

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИЖЕВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

профессор П.Б. Акмаров



«18» мая 2017 г.

ЭКОЛОГИЯ

Курс лекций

Учебное пособие для студентов,
обучающихся по направлениям подготовки
«Лесное дело», «Землеустройство и кадастры»,
«Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции»,
«Технология продукции и организация общественного питания»,
«Теплоэнергетика и теплотехника», «Техносферная безопасность»

Составитель
Н.А. Бусоргина

2-е изд. доп. и перераб.

Ижевск
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА
2017

УДК 574(075.8)

ББК 28.080я73

Э 40

Учебное пособие составлено на основании требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования утвержденными МОН РФ

Рассмотрено и рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, протокол № 2 от «18» мая 2017 г.

Рецензенты:

И.Л. Бухарина – зав. кафедрой инженерной защиты окружающей среды, д-р биол. наук, профессор ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»

С.П. Игнатъев – зав. кафедрой безопасности жизнедеятельности, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

Составитель:

Н.А. Бусоргина – доцент кафедры лесоустройства и экологии
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

Э 40 **Экология.** Курс лекций : учеб. пособие /сост. Н.А. Бусоргина. – 2-е изд., доп. и перераб. – Ижевск : ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2017. – 214 с.

В учебном пособии изложены лекции по дисциплине «Экология», подготовленные с использованием учебников и учебных пособий, допущенных Министерством образования Российской Федерации для преподавания студентам высших учебных заведений очной и заочной форм обучения по направлениям Лесное дело, Землеустройство и кадастры, Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Технология продукции и организация общественного питания, Теплоэнергетика и теплотехника, Техносферная безопасность.

УДК 574(075.8)

ББК 28.080я73

© ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2009

© Бусоргина Н.А, Ведерников К.Е.
составление, 2009

© ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2017

© Бусоргина Н.А, составление, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Лекция 1 Введение в экологию	6
Лекция 2 - 3 Аутэкология (Среда и условия существования организмов)	14
Лекция 4 Демэкология (Экология популяций)	37
Лекции 5 - 6 Синэкология (Экология сообществ и экосистем)	49
Лекция 7 Биосфера	79
Лекция 8 Взаимоотношения природы и общества	97
Лекция 9 Атмосфера и проблемы ее загрязнения	119
Лекция 10 Гидросфера и проблемы ее загрязнения	130
Лекции 11-12 Педосфера и проблемы ее загрязнения	143
Лекция 13 Пути сохранения биологического разнообразия и генофонда биосферы	164
Лекция 14 Контроль и управление качеством окружающей среды	177
Лекция 15 Экономика и организация охраны окружающей среды (Экология и экономика)	190
Лекция 16 Международное сотрудничество в области экологии	200
Основные понятия и определения в области экологии и охраны окружающей среды	209
Список используемой литературы	212

ВВЕДЕНИЕ

Экология – наука, которая изучает сложнейшие проблемы взаимодействия человека с окружающей средой. Она прошла сложный и длительный путь к осознанию проблемы «человек – природа – среда». Актуальность этой проблемы вызвана обострением экологической обстановки в масштабах всей планеты и привела к «экологизации» всех наук и других отраслей человеческой деятельности.

Экологическое воспитание и образование заключается в том, чтобы знания об окружающем мире способствовали пониманию родства с природой, формированию нравственных качеств, использованию экологических принципов во всех отраслях человеческой деятельности, чтобы обеспечить гармонию человека и природы. Изменение, а тем более уничтожение природной среды влечет за собой пагубные последствия для жизни человека.

В курсе изучения дисциплины большая роль отводится воспитанию экологической культуры и гражданской ответственности.

Структура учебного пособия должна дать студентам ответы на такие общие вопросы, как основные законы экологии; учение о биосфере; здоровье и окружающей среде обитания. Также в пособии проанализированы глобальные проблемы окружающей среды и охраны природы. Значительное место уделяется системе экологического контроля, основам экологического права и экономики природопользования.

Предлагаемое пособие ставит своей целью научить сохранять, оберегать, правильно распоряжаться природными ресурсами, которые любезно предоставила в наши владения Природа, доказать сопричастность всех нас тому, что происходит с окружающей средой, а через ее изменения – и с самим человеком.

Содержание пособия направлено на формирование нижеследующих компетенций:

Лесное дело:

- Способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности (ОПК-2).

Землеустройство и кадастры:

- Способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7).

- Способностью использовать знания о земельных ресурсах для организации их рационального использования и определения мероприятий по снижению антропогенного воздействия на территорию (ОПК-2).

Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции:

- Способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы

математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОПК-2).

- Готовностью к оценке физиологического состояния, адаптационного потенциала и определению факторов регулирования роста и развития сельскохозяйственных культур (ОПК-3).

- Способностью использовать основные методы защиты производственного персонала, населения и производственных объектов от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий (ПК-14).

Технология продукции и организация общественного питания:

- Готовностью устанавливать и определять приоритеты в сфере производства продукции питания, обосновывать принятие конкретного технического решения при разработке новых технологических процессов производства продукции питания; выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения (ПК-4).

Теплоэнергетика и теплотехника:

- Способностью обеспечивать соблюдение экологической безопасности на производстве и планировать экозащитные мероприятия и мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на производстве (ПК-9).

Зоотехния:

- Владением культуры мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения (ОК-1).

- Умением логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь (ОК-2);

- Использованием основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности (ОК-11).

- Владением основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий, катастроф, стихийных бедствий (ПК-12).

Техносферная безопасность:

- Владением культурой безопасности и риск-ориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранения окружающей среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности (ОК-7).

- Способностью к абстрактному и критическому мышлению, исследованию окружающей среды для выявления ее возможностей и ресурсов, способность к принятию нестандартных решений и решению проблемных ситуаций (ОК-12).

- Способностью пропагандировать цели и задачи обеспечения безопасности человека и природной среды в техносфере (ПК-11).

ЛЕКЦИЯ 1

ВВЕДЕНИЕ В ЭКОЛОГИЮ

Вопросы:

1. *Предмет, задачи и методы экологии.*
2. *Краткий очерк истории экологии.*
3. *Структура современной экологии.*

Экология – это одна из наук о природе. Человек и природа неотделимы друг от друга. Для человека, как и для общества в целом, природа является средой жизни и единственным источником необходимых для существования ресурсов, т.е. является той базой, на которой живет и развивается человеческое общество.

Человек как часть природы и биологический вид в процессе жизнедеятельности долгое время влиял на природу не больше, чем другие живые организмы. Но с появлением труда человек вышел из-под биологического контроля природной среды и начал активно на нее воздействовать.

В конце XX столетия экологические проблемы стали одними из острейших. В результате нерациональной хозяйственной деятельности часто возникают отрицательные последствия, такие как, например:

- сведение лесов, неправильная обработка почвы являются результатом эрозии;
- загрязнение атмосферы – парникового эффекта, кислотных осадков, смога, разрушается озоновый слой;
- загрязнение водных источников приводит к эвтрофированию водоемов;
- применение пестицидов широкого спектра действия может привести не к подавлению, а к массовому размножению нежелательных видов или включаясь в пищевые цепи – к вымиранию видов;
- губит природу выпадение радиоактивных осадков, загрязнение почв и вод нефтью и нефтепродуктами;
- огромный вред приносят природе войны, особенно с применением химического оружия.

Таким образом, взаимоотношения человека с природой из гармоничных и естественных стали превращаться в конфликтные.

Поскольку человек не может отказаться от цивилизации и вернуться к первобытному образу жизни, он должен изменить свое потребительское отношение к природе, научиться жить в гармонии с природой при достигнутом уровне технического прогресса.

Это можно сделать, только изучая законы, по которым все в природе взаимосвязано. Необходимо установить какие вмешательства человека в природе являются допустимыми, а какие –

разрушительными. Изучением таких законов и занимается наука «Экология».

Значение экологии. Экология является теоретическим фундаментом рационального природопользования и охраны природы. Экологические знания используются в сельском, лесном и промышленном хозяйстве, экономике, медицине, социологии и т.д. Достижения экологии применяются при решении глобальных проблем современности.

1. ПРЕДМЕТ, ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ЭКОЛОГИИ

Предмет экологии. Термин «**экология**» (от греч. oikos – дом, жилище, местообитание и logos – наука) впервые ввел немецкий биолог Эрнст Геккель в 1866 г. для обозначения биологической науки, изучающей взаимоотношения животных с органической и неорганической средой. С того времени представление о содержании экологии претерпело ряд уточнений, конкретизаций.

На современном этапе развития экологических представлений «**Экология**» – это наука, исследующая закономерности жизнедеятельности организмов в их естественной среде с учетом изменений, вносимых в среду деятельностью человека.

Под живым организмом в экологии понимается любая форма жизни. Все организмы подразделяются на 3 царства: растения, животные и деструкторы-редуценты.

Размеры растений варьируют от микроскопических одноклеточных плавающих растений (фитопланктоны) до самых больших деревьев, таких как секвойя (диаметр до 36 м) и эвкалипт (высота до 190 м).

Размеры животных могут изменяться от размеров мельчайшего плавающего зоопланктона до размеров 4-х метрового африканского слона и 30-и метрового голубого кита.

Размеры деструкторов-редуцентов варьируют от микроскопических бактерий до грибов.

С абиотической средой организмы воздействуют как целостная система, включая все уровни биологической организации. Выделяют шесть основных структурных уровней жизни: молекулярный, клеточный, организменный, популяционно-видовой, биогеоценотический и биосферный.

1. *Молекулярный* представлен разнообразными молекулами, находящимися в живой клетке.

Основные процессы:

- объединение молекул в особые комплексы;
- осуществление физико-химических реакций в упорядоченном виде;
- копирование ДНК, кодирование и передача генетической информации.

2. *Клеточный* представлен свободно живущими клетками и клетками, входящими в многоклеточные организмы.

Основные процессы:

- биосинтез, фотосинтез;
- регуляция химических реакций;
- деление клеток;
- вовлечение химических элементов Земли и Солнца в биосистемы

3. *Организменный* представлен одноклеточными и многоклеточными организмами растений, животных, грибов и бактерий.

Основные процессы:

- обмен веществом (метаболизм);
- раздражимость;
- размножение;
- онтогенез;
- нервно-гуморальная регуляция процессов жизнедеятельности;
- гомеостаз.

4. *Популяционно-видовой*. Популяция – совокупность особей одного вида, образующих обособленную генетическую систему и населяющих пространство с относительно однородными условиями обитания.

Основные процессы:

- генетическое своеобразие;
- взаимодействие между особями и популяциями;
- накопление элементарных эволюционных преобразований;
- осуществление микроэволюции и выработка адаптаций к изменяющейся среде;
- видообразование;
- увеличение биоразнообразия.

5. *Биогеоценотический*. Биоценоз – совокупность организмов разных видов различной сложности организации, обитающих на определенной территории. Уровень представлен разнообразием естественных и культурных биогеоценозов во всех средах жизни.

Основные процессы:

- биогеохимический круговорот веществ и поток энергии, поддерживающие жизнь;
- подвижное равновесие между живыми организмами и абиотической средой (гомеостаз);
- обеспечение живых организмов условиями обитания и ресурсами (пищей и убежищем).

6. *Биосферный*. Биосфера – оболочка Земли, структура и свойства которой в той или иной степени определяются настоящей или прошлой деятельностью живых организмов.

Основные процессы:

- активное взаимодействие живого и неживого вещества планеты;
- биологический глобальный круговорот веществ и энергии;

- активное биогеохимическое участие человека во всех процессах.

Основные формы существования живых организмов в естественной среде обитания – это: внутривидовые группировки – популяции или многовидовые сообщества – биоценозы, биогеоценозы, экосистемы, биосфера.



Рисунок 1 - Схема иерархической организации природных систем

На рисунке 1 представлена схема иерархической организации природных систем и показано, что предметом изучения экологии являются объекты организменного, популяционно-видового, биоценотического и биосферного уровней организации в их взаимодействии с окружающей средой

Главным предметом (объектом) изучения в экологии являются экосистемы, которые представляют собой единые природные комплексы, образованные живыми организмами и средой их обитания.

Задачи экологии:

- изучение взаимоотношений между организмами разных уровней организации и окружающей средой;
- изучение механизмов адаптации к среде;
- изучение механизмов устойчивости экосистем;
- изучение механизмов поддержания биологического разнообразия
- изучение и прогнозирование изменений биосферы под влиянием природных и антропогенных факторов и оценка экологических последствий этих изменений;
- представить экологию как теоретическую основу охраны окружающей среды и рационального природопользования, т.е. разработка концепций и рекомендаций развития общества, которые бы гарантировали соблюдение пределов воздействия человека на окружающую среду, ее гармоничное существование и развитие.

Методы экологических исследований. Современная экология располагает широким набором методов исследования. Основными являются следующие методы:

- *метод наблюдения и описания* заключается в сборе и описании фактов;
- *сравнительный метод* основан на анализе сходства и различий изучаемых объектов;
- *исторический метод* изучает ход развития исследуемого объекта;
- *метод эксперимента* дает возможность изучать явления природы в заданных условиях (лабораторных, проверка в полевых);
- *метод моделирования* позволяет описывать сложные природные явления относительно простыми моделями.
- *социологический метод* широкое распространение получил в изучении экологических связей и явлений в системе «Человек – природа – общество» (опрос населения, анкетирование, беседы, анализ многолетних материалов, здравоохранения, образования и т.п.).

