одна из глав которого посвящена установлению наказания за экологические преступления. Но, конечно, не все пути к преодолению данной проблемы решены и нам стоит самостоятельно заботиться об окружающей среде и поддерживать природный баланс, в котором человек способен нормально существовать.

Литература

Основная литература

1. Горелов А.А. Экология: Конспект лекций. – М.: ЮРАЙТ, Высшее образование, 2009. – 192с. – (Хочу все сдать)
2. Коробкин В.И. Экология: учеб. для вузов / В.И.Коробкин, Л.В.Передельский. – 16-е изд., доп. и перераб. – Ростов н/Д: Феникс, 2010. – 602с.: ил. _ (Высшее образование) МО РФ
3. Николайкин Н.И. Экология: учеб. для вузов / Н.И.Николайкин, Н.Е.Николайкина, О.П.Мелехова. - 7-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2009. – 622 с.: ил. – (Высш. образование) МОРФ

Дополнительная литература

1. Вронский В.А. Экология и окружающая среда. Словарь – справочник. М.: МарТ, 2008.
2. Занимательная экология. Интерактивная компьютерная обучающая программа. CD: Экология в рассказах. Основы экологии. География экосистем и экологических катастроф. Тесты: Информационно-справочные материалы. CD
3. Инженерная экология в нефтегазовом комплексе: Учеб. пособ. / Ягафарова Г.Г., Насырова Л.А., Шахова В.А. и др. –Уфа: Нефтегазовое дело, 2007. – 334с.
4. Природа и география России. Большая энциклопедия России. 2007. CD.
5. Учебно-метод. видеофильмы для учителей и педагогов дополнительного образования. Эколог. исследования школьников в природе. Ч.1 Весенний сезон. CD
6. Учебно-метод. видеофильмы для учителей и педагогов дополнительного образования. Эколог. исследования школьников в природе. Ч.1 Зимний сезон. CD
7. Учебно-метод. видеофильмы для учителей и педагогов дополнительного образования. Эколог. исследования школьников в природе. Ч.1 Летний сезон. CD
8. Учебно-метод. видеофильмы для учителей и педагогов дополнительного образования. Эколог. исследования школьников в природе. Ч.1 Осенний сезон. CD
9. ЭкоГид: Путеводитель по экосистемам.(Иллюстрированные атласы-определители средней полосы)Ассоциация «Экосистема».CD
10. Экология и космос. Учебное пособие по специальности «Природопользование». (направление «Экология и природопользование» по специализации экология и космос «Экология»). –М.:ГУУ,2007. DVD