2. КРАТКИЙ ОЧЕРК ИСТОРИИ ЭКОЛОГИИ

На протяжении всей истории развития человечество постепенно накапливало экологические знания, анализируя результаты своей зависимости от растительного и животного мира, климатических, водных, земельных ресурсов и т. п. В результате возникло понимание роли среды обитания в жизни человека. На это обращали внимание еще античные мыслители: *Аристотель, Теофраст, Плиний Старший* и др.

Свой вклад в развитие экологических знаний внесли естествоиспытатели *Карл Линней, Жорж Бюффон* и *Жан Батист Ламарк*, указавшие на зависимость живых организмов от окружающей среды.

Александр Гумбольдт изучая влияние температурных условий на растения, положил начало учению о жизненных формах растений, обосновал идею горизонтальной и вертикальной поясности растений.

Особое положение среди ученых XIX в. занимает *Чарльз Дарвин*, работа которого «Происхождение видов путем естественного отбора» считается научным трудом по экологии.

Основателем экологии как науки явился *Эрнст Геккель*. В 1866 он впервые дал определение экологии как суммы знаний по совокупности взаимоотношений живых организмов с окружающей средой, ее органическими и неорганическими компонентами.

Важнейшая заслуга в понимании сущности целостных объединений живых организмов (биоценозов), обитающих в определенных местах (биотопах), принадлежит *К. Мебиусу*.

Предмет экологии как экологическую систему (целостное образование, включающее организмы и физические факторы их местообитаний) определил английский ботаник *А. Тенсли*.

Существенную роль в развитии экологии как науки сыграли отечественные ученые:

- *С.П. Крашенинников, И.И. Лепехин, П.С. Паллас*, обобщившие сведения о видовом составе растений и животных России, а так же динамику их в зависимости от изменения внешних условий конкретных местообитаний;

- *К.Ф. Рулье и Н.А. Северцов*, объяснившие развитие и строение животных в зависимости от изменений их среды обитания;

- *В.В. Докучаев*, развернувший междисциплинарное исследование целостных природных систем;

- *Г.Ф. Морозов*, создатель учения о лесе, как целостном объединении живых организмов с территорией, ими занимаемой;

- *Д.Н. Кошкарров*, которому принадлежат такие книги, как «Среда и общество», «Жизнь пустыни». Он является автором первого в нашей стране учебника по основам экологии животных (1938). По инициативе Д.Н. Кошкароро издавался регулярно сборник «Вопросы экологии и биоценологии»;

- *В.Н. Сукачев*, представивший единство живых организмов и окружающей их среды на земной поверхности как биогеоценоз. В.Н. Сукачев, руководствуясь идеями Ч. Дарвина, Г.Ф. Морозова, В.И. Вернадского, начал развивать учение о биогеоценозе, которое в дальнейшем выросло в самостоятельную науку – биогеоценологию.

Особенная роль *Владимира Ивановича Вернадского* состоит в разработке учения о биосфере, живом веществе и его влиянии на физическую среду и формирование биокосных природных тел.

В последние годы из-за проблем в хозяйственных отраслях, связанных с эксплуатацией природных ресурсов, развивается прикладная экология, которая решает практические вопросы охраны

окружающей среды: защита ее компонентов от разрушения и загрязнения, научное управление культурными ландшафтами и устойчивое развитие экономики, повышение продуктивности и устойчивости агроландшафтов, сохранение биоразнообразия дикой природы, организация систем охраняемых природных территорий и пр.

Проблемы прикладной экологии (охраны природы) освещены в трудах российских и зарубежных авторов (Э.А. Арустамов с соавт., Дж. Андерсен, Р. Гедериан, О.С. Оуэн, А.С. Порядин с соавт., Ф. Рамод, С.Г. Спурр и Б.В. Барнес, В.Н. Сукачев с соавт., В. Тишлер и др.).

Несмотря на размах экологических исследований во всем мире до сих пор нет единого взгляда на экологию как науку. Экология раздвигает свои границы, происходит ее объединение с учением о биосфере В.И. Вернадского, все большую роль начинают играть отдельные разделы математики и химии. С другой стороны, началась дифференциация экологии, ее разделение на ряд мелких дисциплин, возникающих на стыке фундаментальных наук. Появились популяционная, физиологическая и эволюционная экологии, химическая и геохимическая экологии, сельскохозяйственная экология, лесная экология, экология человека.

3. СТРУКТУРА СОВРЕМЕННОЙ ЭКОЛОГИИ

В структуре экологии (рис. 2) выделяются следующие крупные подразделения:

- *общая экология* (биоэкология) – теоретическая - изучает общие закономерности взаимоотношений живых организмов и среды их обитания

- *геоэкология* - изучает взаимоотношения организмов и среды их обитания с точки зрения их географической принадлежности

- *социальная экология* - часть экологии человека, изучает связь общественных структур (семья, государственные структуры и др. общественные группы) с природной и социальной средой их окружения.

- *экология человека* - исследует взаимодействие человека как индивида (биологическая особь) и личности (социальный субъект) с окружающей его природной и социальной средой.

Одним из новых самостоятельных ответвлений экологии человека становится быстро развивающаяся отрасль – *валеология*, рассматривающая вопросы приобретения человеком навыков здорового образа жизни.

- *прикладная экология* - изучает механизмы разрушения биосферы человеком, способы предотвращения этого процесса и разрабатывает принципы рационального использования природных ресурсов.

Каждый раздел имеет свои подразделения и связан с другими разделами экологии и смежными науками. Экология тесно связана с

политикой, экономикой, правом (включая международное право), психологией и педагогикой.



Рисунок 2 - Структура современной экологии (по Н.Ф. Реймерсу, 1994)

Вопросы

1. Что изучает наука экология и каковы ее основные задачи?
2. Какова структура современной экологии?
3. Какие уровни организации биологических систем изучает экология?
4. Что представляют собой биосистемы, рассматриваемые в экологии?
5. Каков исторический путь развития науки экологии?

ЛЕКЦИЯ 2 - 3.

АУТЭКОЛОГИЯ (СРЕДА И УСЛОВИЯ СУЩЕСТВОВАНИЯ ОРГАНИЗМОВ)

Вопросы:

1. Понятие о среде обитания и экологических факторах.
2. Закономерности действия экологических факторов.
3. Адаптации организмов к условиям среды.
4. Характеристика основных абиотических факторов.
5. Типы взаимодействия между организмами (общая характеристика биотических факторов).
6. Понятия «жизненная форма» и «экологическая ниша».

1. ПОНЯТИЕ О СРЕДЕ ОБИТАНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРАХ

Природа нашей планеты прекрасна и очень разнообразна. Многочисленные озера, моря, реки, горы, равнины, болота, пустыни, леса, степи... И всюду протекает жизнь. Все огромное разнообразие природных условий, которое встречается на Земле, называют средой обитания, окружающей средой или просто средой. Из среды организмы получают все необходимое для жизни и в нее же выделяют продукты своего обмена веществ.

Среда обитания (жизни) – это часть природы, окружающая живые организмы и оказывающая на них определенное воздействие. В литературе наряду с термином «среда обитания» часто используются его синонимы «среда», «жизненная среда», «внешняя среда».

На нашей планете живые организмы освоили *4 среды обитания*: водную, наземно-воздушную, почвенную и организменную. Водная среда была первой. Затем живые организмы освоили наземно-воздушную среду, создали и заселили почву. Организменную среду освоили паразиты и симбионты.

Организмы ведут свое существование в одной или нескольких средах. Человек, большинство птиц, млекопитающих, голосеменных и покрытосеменных растений, лишайники являются обитателями только наземно-воздушной среды; большинство рыб – водной. Ряд насекомых (комары, стрекозы) земноводные и другие виды проходят одну фазу своего развития в водной, другую – в наземно-воздушной среде. Например, майский жук, бронзовка, шелкоун, многие орхидеи проводят жизнь вначале в почвенной среде, а затем в наземно-воздушной.

Одна и та же среда жизни может быть очень разнообразной. Например, вода бывает морская, текучая или стоячая или разные типы почв.

Среда действует на организмы посредством множества элементов неорганической и органической природы и элементов хозяйственной деятельности человека.

Элементы среды обитания, способные оказать непосредственное влияние на живые организмы, а также на характер их отношений друг с другом называют *экологическими факторами*. Каждая из сред обитания отличается особенностями воздействия экологических факторов.

Экологические факторы подразделяются на природные и антропогенные. В свою очередь, природные факторы делятся на абиотические и биотические.

Абиотические факторы - комплекс условий неорганической (неживой) природы, прямо или косвенно воздействующие на организм. Их делят на следующие группы:

- *климатические факторы*, оказывающие влияние на все организмы, обитающие в той или иной местности – это влажность воздуха и количество осадков, температура воздуха, количество света, падающего на землю, и фотопериодичность, ветровой режим, давление воздуха, газовый состав атмосферы и в первую очередь содержание CO_2 .

- *эдафические* или почвенно-грунтовые – совокупность химических и механических свойств почвы и горных пород (плотность, структура, pH, гранулометрический состав, химический состав и др.).

- *геологические факторы* (землетрясения, извержения вулканов, движение ледников, радиоактивное излучение и др.)

- *орографические факторы (геоморфологические)*, или факторы рельефа. Они обладают как местным воздействием (влияние экспозиции и крутизны склона, высота над уровнем моря), так и действием отдаленным, косвенным (например, действие того или иного горного хребта на распределение климатических факторов, прежде всего влажности и температуры).

- *гидрологические* – изменение прозрачности и освещенности в зависимости от глубины и мутности водной толщи, изменение давления с глубиной, течение, соленость и т.д. Эти факторы определяют существование водных организмов.

Иначе абиотические факторы делят на физические и химические.

Биотические факторы – воздействие на организм других живых организмов.

В зависимости от вида воздействующего организма их разделяют на две группы:

- *внутривидовые, или гомотипические*, факторы – это влияние на организм особей этого же вида (зайца на зайца, сосны на сосну и т.д.);

- *межвидовые, или гетеротипические*, факторы – это влияние на организм особей других видов (волка на зайца, сосны на березу и т.д.).

В зависимости от принадлежности к определенному царству биотические факторы подразделяют на четыре основные группы:

- *фитогенные* – влияние растений;
- *зоогенные факторы* – влияние животных;
- *микогенные факторы* – влияние грибов;
- *микробогенные факторы* – влияние микроорганизмов (вирусов, бактерий, простейших).

Антропогенные факторы – это деятельность человека, приводящая к прямому воздействию на живые организмы, либо к изменению среды их обитания (охота, промысел, сведение лесов, загрязнение, эрозия почв, рекреация, создание искусственных агробиогеоценозов, одомашнивание животных). Значение антропогенных факторов возрастает, по мере того, как человек все полнее завоевывает и подчиняет себе природу. При этом различается воздействие человека как биологического организма (потребление пищи, дыхание, выделение и т.д.) и его хозяйственная деятельность (сельское хозяйство, промышленность, энергетика, транспорт, бытовая деятельность и т.д.). Факторы связанные с хозяйственной деятельностью человека, называются *техногенными*.

В зависимости от характера воздействий антропогенные факторы делят на группы:

- *факторы прямого влияния* - это непосредственное воздействие человека на организм (скашивание травы, вырубка леса, отстрел животных, отлов рыбы);

- *факторы косвенного влияния* – это опосредованное воздействие на организм (загрязнение окружающей среды, разрушение местообитаний и т.д.).

В зависимости от последствий воздействия антропогенные факторы делят на следующие группы:

- *положительные факторы* – факторы, которые улучшают жизнь организмов или увеличивают их численность (разведение и охрана животных, посадка растений, охрана окружающей среды и т.д.);

- *отрицательные факторы* – факторы, которые ухудшают жизнь организмов или снижают их численность (вырубка деревьев, отстрел животных)

Разные экологические факторы обладают различной изменчивостью в пространстве и во времени. Одни из них *относительно постоянны* (сила тяготения, солнечная радиация, соленость океана), другие *очень изменчивы* (температура и влажность воздуха, сила ветра).

По характеру изменения во времени экологические факторы подразделяют на три группы:

- *регулярно-периодические* – это факторы, меняющие свою силу в зависимости от времени суток, сезона года, ритма приливов и отливов (температура, освещенность, длина светового дня и т.д.);

- *нерегулярные (непериодические)*- это факторы, не имеющие четко выраженной периодичности (наводнение, ураган, извержение вулкана, нападение хищника, применение пестицидов);

- *направленные факторы* – это факторы, действующие на протяжении длительного промежутка времени в одном направлении (похолодание или потепление климата, зарастание водоема, эрозия почвы и т.д.).

По характеру ответной реакции организма на воздействие экологического фактора различают следующие группы экологических факторов:

- *раздражители* – факторы, вызывающие биохимические и физиологические изменения (адаптации);

- *модификаторы* – факторы, вызывающие морфологические и анатомические изменения (адаптации);

- *ограничители* – факторы, обуславливающие невозможность существования организма в данных условиях и ограничивающие ареал его распространения;

- *сигнализаторы* – факторы, информирующие об изменении других факторов.

По принципу возможности потребления при взаимодействии с организмом экологические факторы подразделяют на *ресурсы и условия*.

Ресурсы – это экологические факторы среды обитания, которые организм потребляет, то есть их количество в результате взаимодействия с организмом может уменьшаться (пища, вода, солнечная энергия, кислород, углекислый газ и т.д.).

Условия – это экологические факторы среды обитания, которые организм не потребляет, то есть их количество не уменьшается, но они могут оказать влияние на организм (температура, влажность, атмосферное давление и т.д.).

2. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Число всевозможных экологических факторов потенциально является неограниченным. Несмотря на многообразное влияние экологических факторов на организмы можно выявить общий характер (закономерности) их воздействия.

Схему действия экологического фактора можно изобразить графически (рис. 3, рис. 4).

По отношению к каждому фактору можно выделить зону оптимума (*нормальной жизнедеятельности*) зону пессимума (*зону угнетения*) и пределы выносливости (*зона толерантности*).

Оптимум – такое количество экологического фактора, при котором интенсивность жизнедеятельности организмов максимальна. В зоне пессимума жизнедеятельность организмов угнетена. За пределами выносливости существование организма невозможно (*летальная зона*).

Различают нижний и верхний предел выносливости (точки *минимума и максимума*)

Для существования и выносливости организма решающее значение принадлежит фактору, который для организма имеется в минимальном количестве. Эта идея легла в основу **закона минимума**, сформулированного немецким химиком *Ю. Либихом*: «*Выносливость организма определяется самым слабым звеном в цепи его экологических потребностей*».

Например: На острове Диксон, где нет шмелей, не растут и бобовые растения. Недостаток тепла препятствует распространению некоторых видов плодовых растений на север (персик, грецкий орех).

Из практики известно, что ограничивающим фактором может быть не только недостаток, но и избыток таких, например факторов, как тепло, свет, вода. Следовательно, организмы характеризуются экологическим минимумом и экологическим максимумом. Впервые эту мысль высказал американский ученый В. Шелфорд, которая легла в основу **закона толерантности**: «*Лимитирующим фактором процветания организма может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия, диапазон между которыми определяет величину выносливости (толерантности) организма к данному фактору*».

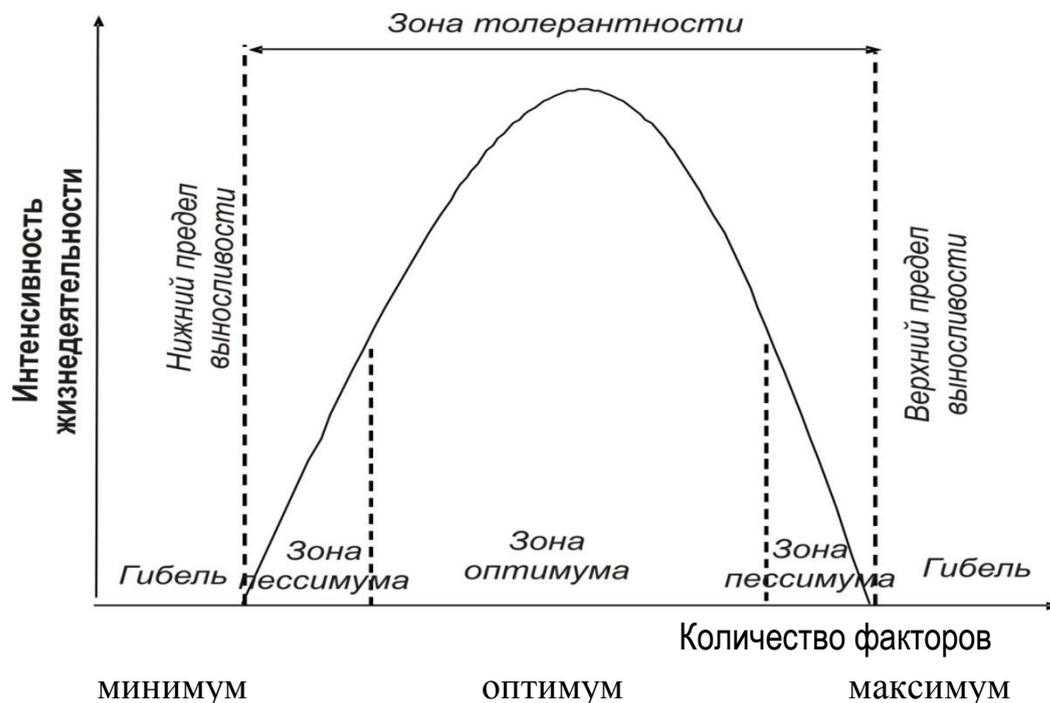


Рисунок 3 - Зависимость действия экологического фактора от его количества

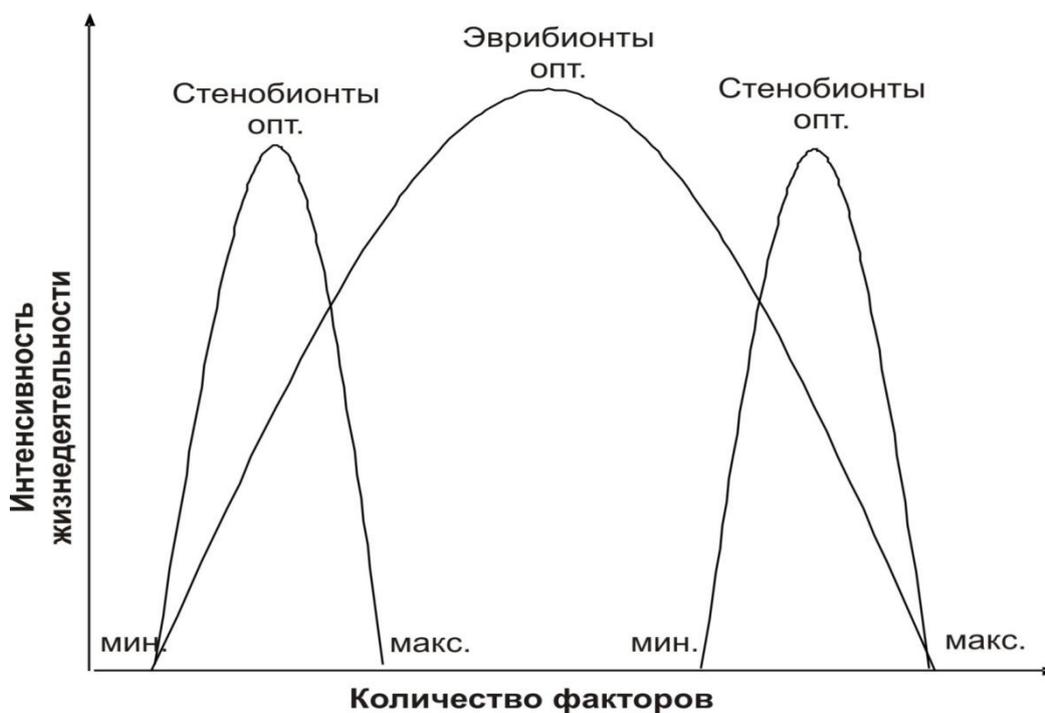


Рисунок 4 - Экологическая валентность (пластичность) видов

Каждый фактор имеет определенные пределы положительного влияния на организмы. Как недостаточное, так и избыточное действие фактора, отрицательно сказывается на жизнедеятельности особей. Чем сильнее отклонение от оптимума в ту или иную сторону, тем больше выражено угнетающее воздействие фактора на организм. Эта закономерность называется *правилом оптимума*: «У каждого вида организмов свои оптимальные значения действия факторов среды и свои пределы выносливости, между которыми располагается его экологический оптимум».

Например: Песец в тундре может переносить колебания температуры воздуха около 80°C (от $+30$ до -50°C), тепловодные рачки не выдерживают даже незначительное колебание температуры. Их температура лежит в диапазоне $23-29^{\circ}\text{C}$, что составляет около 6°C .

Факторы окружающей среды оказывают влияние друг на друга. Взаимодействие различных факторов заключается в том, что изменение интенсивности одного из них может сузить предел выносливости к другому фактору или, наоборот, увеличить его.

Например: Оптимальная температура повышает выносливость к недостатку влаги и пищи; жара переносится легче, если воздух не влажный, а сухой; сильный мороз без ветра человеком или животными переносится легче, в ветреную же погоду при сильном морозе очень велика вероятность обморожения.

Но, несмотря на взаимное влияние факторов, все-таки они не могут заменить друг друга, что нашло отражение в *законе независимости факторов В.Р. Вильямса*: «Условия жизни равнозначны, ни один из факторов жизни не может быть заменен другим». Например, нельзя

действие влажности (воды) заменить действием углекислого газа или солнечного света.

Способность живых организмов переносить количественные колебания действия экологического фактора в той или иной степени называется *экологической валентностью (толерантностью, устойчивостью, пластичностью)*.

Виды с широкой зоной толерантности называются *эврибионтные* (eurgus – широкий) – волк, бурый медведь, тростник, с узкой – *стенобионтными* (stenos – узкий) – форель, глубоководные рыбы, белый медведь.

Организмы, переносящие значительные колебания температуры, называются *эвритермными*, а приспособленные к узкому интервалу температур – *стенотермными*. Таким же образом различают организмы по отношению к другим факторам.

Экологические валентности вида к разным экологическим факторам могут существенно отличаться. Набор экологических валентностей по отношению к разным факторам среды составляет *экологический спектр вида*.

Экологический фактор, количественное значение которого выходит за пределы выносливости вида, называется *лимитирующим (ограничивающим) фактором*. Такой фактор будет ограничивать распространение вида даже в том случае, если все остальные факторы будут благоприятными. Лимитирующие факторы определяют географический ареал вида. Знание человеком лимитирующих факторов для того или иного вида организмов позволяет, изменяя условия среды обитания, либо подавлять, либо стимулировать его развитие.

В природе экологические факторы действуют совместно, то есть комплексно. Комплекс факторов, под действием которых осуществляются все жизненные процессы организмов, включая нормальное развитие и размножение, называются *условиями жизни*. Условия, в которых размножения не происходит, называют *условиями существования*.

На суше экологически важнейшими факторами среды являются свет, температура и влажность.

В водоемах основную роль играют соленость воды и ее температура, концентрация в ней кислорода и др.

3. АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМОВ К УСЛОВИЯМ СРЕДЫ

Своеобразие условий каждой среды жизни обусловили своеобразие живых организмов. У всех организмов в процессе эволюции выработались специфические приспособления к обитанию в своей среде жизни и к разнообразным частным условиям.

Приспособление организмов к среде обитания, выработавшиеся в процессе эволюции, называют *адаптацией*. Она развивается под воздей-

ствием трех основных факторов – *изменчивости, наследственности и естественного (искусственного) отбора.*

Существуют три основных пути приспособления организмов к условиям окружающей среды: активный путь, пассивный путь, избегание неблагоприятных воздействий.

- *активный путь (сопротивление)* - усиление сопротивляемости, развитие регуляторных процессов, позволяющих осуществлять все жизненные функции организма, несмотря на отклонение факторов от оптимума. Например: поддержание определенной температуры тела теплокровными животными, оптимальной для протекания биохимических процессов в клетках.

- *пассивный путь (подчинение)* - подчинение жизненных функций организма изменению факторов среды. Он свойственен всем растениям и холоднокровным животным выражается в замедлении роста и развития, что позволяет экономнее расходовать ресурсы. Например, переход при неблагоприятных условиях среды в состояние анабиоза, когда обмен веществ в организме практически полностью останавливается (зимний покой растений, сохранение семян в почве, оцепенение насекомых).

Среди теплокровных (млекопитающих и птиц) пассивные приспособления в неблагоприятные периоды используют виды, впадающие в оцепенение, спячку, зимний сон.

- *избегание неблагоприятных воздействий (избегание)* - выработка организмом таких жизненных циклов и поведения, которые позволяют избежать неблагоприятных воздействий. Например, наиболее уязвимые стадии развития завершаются в самые благоприятные периоды года, сезонные миграции животных (перемещения животных в места с более благоприятными температурами (перелеты, миграции); изменение сроков активности (спячка зимой, ночной образ в пустыне); утепление убежищ, гнезд пухом, сухими листьями, углубление нор и т.п.;

У растений – изменение процессов роста; Например, карликовость тундровых растений помогает использовать тепло приземного слоя.

Адаптации можно разделить на три основных типа: морфологические, физиологические и этологические.

Морфологические – изменения в строении организма (*растения:* форма – рост: опушение, цвет, подушковидные растения, с прикорневой розеткой листьев стелющиеся формы с незначительным количеством листьев или их полным отсутствием; *животные:* отражательная поверхность тела, пуховой, перьевого и шерстистый покровы; жировые отложения). Морфологические адаптации приводят к образованию определенных жизненных форм.

Физиологические – изменения в физиологии организма (*растения:* интенсивность транспирации, накопление в клетках солей, сахара и др. веществ. Так, у морозостойких растений происходит накопление в клетках сахаров, увеличивающих концентрацию клеточного сока и

снижающих обводненность клеток. Испарение воды через устьица регулирует температуру листьев и т.п. *животные*: отложение запаса питательных веществ – жира, масла, гликогена - например, способность верблюда обеспечивать организм влагой путем окисления жиров).

Этологические (поведенческие) – изменения в поведении (перемещения животных в места с более благоприятными температурами (перелеты, миграции); изменение сроков активности (спячка зимой, ночной образ в пустыне); утепление убежищ, гнезд пухом, сухими листьями, углубление нор и т.п.). Этологические адаптации характерны для животных.

На своем историко-эволюционном пути организмы адаптировались к периодическим первичным и вторичным факторам.

Периодические первичные факторы – это те, которые существовали до появления жизни (температура, освещенность, приливы, отливы и др.). К этим факторам адаптация наиболее совершенна. *Периодические вторичные* факторы – это следствие изменения первичных (влажность воздуха, зависящая от температуры; растительная пища, зависящая от цикличности и развития растений и др.) В нормальных условиях в местообитании должны присутствовать только периодические факторы, а непериодические – отсутствовать.

Непериодические факторы воздействуют катастрофически, вызывая болезни или даже смерть живых организмов. Человек, чтобы уничтожить вредные для него организмы, например, насекомых, вводит непериодические факторы – пестициды.

Хотя в целом виды приспособлены к жизни в определенном диапазоне условий, в пределах ареала вида имеются места с разными экологическими условиями. Популяции подразделяются на *экотипы* (субпопуляции).

Экотип – совокупность организмов любого вида, обладающие выраженными свойствами адаптации к месту обитания.

Экотипы растений отличается по годовым циклам роста, сроком цветения, внешним и другим признакам.

У животных, например у овец, выделено 4 экотипа:

- английские мясные и мясо-шерстные (северо-западная Европа);
- камвольные и мериносовые (Средиземноморье);
- курдючные и жирнохвостые (степи, пустыни, полупустыни);
- короткохвостые (лесная зона Европы и северных регионов)

Использование экотипов растений и животных может сыграть важную роль в развитии растениеводства и животноводства, особенно при экологическом обосновании районирования сортов и пород в регионах с разнообразными природно-климатическими условиями.

4. ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Среди абиотических факторов выделяются климатические, эдафические, геологические, орографические, гидрологические.

Важнейшими *климатическими* абиотическими факторами являются: *свет, температура, вода (влажность)*.

Свет

При прохождении солнечной радиации через атмосферу около 19% поглощается облаками, водяными парами и т.д., 34% отражается обратно в космос, 47% достигает земной поверхности, из них 24% - прямая радиация и 23% - отраженные лучи.

В спектре солнечного света выделяют области, различные по своему биологическому действию.

Ультрафиолетовые лучи в небольших дозах необходимы живым организмам (бактерицидное действие, стимуляция роста и развития клеток, синтез витамина Д и т.), в больших губительны из-за способности вызывать мутации. Значительная часть ультрафиолетовых лучей отражается озоновым слоем.

Видимые лучи – основной источник жизни на Земле, дающий энергию для фотосинтеза.

Инфракрасные лучи – основной источник тепловой энергии.

Для растений солнечный свет необходим, прежде всего, как источник энергии для фотосинтеза. По отношению к условиям освещенности растения делят на экологические группы:

- *светлюбивые* (гелиофиты) – растения, обитающие в условиях хорошего освещения. Они имеют мелкие листья, сильно ветвящиеся побеги, значительное количество пигментов в листьях (луговые травы, хлебные злаки, сорняки и др.);

- *тенелюбивые* (сциофиты) - растения, плохо переносящие прямые солнечные лучи. Для них характерны крупные, тонкие листья, расположенные горизонтально, с меньшим количеством устьиц. (растения таежных ельников, лесостепных дубрав, тропических лесов);

- *теневыносливые* (факультативные гелиофиты) – растения, имеющие широкий диапазон толерантности к свету и могут развиваться как при яркой освещенности, так и в тени. Имеют переходные черты.

Для *животных* свет – это основное условие ориентации, эволюционно способствовал развитию органов зрения. Животные бывают с дневным, ночным и сумеречным образом жизни.

Свет имеет большое *сигнальное значение* и вызывает регуляторные адаптации организмов. Одним из самых надежных сигналов, регулирующих активность организмов во времени, является длина дня. Способность растений и животных реагировать на длину дня называется

фотопериодической реакцией (ФПР). Явления, регулируемые длиной дня, называется *фотопериодизмом*. Фотопериодизм свойственен растениям и животным и является общебиологическим законом. Различают суточный и сезонный фотопериодизм.

Суточный фотопериодизм связан со сменой дня и ночи. Например, у животных различают виды ведущих дневной, ночной и сумеречный образ жизни. Так же у людей – у некоторых наблюдается повышенная работоспособность в утренние часы – «жаворонки», в ночные часы – «совы».

Сезонный фотопериодизм связан со сменой времени года. Например, с наступлением осени: листопад, закладка почек, формирование прочного древесного покрова и т.п. Животные накапливают интенсивно питательные вещества, меняется характер покрова, миграции и т.п. Увеличение длины светового дня весной стимулирует половую функцию у птиц, млекопитающих, определяет сроки цветения растений (ольха, мать-и-мачеха и др.)

Закономерное изменение положения Земли по отношению к Солнцу обуславливает разную продолжительность освещенности земной поверхности в географических зонах. Это повлекло за собой появление приспособленности к жизни в условиях продолжительного и короткого освещения. Длинный день способствует нормальному развитию организмов северных широт и средней полосы зон, и они называются *организмами длинного дня* (рожь, пшеница, клевер, фиалки, тысячелистник, цикорий, капуста белая, восточная плодовая, березовая пяденица и др.). Организмы, развитие которых протекает нормально при сокращенном световом дне, называются *организмами короткого дня* (выходцы из южных районов – просо, гречиха, подсолнечник, астра, топинамбур, конопля, совки, тутовый шелкопряд, саранча и др.)

Фотопериодизм, хотя и наследственно закреплен, проявляются лишь в сочетании с другими факторами. Например, температурой. Если в день «Х» холодно, то растение расцветает позже, или в случае с вызреванием – если холод наступает раньше дня «Х», то, скажем, картофель дает низкий урожай, и т.п.

Человек научился использовать описанные выше явления. Например, искусственно изменяя длину светового дня можно изменить сроки цветения и плодоношения растений (тепличные культуры), увеличивать яйценоскость кур и др.

Температура

Температура – важнейший из ограничивающих факторов, так как тепловой режим определяет все физиологические процессы живых организмов. Пределы, в которых можно существовать жизнь очень узки от -200°C (переносят споры, семена, сперматозоиды) до $+140^{\circ}\text{C}$ (выдерживают споры, бактерии). Большинство видов и большая часть

физиологических процессов приурочены к диапазону температур между 0 и 40-45°C, что обусловлено свойствами протоплазмы клеток.

По отношению к температуре как экологическому фактору все организмы подразделяют на 2 группы:

- *холодолюбивые* (криофилы) – могут сохранять активность при температуре клеток 8° - 10°C. Криофилы населяют холодные и умеренные зоны.

Холодостойкость растений и животных зависит от условий обитания. Так в Якутии древесные и кустарниковые не вымерзают при -70°C, в Антарктиде при такой же температуре обитают лишайники водоросли, ногохвостки, пингвины.

- *теплолюбивые* (термофилы) – жизнедеятельность приурочена к условиям довольно высоких температур. Это обитатели жарких тропических районов Земли. Многие организмы обладают способностью переносить очень высокие температуры. Например, в горячих источниках обитает рыбка при температуре 52°C, верблюжья колючка переносит нагревание воздуха до 70°C.

Организмы могут использовать два источника тепловой энергии: *внешний* (тепловая энергия Солнца или внутреннее тепло Земли) и *внутренний* (тепло, выделяемое при обмене веществ).

В зависимости от того, какой *источник* преобладает в тепловом балансе, живые организмы делят на:

- *пойкилотермных* (холоднокровных) – их температура тела зависит от температуры окружающей среды (растения, вирусы, грибы, членистоногие и др.). Температура их тела обычно на 1-2° С выше температуры окружающей среды или равнее ей;

- *гомойотермных* (теплокровных) – способны поддерживать достаточно постоянную температуру тела независимо от окружающей температуры (птицы, млекопитающие, включая человека). Среди гомойотермных организмов выделяют группу *гетеротермных организмов* – организмов, у которых периоды сохранения постоянно высокой температуры тела сменяются периодами ее понижения при впадении в спячку в неблагоприятный период года (суслики, сурки, ежи, летучие мыши и др.).

У живых организмов различают *три механизма терморегуляции*.

Химическая терморегуляция осуществляется путем изменения величины теплопродукции за счет изменения интенсивности обмена веществ: - *растения*: интенсивность транспирации, накопление в клетках солей, сахара и др. веществ. Так, у морозостойких растений происходит накопление в клетках сахаров, увеличивающих концентрацию клеточного сока и снижающих обводненность клеток. Испарение воды через устьица регулирует температуру листьев и т.п.; - *животные*: отложение запаса питательных веществ – жира, масла, гликогена.

Физическая терморегуляция связана с изменением величины теплоотдачи: - *растения*: форма – рост (опушение, цвет, подушковидные растения, с прикорневой розеткой листьев стелющиеся формы с незначительным количеством листьев или их полным отсутствием); - *животные*: отражательная поверхность тела, пуховой, перьевой и шерстистый покровы; жировые отложения. У млекопитающих в северных условиях наблюдается тенденция к уменьшению площади выступающих частей тела (правило Алена), поскольку они отдают в окружающую среду наибольшее количество тепла. Сокращаются размеры хвоста, конечностей, ушей, лучше развивается волосистой покров. По мере удаления от полюсов к экватору размеры близких в систематическом отношении пойкилотермных животных увеличиваются, а гомойотермных – уменьшаются (правило Бергмана).

Этологическая (поведенческая) терморегуляция заключается в избегании условий с неблагоприятными температурами: - перемещение животных в места с более благоприятными температурами (перелеты, миграции); - изменении сроков активности (спячка зимой, ночной образ в пустыне); - утепление убежищ, гнезд пухом, сухими листьями, углубление нор и т.п.

Вода

Вода обеспечивает протекание в организме обмена веществ и нормальное функционирование организма в целом. Среднее содержание воды в клетках большинства живых организмов составляет около 70%. Вода в клетке присутствует в двух формах: *свободной* (95% всей воды клетки) и *связанной* (4-5% связаны с белками).

Наиболее важные функции и свойства воды следующие:

1. *Вода как растворитель*. В ней растворяется больше веществ, чем в любой другой жидкости. Многие химические реакции в клетке являются ионными, поэтому протекают только в водной среде.

2. *Вода как реагент* участвует во многих химических реакциях: полимеризации, гидролиза, в процессе фотосинтеза.

3. *Вода как термостабилизатор и терморегулятор*. Эта функция воды обусловлена такими свойствами как *высокая теплоемкость* – смягчает влияние на организмы значительных перепадов температуры в окружающей среде; *высокая теплопроводность* – позволяет организму поддерживать одинаковую температуру во всем объеме; *высокая теплота испарения* – используется для охлаждения организма при потоотделении у млекопитающих и транспирации у растений.

4. *Транспортная функция* воды осуществляется при передвижении по организму вместе с водой растворенных в ней веществ к различным его частям и выведение ненужных продуктов из организма.

5. *Структурная функция* состоит в том, что цитоплазма клеток содержит от 60 до 90% воды, и именно она придает клеткам их

нормальную форму. У растений вода поддерживает тургор (упругость эндоплазматической мембраны), у некоторых животных служит гидростатическим скелетом (медузы).

По отношению к воде среди живых организмов выделяют следующие экологические группы: *гигрофилы* (влаголюбивые), *ксерофилы* (сухололюбивые) и *мезофиллы* (промежуточная группа).

В зависимости от способов адаптации растений к влажности выделяют несколько *экологических групп*:

- *гигрофиты* – наземные растения, живущие на очень влажных почвах и в условиях повышенной влажности. К ним, в частности, относятся водные растения – гидрофиты и гидатофиты. *Гидатофиты* – водные растения, целиком или большей частью погружены в воду (кувшинка). *Гидрофиты* – водные растения, прикрепленные к грунту и погруженные в воду только нижними частями (тростник, рис, папирус);

- *ксерофиты* – растения сухих местообитаний, способные переносить хорошо перегрев и обезвоживание. Ксерофиты разделяются на 2 группы: *склерофиты* – обладают большой всасывающей силой корней, с узкими мелкими листьями, способны снижать транспирацию (ковыли, саксаул) и *суккуленты* – накапливают влагу в мясистых листьях или стеблях (алоэ, кактус).

- *мезофиты* – растения умеренно влажных местообитаний, переносят незначительную засуху (древесные растения различных климатических зон, травянистые растения дубрав, большинство культурных растений и др.);

У животных по отношению к воде выделяются свои *экологические группы*:

- *гигрофилы* (влаголюбивые, живут во влажных местообитаниях);

- *ксерофилы* (сухололюбивые, живут в сухих местообитаниях);

- *мезофиллы* (промежуточная группа, отличаются умеренной потребностью в воде или влажности атмосферы).

Животные получают воду разными путями: через кишечный тракт, пищу, при окислении жиров, а у растений в основном она поступает через корни и частично впитывается из воздуха. Расход воды происходит с транспирацией, испарением через кожный покров, дыханием, при выделении мочи и экскрементов.

Способы регуляции водного баланса у животных поведенческие, морфологические, физиологические. *Поведенческие* адаптации – перемещение в более влажные места, периодическое посещение водопоя, переход к ночному образу жизни, и др. *Морфологические* адаптации – приспособления, задерживающие воду в теле (раковины наземных улиток, роговые покровы у рептилий и др.). *Физиологические* адаптации направлены на образование метаболической воды (верблюд, овца, собака, насекомые). Пойкилотермные животные более выносливы,

так как им не приходится использовать воду на охлаждение, как теплокровным.

Эдафические (почвенно-грунтовые) факторы

Эдафические (почвенные) факторы определяются минеральной составляющей (50-60%), органическим веществом (до 10%), почвенным воздухом (15-20%), влагой (до 25-35%), почвенными организмами.

Почва – это поверхностный слой земной коры, который образуется и развивается в результате взаимодействия растительности животных, микроорганизмов, материнской породы. Почва покрывает сплошной оболочкой всю сушу земного шара и дно мелководий по морским побережьям, в озерах и водохранилищах. Почвенную оболочку Земли называют *педосферой*.

Почва отличается от всех похожих на нее глинистых и песчаных образований тем, что обладает плодородием (богатством почвы).

Плодородие почвы (богатство) – способность ее удовлетворять потребность растений в питательных веществах, воздухе, биотической и физико-химической среде, включая тепловой режим, и на этой основе обеспечивать урожай сельскохозяйственных культур, а так же биологическую продуктивность естественных фитоценозов.

Важнейшими экологическими факторами, характеризующим почву как среду обитания, являются *кислотность, содержание питательных элементов, содержание органических веществ, структура, плотность, засоленность, гранулометрический состав и др.*

По отношению к кислотности почвы растения делят на следующие *экологические группы*:

- *ацидофилы* (растут на почвах с $pH < 6.7$ – вереск, белоус, щавелек малый, хвощ полевой);
- *нейтрофилы* ($pH = 6,7-7$ - лисохвост луговой, овсяница луговая);
- *базифилы* ($pH > 7$ – мать-и-мачеха, горчица полевая);
- *индифферентные виды* (могут обитать на почвах с разным значением pH).

По отношению к содержанию питательных элементов в почве среди растений различают:

- *олиготрофов* – требуют малого количества элементов;
- *эвтрофов* – требуют большого количества элементов;
- *мезотрофов* – требуют умеренного количества элементов.

По другим признакам среди растений выделяют такие группы:

- *галофиты* – растения засоленных почв;
- *нитрофилы* – растения предпочитают почвы богатые азотом (крапива двудомная, марь белая, пастушья сумка);
- *литофилы или петрофилы* – растения каменистых почв (лишайники);

- *псаммофиты*- растения песков (волоснец песчаный, овсяница песчаная, ива-шелюга);

- *оксилофиты* – способны выносить высокую кислотность с сильным увлажнением (росянка, багульник).

По степени связи с почвой как средой обитания животных объединяют в 3 экологической группы:

- *геобионты* – постоянно обитают в почве. Весь цикл их развития протекает в почвенной среде (дождевые черви);

- *геофилы* – часть цикла развития (чаще одна из фаз) обязательно проходит в почве (саранчовые, комары-долгоножки, насекомые, которые находятся в почве в фазе куколки);

- *геоксены* – иногда посещающие почву для временного укрытия или убежища.

Орографические факторы (геоморфологические), или факторы рельефа. *Рельефом (формами рельефа) называют совокупность неровностей земной поверхности разного масштаба.*

По размерам рельеф делят на макрорельеф, мезорельеф и микрорельеф. *Макрорельеф* – формы рельефа с разностью высот от десятков до тысяч метров (горы, равнины, возвышенности, речные долины). *Мезорельеф* – формы рельефа с разностью высот в пределах 10-20 м (холмы, лощины, долины, террасы, овраги, склоны разной крутизны). *Микрорельеф* – формы рельефа с разностью высот от нескольких сантиметров до 1 м (бугорки, борозды, кочки, небольшие промоины).

Рельеф оказывает косвенное воздействие на живые организмы, перераспределяя солнечную радиацию и осадки в зависимости от экспозиции и крутизны склонов. Так в северном полушарии на южных склонах произрастают более светолюбивые и теплолюбивые растения, чем на северных, в понижениях обитают более требовательные к влаге растения и т.д.

4. ТИПЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ ОРГАНИЗМАМИ (ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ)

Биотические факторы – это совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на другие и на окружающую среду.

Взаимоотношения между различными организмами многообразны выражаются во внутривидовых (гомотипических) и межвидовых (гетеротипических) факторах.

Гомотипические факторы – взаимодействие особей одного и того же вида. Основные из них: *групповой эффект, массовый эффект, внутривидовая конкуренция.*

Групповой эффект – оптимизация физиологических процессов, ведущая к повышению жизнеспособности при совместном существовании. Многие виды нормально развиваются только тогда, когда объединяются в группы. В группе наблюдается тесное общение особей посредством запахов, звуков, специфики поведения. В группе ускоряются темпы роста, повышается плодовитость, средняя продолжительность жизни, поддерживается оптимальная температура (гнезда, улья).

Однако положительный эффект группы проявляется только до некоторого оптимального уровня плотности популяции. Слишком интенсивное увеличение численности может привести к недостатку ресурсов. Например: бакланы могут существовать в колонии, которая насчитывает не менее 10000 особей и где на 1 м² приходится 3 гнезда. Для выживания африканских слонов в стаде должно быть не менее 25 особей. Наиболее продуктивные стада северных оленей 300-400 особей. Волки объединяются в стаю - для охоты.

Массовый эффект (самоограничение) – это снижение плодовитости (рождаемости) при перенаселении среды. При переуплотнении отдельные особи становятся каннибалами, снижается плодовитость самок, возрастает смертность. В результате через сравнительно короткий период времени численность входит в норму.

Внутривидовая конкуренция – отрицательные взаимодействия двух организмов, стремящиеся к одному и тому же.

Гетеротипические факторы – взаимоотношения между особями разных видов. Влияние, которое оказывают друг на друга организмы, может быть нейтральным, благоприятным или неблагоприятным. Поэтому по типу воздействия различают нейтрализм, межвидовую конкуренцию, мутуализм (симбиоз), сотрудничество, комменсализм, аменсализм, паразитизм, хищничество.

Нейтрализм – оба вида независимы и не оказывают друг на друга никакого влияния. Так, лоси и белки, обитающие в одном лесу, практически не контактируют друг с другом. Отношения типа нейтрализма развиты в насыщенных видами сообществах.

Конкуренция межвидовая – борьба за одни и те же условия окружающей среды между двумя или несколькими видами (источник питания, борьба за место под солнцем, за обладание самкой и т.д.), которое вредно сказывается на росте и выживании. Чем разнообразнее возможности организмов, тем менее напряженной будет конкуренция.

Пример: Саранча, грызуны и копытные питаются травами, вступая между собой в конкурентные взаимоотношения; хищные птицы лесов и лисы – за мышевидных грызунов; растения культурные и сорняки за свет, влагу, лучшую защиту от поедания животными

Мутуализм – совместная жизнь двух и более организмов без паразитирования, но необходимая для партнеров.

Классический пример – лишайник; гриб и водоросль физиологически дополняют друг друга. Гифы гриба всасывают минеральные вещества, ассимилированные водорослями; минеральные вещества водоросли получают из воды. Птицы и носороги. Птицы кормятся насекомыми-паразитами на коже носорога, а их взлет служит ему сигналом опасности. Клевер – шмель.

Симбиоз – совместная жизнь двух или группы особей необходимая и полезная для них, но с элементами паразитирования.

Пример: клубеньковые бактерии и бобовые культуры. Клубеньковые бактерии питаются углеводными соединениями.

Сотрудничество – оба вида образуют сообщество, т.к. каждый вид может существовать изолированно, но жизнь в сообществе им приносит пользу.

Комменсализм – использование партнера в качестве жилища и в качестве источника питания, но без вреда для него.

Пример: акула и рыба-прилипала, муравьи – тли.

Широко распространилось среди морских обитателей, ведущий сидячий образ жизни, в частности, мелкие рыбки используют в качестве убежища глауторий, молодь ставриды - колокол ядовитых медуз и т.д.

Аменсализм – подавление одного организма другим без извлечения пользы для себя и без обратного отрицательного воздействия со стороны подавляемого организма. Эта форма встречается чаще к растений. Например, травянистые растения, растущие под елью испытывают угнетение в результате сильного затенения ее кроной, тогда как для самого дерева их соседство может быть безразличным.

Паразитизм – антагонистическое межвидовое сожительство. Организм одного вида (паразит) использует другого (хозяин) как среду обитания и источник питания, причиняя ему вред, как правило, не уничтожая его. Наибольшее число паразитов установлено у типа простейших, плоских, круглых червей, членистоногих (клещ, комары, блохи, вши), паразитические грибы - головня и др.

Хищничество – прямое уничтожение одного вида другим. Один организм добывает, убивает и поедает другого. Выделяют хищников 1 и 2 и т.д. порядков. Хищники 1 порядка питаются травоядными животными, рыбами, птицами. Хищники 2 и других порядков нападают на более слабых хищников (щука - окунь, тигр - волк).

Каннибализм – вид хищничества, когда убивают и поедают особей своего же вида. Например, волки, рыси, насекомые - богомол, каракурт; хищные рыбы (щука, окунь).

Это явление возникает при недостатке пищи или при переуплотнении среды, в особенности при отсутствии естественных врагов (медведь). В этих случаях каннибализм является своеобразным регулятором, помогающим выжить за счет снижения численности данного вида. Каннибализм известен более чем у 1300 видов.

Хищничество и паразитизм обеспечиваются наличием хищника и жертвы, хозяина и паразита. В обоих случаях популяции участников взаимодействия находятся в неустойчивом состоянии и взаимосвязаны, что проявляется в динамике их рождаемости.

Нарушение равновесного состояния в экосистемах часто встречается в культурном земледелии, особенно при химических методах защиты культурных растений от вредителей, когда погибают не только вредители, но и полезные организмы. Предпочтительно в таких ситуациях биологические методы борьбы с вредителями.

Основные формы взаимоотношений между растениями

Наиболее распространена классификация форм взаимоотношений между растениями по В.Н. Сукачеву.

Взаимоотношения между растениями:

Прямые (контактные)

- механические – охлестывание ветвями, эпифитизм, давление и сцепление стволов и корней;
- физиологические – симбиоз, паразитизм, полупаразитизм, срастание корней.

Косвенные

- трансбиотические – через животных и микроорганизмы (опыление и распространение семян - энтомофилия, орнитофилия, зоохория);
- трансбиотические – средообразующее влияние, конкуренция, аллелопатия.

Аллелопатия – взаимное влияние совместно проживающих организмов через изменение окружающей их среды путем выделения химических продуктов жизнедеятельности. Действие аллелопатических веществ может быть стимулирующим или токсичным. Продукты аллелопатии бывают:

- *фитонциды* – выделения высших растений, губительно действующие на микроорганизмы (особенно хвойные деревья, чеснок, лук);
- *антибиотики* – выделения грибных микроорганизмов, подавляющие жизнедеятельность многих бактерий;
- *колины* – выделения высших растений, действующие на другие высшие растения. (Нут – подавляет картофель, кукурузу, подсолнечник, томаты; фасоль подавляет рост яровой пшеницы);
- *мразмины* – выделения микроорганизмов действующие на высшие растения.

Растения с высокой способностью к аллелопатии (пырей, ясень, лох) легко внедряется в состав уже сложившихся сообществ и вытесняет из них другие виды.

Явление аллелопатии необходимо учитывать при составлении травосмесей, букетов, севооборотов, оформлении ландшафтов.

6. ПОНЯТИЕ «ЖИЗНЕННАЯ ФОРМА» И «ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ НИША»

Организмы и среда, в которой они обитают, находятся в постоянном взаимодействии. В результате возникает поразительное соответствие 2-х систем: организма и среды. Это соответствие носит приспособительный характер. Среди приспособлений живых организмов наибольшую роль играют морфологические адаптации. Изменения в наибольшей степени затрагивают органы, находящиеся в непосредственном соприкосновении с внешней средой. В результате наблюдается конвергенция (сближение) морфологических (внешних) признаков у разных видов, в то время как анатомические и другие признаки изменяются в меньшей степени, отражая родство и происхождение видов. Морфологический тип приспособления животного или растения к определенным условиям обитания и определенному образу жизни называют *жизненной формой организма*.

Учение о жизненных формах было начато А. Гумбольдтом (1806). Наибольшую популярность завоевала классификация жизненных форм растений, предложенная датским ботаником *К. Раункиером*. Он весьма удачно выделил из всей совокупности признаков жизненных форм *один* чрезвычайно важный, характеризующий приспособление растений к перенесению неблагоприятного времени года - *положение почек возобновления на растении в течение неблагоприятного времени года по отношению к уровню земной поверхности (почвы, снежного покрова)*. Среди наземных растений он выделил 5 главных типов жизненных форм (рис. 5).

I. *Фанерофиты* (от греч. *фанерос* - видимый) – растения, почки возобновления которых расположены над поверхностью земли (выше 30 см). К ним относятся деревья и крупные кустарники.

II. *Хамефиты* (от греч. *хаме* – приземистый, карликовый) – растения, почки возобновления которых расположены не выше 20-30 см от поверхности почвы, зимой могут оказаться под снегом. Это полукустарники, кустарнички и травянистые растения, слабо возвышающиеся над землей (стелющиеся формы).

III. *Гемикриптофиты* (от греч. *криптос* - тайный) – растения, почки возобновления которых находятся на уровне почвы, или в самом поверхностном ее слое, часто покрытом подстилкой. С наступлением неблагоприятных условий побеги отмирают до уровня почвы.

IV. *Криптофиты* – растения, почки возобновления которых скрыты в почве (геофиты) или под водой (гелофиты и гидрофиты). К этим растениям относят луковичные. Клубневые и корневищные растения.

V. *Терофиты* (от греч. *терос* - лето) – однолетние растения, не имеющие перезимовывающих почек или побегов. Они просто отмирают во время неблагоприятного сезона, размножаются только семенами.

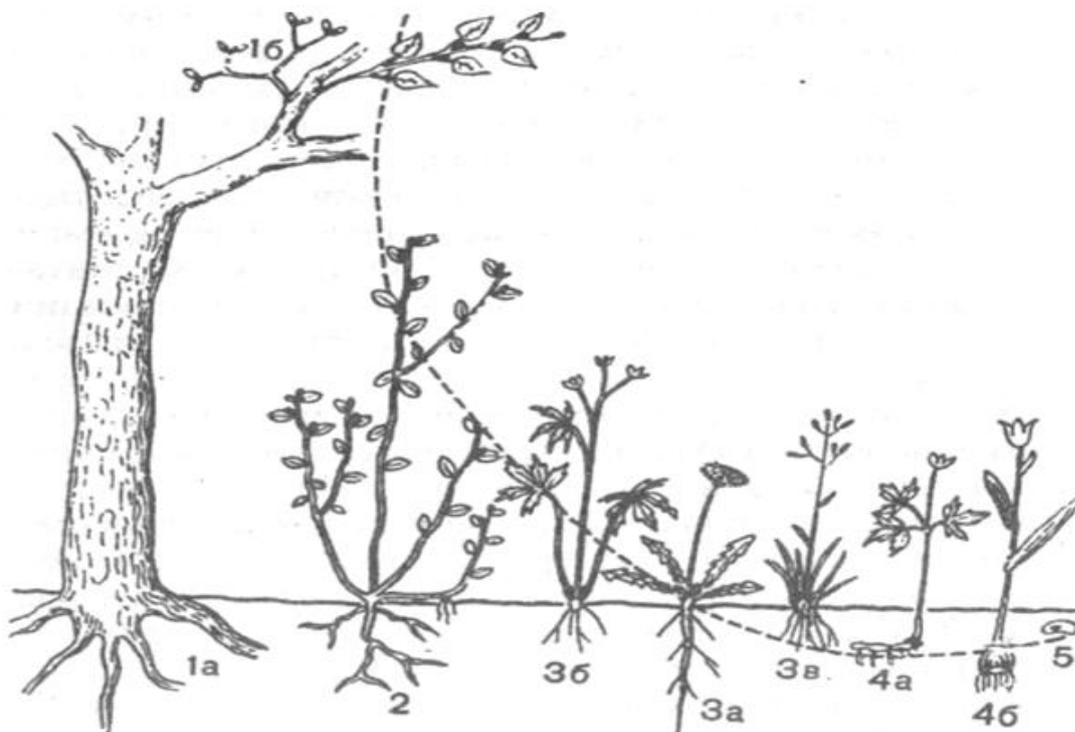


Рисунок 5 - Жизненные формы растений (по К. Раункиеру):

1 - фанерофиты (1а - тополь, 16 - омела); 2 - хамефиты (брусника); 3 - гемикриптофиты (3а - одуванчик, 3б - лютик, 3в - злак); 4 - криптофиты (4а - ветреница, 4б - тюльпан); 5 - терофиты (мак-сеянка). Пунктиром показаны зимующие почки возобновления

Многообразны жизненные формы у животных организмов. К сожалению, нет единой системы, классифицирующей многообразие жизненных форм животных и нет общего подхода к их определению.

Распределение жизненных форм по земной поверхности неодинаково в разных ботанико-географических зонах и разных сообществах. Это связано с биологическими свойствами видов, условиями среды обитания, почвенно-климатическими особенностями района. Выясняя соотношение разных жизненных форм в тех или иных районах, можно получить картину действия условий среды, экологическую емкость их местообитаний. Например, фанерофиты (главным образом деревья) доминируют над другими растительными формами в тропических дождевых лесах (96%), а также значительно представлены в субтропических формациях (65%). В Тундре и степях начинают преобладать гемикриптофиты, соответственно 60% и 63%, а в пустынных господствуют терофиты.

Индикатором условий могут быть и жизненные формы животных. Например, присутствие в биогеоценозе землероев, делающих в почве много ходов, свидетельствует о рыхлости почвы и высоком ее плодородии, а присутствие землероев, делающих глубокие норы, характерно для районов с жарким сухим климатом, где редкий травостой, почвы плотные и хорошо прогреваемые.

Один и тот же вид в разных условиях может приобрести разные жизненные формы. Широко известны примеры образования стелющихся форм у многих хвойных, в частности у лиственницы сибирской на Таймыре, у ели обыкновенной на Крайнем Севере.

Представители одной и той же жизненной формы могут принадлежать к разным экологическим группам. Например, клевер луговой и астрагал относятся к стержнекорневым растениям, но принадлежат к разным экологическим группам: клевер, произрастающий на лугах – мезофит; астрагал, обитающий в сухостепных районах – ксерофит. То же самое наблюдается и у животных.

Понятие «жизненная форма» тесно связано с понятием «экологическая ниша». Понятие «экологическая ниша» в экологию было введено И. Гриннелом (1917) для определения роли того или иного вида в сообществе.

Экологическая ниша – это положение вида, которое он занимает в системе сообщества, комплекс его связей и требований к абиотическим факторам среды.

Ю. Одум (1975) образно представил экологическую нишу как занятие «профессию» организма в той системе видов, к которой он принадлежит, а его местообитание – это «адрес» вида. Значение экологической ниши позволяет ответить на вопросы, как, где и чем питается вид, чьей добычей он является, каким образом и где он отдыхает и размножается.

Так, например, зеленое растение, принимая участие в сложении сообщества, обеспечивает существование целому ряду экологических ниш:

1 – корнееды; 2 – поедающие корневые выделения; 3 – листоеды; 4 – стволоеды; 5 – плодоеды; 6 – семяеды; 7 – цветкоеды; 8 – пыльцееды; 9 – со коеды ; 10 – почкоеды.

Вместе с тем, один и тот же вид в разные периоды развития может занимать различные экологические ниши. Например, головастик – питается растительной пищей, взрослая лягушка – типичное плодоядное животное, поэтому им свойственны различные экологические ниши.

Экологическую нишу, определяемую только физиологическими особенностями организмов, называют *фундаментальной*, а ту, в пределах которой вид реально встречается в природе – *реализованной*. *Реализованная ниша* – это та часть фундаментальной ниши, которую данный вид, популяция в состоянии «отстоять» в конкурентной борьбе.

Разделение экологических ниш между видами происходит за счет приуроченности разных видов к разным местообитаниям, разной пище и разному времени использования одного и того же местообитания. *Принцип конкурентного исключения (принцип Гаузе)* гласит «Два вида не могут существовать в одной и той же местности, если их экологические потребности идентичны. Такие виды обязательно должны быть разобщены в пространстве или во времени». Между близкородственными ви-

дами, часто настолько сходными, что им требуется одна и та же ниша возникает жесткая межвидовая конкуренция за пространство, пищу, биогенные вещества и т.п. Результатом межвидовой конкуренции может быть либо взаимное приспособление 2-х видов, либо популяция одного вида замещается популяцией другого вида, а первый вынужден переселиться на другое место или перейти на другую пищу. Процесс разделения видами пространства и ресурсов называется *дифференциацией экологических ниш*.

Внедрение популяции в новые сообщества возможно только при наличии подходящих условий и возможности занять соответствующую экологическую нишу. Сознательное или невольное внедрение новых популяций в свободную экологическую нишу, без учета всех особенностей существования, нередко приводит к бурному размножению, вытеснению или уничтожению остальных видов и нарушению экологического равновесия. Примером вредных последствий искусственного переселения организмов являются *колорадский жук* - опаснейший вредитель картофеля. Его родина Северная Америка. В начале 20 в. его завезли с картофелем во Францию. Сейчас он населяет всю Европу. Он очень плодовит, легко перемещается, имеет мало естественных врагов, уничтожая до 40% урожая.

Вопросы

1. Что такое среда обитания и какие среды заселены организмами?
2. Какие факторы относят к абиотическим, биотическим и антропогенным?
3. Как формулируется закон минимума? Кто установил эту закономерность?
4. Сформулируйте закон толерантности. Кто установил эту закономерность?
5. Приведите примеры использования законов минимума и толерантности в практической деятельности.
6. Что такое адаптации и чем они обусловлены?
7. Как влияет на организм температура?
8. Каково значение света в жизни организмов?
9. Какова роль воды в жизни организмов?
10. Что такое эдафические факторы?
11. Что понимается под экологическими факторами почв и экологическими индикаторами?
12. Каково значение орографических факторов?
13. Каковы основные формы отрицательных взаимодействий видов?
14. Каковы основные формы положительных взаимодействий видов?
15. В чем различие между понятиями «жизненная форма» и «экологическая ниша»?

ЛЕКЦИЯ 4. ЭКОЛОГИЯ ПОПУЛЯЦИЙ (ДЕМЭКОЛОГИЯ)

Вопросы:

1. *Понятие о популяции.*
2. *Статистические показатели популяции.*
3. *Динамические показатели популяции.*
4. *Продолжительность жизни и выживаемость. Экологическая стратегия выживания.*
5. *Регуляция численности (плотности) популяции.*

Демэкология (от греч. *demos*-народ) изучает естественные группы особей одного вида – популяции. Ее важнейшей задачей является изучение условий формирования популяций, внутри популяционных взаимоотношений, динамики численности популяции. Демэкология раскрывает возможности управления численностью видов. Это важно для получения нужной биологической продукции, для предупреждения размножения вредителей, для борьбы с возбудителями болезней.

1. ПОНЯТИЕ О ПОПУЛЯЦИИ

Термин «популяция» происходит (от лат. *populus* – народ). Термин «популяция» был введен датским ученым–генетиком В. Йогансеном в 1903 г.

Популяция – это группа особей одного вида, способных к самовоспроизводству, которая длительно существует и занимает определенную территорию (ареал). Растения одного вида в ценозе называют ценопопуляцией.

Контакты между особями одной популяции чаще, чем между особями разных популяций, например, свободное скрещивание (*панмиксия*) внутри популяции выше, чем между особями разных популяций. Популяция является основной естественной единицей существования, приспособления и воспроизведения вида, обеспечивает выживание вида, т.е. популяция является структурной единицей вида и единицей эволюции, тогда как вид есть качественный этап.

Ареал – область распространения или пространство, на котором популяция или вид встречаются в течение всей своей жизнедеятельности. *Пространство* или *ареал*, занимаемое популяцией, может быть различным как для разных видов, так и в пределах одного вида.

Для животных различают *трофический* и *репродуктивный* ареалы, между которыми существует связь в виде *путей пролета* для птиц или *путей миграции* для некоторых млекопитающих и рыб.

В зависимости от *размеров ареала и характера распространения различают* космополитов, убиквистов, эндемиков. *Космополиты* – виды растений и животных, представители которых встречаются на большей части обитаемых областей Земли (комнатная муха, серая крыса). *Убиквисты* – виды растений и животных с широкой экологической валентностью, способны существовать в разнообразных условиях среды, имеют обширные ареалы (тростник обыкновенный, волк). *Эндемики* – виды растений и животных, которые имеют небольшие ограниченные ареалы (часто встречаются на океанических островах (лемуры, галопагосские черепахи), в горных районах и изолированных водоемах).

По размерам занимаемой популяцией территории и степени связи между особями различают элементарные (локальная), экологические, географические популяции (рис. 6)

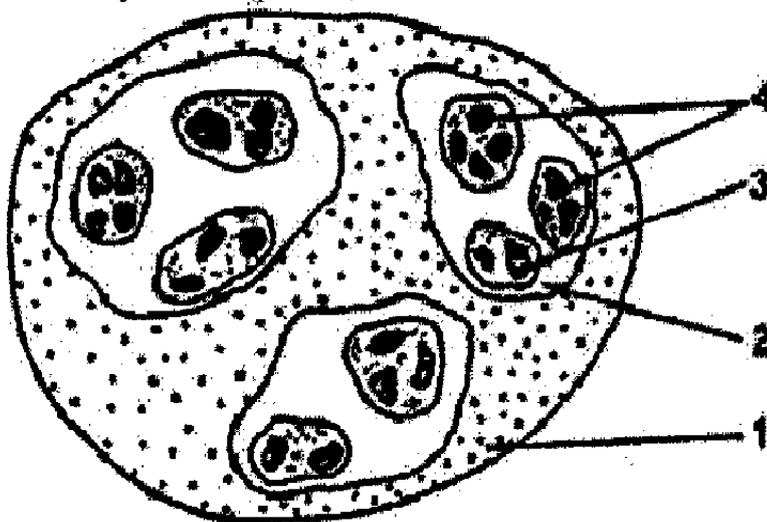


Рисунок 6 - Пространственное подразделение популяций

1 – ареал вида; 2 - географическая популяция; 3 - экологическая популяция;
4 – элементарная популяция.

Элементарная - совокупность особей вида, занимающих небольшой участок однородной площади. В состав их обычно входят генетически однородные особи, возможно скрещивание особей элементарных популяций (стадо лосей, 2 стада могут скрещиваться, стало оленей, окуни с 1 пруда).

Экологическая – совокупность элементарных популяций, внутривидовые группировки, приуроченные к конкретному типу местообитания. Возникают они в силу наличия в пределах зон различных условий обитания, которые возникают в результате изменения рельефа, гидрологических условий, кормовых ресурсов и т.п.

Они слабо изолированы друг от друга, поэтому обмен генетической информацией между ними происходит сравнительно часто, но реже, чем между элементарными популяциями. Например, белка заселяет различные типы леса. Поэтому могут быть четко выделены ее экологические популяции: сосновые, еловые, елово-

пихтовые и др. Бобры, поселяясь на крупных реках роют норы в берегах, а заселяющие небольшие речки и ручьи – строят плотины, поскольку мелкие водоемы ограничивают возможности кормления, а возникший пруд- расширяет доступ к кормовым участкам.

Географическая – складывается на экологических и охватывает группу особей, заселяющих территорию с географически однородными условиями существования. Они занимают сравнительно большую территорию, основательно разграничены и относительно изолированы. Различаются плодовитостью, размерами особей, экологическими, физиологическими, поведенческими и др. особенностями.

Сельскохозяйственную популяцию отличает антропогенное районирование, сильное влияние искусственного отбора. На практике сельскохозяйственная популяция - это различие по сортам и породам, районированным по климатическим зонам. Внутри каждого сорта и породы может быть несколько популяций, т.к. их районы обитания имеют большую пространственную изоляцию.

Популяция является первой надорганизменной биологической системой, обладающая рядом специфических свойств, не присущих отдельной особи. К таким свойствам относятся: численность, плотность, рождаемость, смертность, скорость роста и др.. Кроме того, популяции свойственна определенная структурная организация: половая, возрастная, генетическая, пространственно-этологическая и другие.

Количественные показатели (характеристики) популяции можно разделить на статистические и динамические.

2. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОПУЛЯЦИИ

Статистические показатели популяции характеризуют состояние популяции на данный момент времени. К ним относятся численность, плотность и показатели половой, возрастной, генетической, пространственно-этологической структур.

Численность – общее количество особей в популяции. Она может изменяться во времени и зависит от соотношения интенсивности размножения (плодовитости) и смертности. Различают непериодические (редко наблюдаемые) и периодические (постоянные) колебания численности популяции. Изменение численности популяции во времени называют *динамикой численности*.

Плотность – число особей или биомасса популяции, приходящаяся на единицу площади или для гидробионтов – на единицу объема. Её важно знать, так как роль любого вида в экосистеме в значительной мере зависит от плотности его популяций.

Половая структура (половой состав) – соотношение особей мужского и женского пола в популяции. Половая структура свойственна

только популяциям раздельнополых организмов. Теоретически соотношение полов должно быть одинаковым. Фактическое соотношение полов зависит от действия различных факторов среды, генетических и физиологических особенностей.

Различают первичное, вторичное и третичное соотношения.

Первичное – наблюдается при формировании половых клеток (гамет). Обычно оно равно 1:1 и обусловлено генетическим механизмом определения пола. *Вторичное* – наблюдается при рождении. *Третичное* – наблюдается у взрослых половозрелых особей.

Например, у человека во вторичном соотношении преобладают мальчики, в третичном – женщины. На 106 мальчиков рождается 100 девочек, к 16-18 годам, из-за повышенной мужской смертности, это соотношение выравнивается и к 50 годам составляет 85 мужчин на 100 женщин, а к 80 годам – 50 мужчин на 100 женщин.

В популяциях моченосцев соотношение полов зависит от рН среды. При рН=6,2 количество самцов в потомстве составляет 87-100%, а при рН=7,8 – от 0 до 15%.

У растений, в отличие от животных, половая дифференциация не имеет столь важного значения, так как, во-первых, у них велика значимость вегетативного размножения; во-вторых, для большинства видов свойственна либо двуполость (диморфизм) цветков, либо однодомность (полиморфизм).

Раздельнополые (двудомные) цветковые растения составляют не более 5% от общего числа современных видов (облепиха, тополь, бодяк полевой, щавель малый диморфизм).

Возрастная структура (возрастной состав) – соотношение в популяции особей разных возрастных групп. Определяется временем достижения половой зрелости, продолжительностью жизни, длительностью периода размножения, смертностью и др.

Возрастные состояния растений объединяют в 4 периода: покоя (семена), вегетативный (рост неплодоносящих растений), генеративный (плодоносящий) и сенильный (отмирающий).

Возрастная структура животных характеризуется количеством поколений – одно, два, или более. Или в зависимости от способности особей к размножению различают три группы: *предрепродуктивную* (особи не способны размножаться), *репродуктивную* (особи способны размножаться), *пострепродуктивную* (уже неспособны размножаться).

Возрастную структуру популяции выражают при помощи *возрастных пирамид* (рассмотрим на практике).

При благоприятных условиях в популяции присутствуют все возрастные группы, поддерживается более или менее стабильный возрастной состав. В быстрорастущих популяциях доминируют интенсивно размножающиеся молодые особи, а в сокращающихся –

старые, уже не способные интенсивно размножаться. Такие популяции малопродуктивны, недостаточно устойчивы.

Анализ возрастной и половой структуры популяции позволяет прогнозировать ее численность на ряд ближайших поколений, этим пользуются для оценки возможности промысла рыбы, в лесном хозяйстве, в охотничьих хозяйствах и прочих других ситуациях.

Генетическая структура – соотношение в популяции различных генотипов и аллелей. Совокупность генов всех особей популяции называют *генофондом*.

На популяции всегда действуют внешние и внутренние факторы, нарушающее генетическое равновесие. Длительное и направленное изменение генотипического состава популяции, ее генофонда называют *элементарным эволюционным явлением*. Без изменения генофонда популяции невозможен эволюционный процесс.

Факторы, изменяющие генетическую структуру популяции:

- мутации – источник возникновения новых аллелей;
- неравная жизнеспособность особей (особи подвергаются действию отбора);
- неслучайное скрещивание (например, при самооплодотворении частота гетерозигот постоянно падает);
- дрейф генов – изменение частоты аллелей случайные и независимые от действия отбора (например, вспышки заболеваний);
- миграции – отток имеющихся генов и (или) приток новых.

Пространственно-этологическая структура – характер распределения особей в пределах ареала. Она зависит от особенностей окружающей среды и этологии (особенностей поведения) вида.

Различают три основных типа распределения особей в пространстве: равномерное (регулярное), групповое (неравномерное, мозаичное), случайное (диффузное).

Равномерное - порождается стремлением особей к максимальной изоляции, характеризуется равным удалением каждой особи от всех соседних (распределение растений при гнездовом посеве, птиц в лесу, связанных с определенными размерами кормовых участков, хищников с территориальным инстинктом).

Групповое – проявляется в результате неоднородности среды (скопление животных в редко разбросанных убежищах, в редких порциях корма, например, жуков–навозников в лепешках навоза и т.п.), стремления особей сблизаться с себе подобными для улучшения условий существования (объединения хищников для облегчения охоты) или вследствие вегетативного размножения от одной особи (многие травы).

Случайное – осуществляется при отсутствии взаимодействия между особями. В природе такое распределение встречается редко и наблюдается в тех случаях, когда среда очень однородна, а организмы не стремятся объединиться в группы.

Групповое распределение преобладает у всех представителей живой природы. Второе место принадлежит равномерному распределению. Нередко оно сочетается с групповым (гнездовые колонии чаек, олушей и других птиц на побережье моря: несмотря на высокую плотность заселения, гнезда удалены друг от друга на равное расстояние, но достаточное для защиты от нападения самки из соседнего гнезда).

Знание типа распределения организмов важно при оценке плотности популяции методом выборки.

Характерной особенностью популяций животных является *система взаимоотношений между ее членами. По форме совместного существования животных выделяют одиночный образ жизни, семейный, колониями, стаями, стадами.*

Одиночный образ жизни проявляется в том, что особи в популяциях независимы и обособлены друг от друга. Характерны на определенных стадиях развития. Полностью одиночного существования в природе нет, так как было бы невозможно размножение (ежи, щуки, соболь, горностаи, божьи коровки).

Семейный – наблюдается в популяциях с усилением связей между родителями и потомством (львы, медведи, бобры и др.).

Колонии – групповые населения одного или нескольких видов, которые могут существовать длительное время (муравьи, пчелы, суслики, сурки) или создаваться на период размножения (птицы – гуси, гагары, чайки – птичьи базары). Общие функции колонии: защита от врагов (хищников), размножение, питание.

Стаи – временные объединения животных. Наиболее широко распространена стайность среди птиц и рыб (косяки), встречается у млекопитающих (у собачьих - волчьи стаи). Стаи могут быть с выраженной иерархией - волки, и с невыраженной – вороны, журавли. Стаи облегчают выполнение какой-либо функции жизни вида: добыча пищи, защита от врагов, миграции (волки, сельдь и др.).

Стадо – длительное или постоянное объединение животных одного вида, в котором выполняется все основные функции жизни: добывание корма, защита от врагов, миграции, размножение, воспитание молодняка и др. (олени, зебры и др.). Основу поведения в стадах составляет взаимоотношения доминирования. Характерно наличие временного или относительно постоянного лидера (вожака).

3. ДИНАМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОПУЛЯЦИИ

Динамические показатели популяции отражают процессы, протекающие в популяции за определенный промежуток времени. Основные из них: рождаемость, смертность, скорость роста популяции.

Рождаемость (скорость рождаемости) – число новых особей, появившихся в популяции за единицу времени.

Различают абсолютную и удельную (экологическую) рождаемость.

Абсолютная (общая) рождаемость – число особей (яиц, семян), родившихся (отложенных, продуцированных) за некоторый промежуток времени.

Удельная (экологическая) рождаемость – это отношение абсолютной (общей) рождаемости к исходной численности. Она зависит от интенсивности размножения особей: для бактерий – час, для насекомых – неделя или месяц, для крупных млекопитающих – год.

Смертность (скорость смертности) – число особей, погибших в популяции за определенный период (от хищников, болезней, старости и других причин).

Различают абсолютную и удельную (экологическую) смертность.

Абсолютная (общая) – число погибших в единицу времени.

Удельная (экологическая) смертность – отношение абсолютной (общей) смертности к исходной численности.

Скорость роста популяции – изменение численности популяции за единицу времени. Скорость роста может быть положительной, нулевой и отрицательной.

Она зависит от показателей рождаемости, смертности и миграции (вселения – *иммиграции* и выселения и выселения – *эмиграции*). Увеличения численности происходит в результате рождаемости иммиграции особей, уменьшение – в результате смертности и эмиграции особей.

Различают абсолютную (общую) и удельную (экологическую) скорость роста.

Абсолютная (общая) – изменение численности популяции за определенный промежуток времени.

Удельная (экологическая) – отношение скорости роста к исходной численности.

Удельная скорость роста особей популяции при отсутствии лимитирующих факторов называется *удельной (врожденной) скоростью роста популяции или биотическим потенциалом вида*. Величина биотического потенциала различна у разных видов. Например, самка козули способна произвести за жизнь 10-15 козлят, самка медоносной пчелы – 50 тыс. яиц, рыба-луна – до 3 млрд. икринок. Один одуванчик менее чем за 10 лет способен заселить своими потомками земной шар, если все семена прорастут.

Однако в природе, в связи с действием лимитирующих факторов, биотический потенциал популяции никогда не реализуется полностью. Его величина обычно равна разности между рождаемостью и смертностью в популяции.

Скорость роста может быть выражена в виде кривой роста популяции. Существуют 2 модели роста популяции: *экспоненциальная (J-образная) кривая*; *логистическая (S-образная) кривая* (рис. 7).

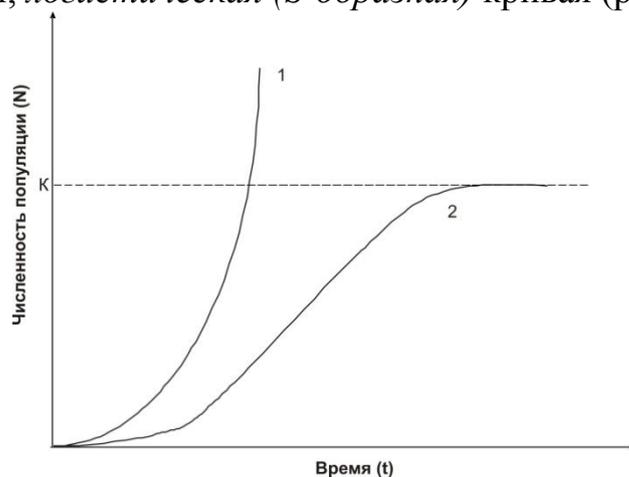


Рисунок 7 - Кривые роста численности популяций

1 – J-образная кривая; 2 – S-образная (логистическая) кривая; K – емкость среды

J – образная кривая отражает неограниченный *экспоненциальный* рост численности популяции, не зависящий от плотности. Такой тип возможен, когда биотический потенциал реализуется полностью. Это продолжается до тех пор, пока не начнут действовать механизмы конкуренции за ресурсы. Однако после превышения *емкости среды (предельной плотности насыщения, предельной численности)*, рост популяции внезапно прекращается.

Биологическая емкость среды – способность окружающей среды обеспечивает нормальную жизнедеятельность (дыхание, питание, размножение, отдых и т.п.) определенному числу организмов и их сообществ без заметного нарушения самого окружения.

S – образная (логистическая) кривая отражает *логистический* тип роста, зависит от плотности популяции, при котором увеличение популяции вначале происходит медленно, затем быстрее, но вскоре под влиянием сопротивления среды рост популяции начинает замедляться, вплоть до нуля при достижении предельной численности.

4. ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЖИЗНИ И ВЫЖИВАЕМОСТЬ. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ ВЫЖИВАЕМОСТИ

Продолжительность жизни – это длительность существования особи. Различают физиологическую, максимальную, среднюю продолжительность жизни.

Физиологическая (ФПЖ) – это продолжительность жизни, которая могла бы быть у особи, если бы в период всей жизни на нее не оказывали влияние лимитирующие факторы. Она зависит только от

физиологических (генетических) возможностей организма и возможна только теоретически.

Максимальная (МПЖ) – это продолжительность жизни, до которой может дожить лишь малая доля особей в реальных условиях среды. Эта величина варьирует в широких условиях: от нескольких минут у бактерий до нескольких тысячелетий у древесных растений (секвойя). Обычно, чем крупнее растение или животное, тем больше их продолжительность жизни, хотя бывают и исключения (летучие мыши доживают до 30 лет, это дольше, чем, например, жизнь медведя).

Средняя (СПЖ) – это среднее арифметическое продолжительности жизни всех особей популяции. Она значительно колеблется в зависимости от внешних условий, поэтому для сравнения продолжительности разных видов чаще используют генетически детерминированную МПЖ.

Таблица 2 - Продолжительность жизни у разных животных

Разные виды животных		Продолжительность жизни, лет
Млекопитающие:		
	Человек	70-80, редко 100
	Индийский слон	60
	Высшие обезьяны, лошади, бегемот	40-50
	Крупные и мелкие жвачные, собаки, ластоногие	12-20
Птицы		
	Крупные птицы (орлы, совы, журавли, попугаи)	40-70
	Мелкие певчие птицы	18-30
Амфибии		
	Лягушки и жабы	8-36
Рептилии		
	Гигантская черепаха	200
	Крокодилы и аллигаторы	50
Рыбы		
	Осетр	82
	Палтус	60
Низшие формы		
	Крупные морские губки	Возможно живут неопределенно долго

Выживаемость – абсолютное число особей (или процент от исходного числа особей), сохранившихся в популяции за определенный промежуток времени.

$$Z = n/N \cdot 100\%,$$

где Z- выживаемость, %; n – число выживших; N – исходная численность популяции.

Выживаемость зависит от ряда причин: возрастного и полового состава популяции, действия тех или иных факторов среды и др. Выживаемость можно выразит в виде таблиц и кривых выживания.

Таблицы выживания (демографические таблицы) и кривые выживания отражают, как по мере старения снижается численность особей одного возраста в популяции. По данным таблиц выживания строятся кривые выживания.

Различают три основных типа кривых выживания (рис. 8).

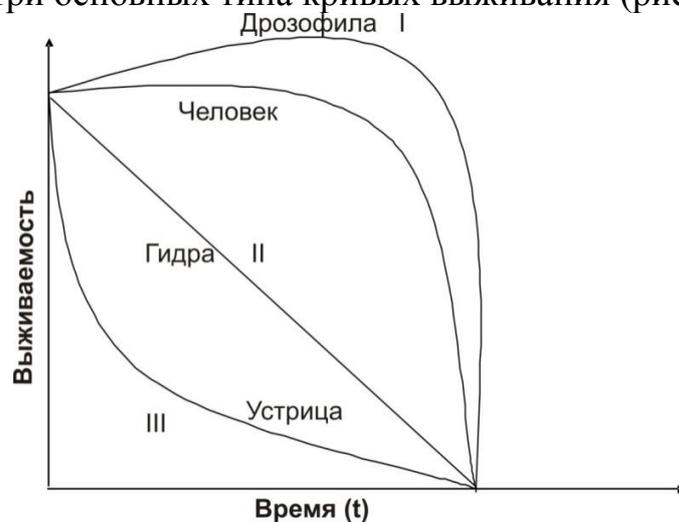


Рисунок 8 - Кривые выживания (по Ф. Дрѐ, 1976)

I – кривая дрозофилы; II – кривая гидры; III – кривая устрицы

Кривая 1-го типа (выпуклая кривая) свойственна организмам, смертность которых на протяжении всей жизни мала, но резко возрастает в ее конце (насекомые обычно гибнут после кладки яиц, однолетние с/х культуры, люди в развитых странах, некоторые крупные млекопитающие).

Кривая 2-го типа характерна для видов, у которых смертность остается примерно постоянной в течение всей жизни (птицы, мыши, пресмыкающиеся, многолетние травянистые растения).

Кривая 3-го типа (вогнутая кривая) – отражает массовую гибель особей в начальный период жизни (многие рыбы, беспозвоночные, растения и другие организмы, не заботящиеся о потомстве, и выживающие за счет огромного количества икринок, личинок, семян и т.п.).

Встречаются кривые, сочетающие черты основных типов. Например, у людей, живущих в отсталых странах и у некоторых крупных млекопитающих, кривая 1-го типа вначале имеет резкое падение в связи с большой смертностью сразу после рождения.

Комплекс свойств популяции, направленных на повышение вероятности выживания и оставление потомства называется **экологической стратегией выживания**. Это общая характеристика роста и размножения. Сюда входят темпы роста особей, время достижения половой зрелости, плодовитость, периодичность размножения и т.д.

Различают **три** основные типа стратегий выживания: виоленты, пациенты и эксплеренты. *Виоленты* (силовики) – подавляют всех

конкурентов, например, деревья образующие коренные леса. *Пациенты* – виды, способные выжить в неблагоприятных условиях (тенелюбивые, солелюбивые и т.п.). *Эксплеренты* (наполняющие) – виды, способные быстро появляться там, где нарушены коренные сообщества – на вырубках и гарях, на отмелях и т.д.

5. РЕГУЛЯЦИЯ ЧИСЛЕННОСТИ (ПЛОТНОСТИ) ПОПУЛЯЦИИ

Каждому виду присуща определенная оптимальная плотность популяции, отклонения от которой в обе стороны отрицательно сказывается на темпах воспроизводства и жизнедеятельности особей.

Поддержание определенной численности (плотности) в изменяющихся условиях среды называется *гомеостазом популяции*, а колебания численности популяции в пределах какой-то средней величины – их *динамическим равновесием*. Изменение численности зависит от абиотических, биотических и антропогенных факторов. Однако всегда можно выделить *ключевой* фактор, наиболее сильно влияющий на рождаемость, смертность, миграцию особей и т.д.

На рис. 9 представлена схема поддержания гомеостаза популяции животных, где ключевым регулирующим фактором является доступность пищевых ресурсов. При повышении плотности популяции усиливаются механизмы, снижающие ее плотность, и наоборот.



Рисунок 9 - Гомеостаз в популяции животных, регулируемый доступностью пищевых ресурсов (И.И. Дедю, 1989)

Факторы, регулирующие плотность популяции, делятся на зависимые и независимые от плотности. *Зависимые от плотности* факторы изменяются вместе с изменением плотности – биотические факторы. *Независимые от плотности* факторы остаются постоянными с изменением плотности, это абиотические факторы.

Популяции многих видов организмов способны к саморегуляции своей численности. Выделяют три механизма торможения роста численности.

1. При возрастании плотности повышается частота контактов между особями, что вызывает у них стрессовое состояние, уменьшающее рождаемость и повышающее смертность;

2. При возрастании плотности усиливается эмиграция в новые местообитания, краевые зоны, где условия менее благоприятны и смертность увеличивается;

3. При возрастании плотности происходит изменение генетического состава популяции, например, быстро размножающиеся особи заменяются медленно размножающимися.

В целях сохранения видов человек использует *различные способы регулирования численности популяции*: правильное ведение охотничьего хозяйства и промыслов (установление сроков и угодий охоты и отлова рыбы), запрещение охоты на некоторые виды животных, регулирование вырубки леса и др.

Вопросы

1. Что изучает демэкология? Что такое вид и ареал вида?
2. Что такое популяция и какими показателями она характеризуется?
3. Почему элементарной единицей эволюции является популяция?
4. Что отражают статистические показатели популяции?
5. Что отражают динамические показатели популяции?
6. Почему толерантность популяции к факторам среды значительно шире, чем у особи, и каково экологическое значение этого явления?
7. Каковы экологические причины, вызывающие экспоненциальный и логистический рост популяции?
8. Что такое «продолжительность жизни» и что отражают кривые выживания?
9. В чем суть экологической стратегии выживания?
10. Чем вызваны колебания численности популяции и как это соотносится с интродукцией организмов?

ЛЕКЦИЯ 5 – 6. ЭКОЛОГИЯ СООБЩЕСТВ И ЭКОСИСТЕМ (СИНЭКОЛОГИЯ)

Вопросы:

1. Понятие «сообщество».
2. Структурная организация сообществ.
3. Экологические системы.
 - 3.1 Структурная организация экосистемы.
 - 3.2 Энергия экосистемы.
 - 3.3 Экологические пирамиды.
 - 3.4 Продуктивность экосистем.
 - 3.5 Динамика (саморазвитие) экосистем.
 - 3.6 Классификация природных экосистем на ландшафтной основе.
4. Различия водных и наземных биоценозов.
5. Антропогенные экосистемы.
6. Лесная экосистема.

Синэкология (от греч. *syn*-вместе) - раздел экологии изучающий взаимоотношения популяций, сообществ и экосистем с окружающей средой. Синэкология была выделена на Международном ботаническом конгрессе (1910). Термин предложил швейцарский ботаник К. Шрётер (1902). Знание экологии сообществ позволяет не только поддерживать природные биоценозы, но и управлять производительностью полей, пастбищ и садов. Зная законы самовосстановления и саморазвития сообществ, можно ускорить залечивание ран, нанесенных природе сведением лесов или добычей полезных ископаемых.

1. ПОНЯТИЕ «СООБЩЕСТВО»

Взаимодействия на популяционном уровне отражаются на следующем более высоком уровне организации живого – на сообществе. *Под сообществом* понимают совокупность популяций разных видов, сосуществующих в пространстве и времени. Сообщество – общее понятие, прилагаемое к совокупности взаимодействующих живых существ любого ранга.

Определенная территория со свойственными ей абиотическими факторами среды обитания (*климат, почва*) называется *биотопом* (от греч. *bios* – жизнь и *topos* - место).

Наименьшей единицей, к которой может быть применен термин «сообщество» является биоценоз. Термин «биоценоз» предложен в 1877 г. немецким зоологом К. Мёбиусом.

Биоценоз (от гр. *bios* – жизнь и *koinos* – вместе) - это организованная группа популяций растений, животных, и микроорганизмов, приспособленных к совместному обитанию в одних и тех же условиях среды.

Растительный компонент биоценоза называют *фитоценозом*, животный – *зооценозом*, микробный – *микробиоценозом*. Ведущим компонентом в биоценозе является фитоценоз. Он определяет, каким будет зооценоз и микробиоценоз.

Биоценоз является частью общего природного комплекса биогеоценоза или экосистемы (рис. 10).

Термин биогеоценоз предложил в 1942 г. В.Н. Сукачев.

Биогеоценоз (от гр. *bios* - жизнь, *ge* - земля, *koinos* - вместе)- это однородный участок земной поверхности с определенным составом живых организмов (*биоценоз*) и определенными условиями среды обитания (*биотоп*), которые объединены обменом веществ и энергии в единый природный комплекс.

Пространство биогеоценоза определяется рамками фитоценоза, это только природные образования, границы которого можно даже нанести на карту.

Во многих странах мира такие природные комплексы называют *экологическими системами (экосистемами)*. Термин экосистема был предложен в 1935 г. английским ботаником А. Тенсли.

Экосистема (от гр. *oikos* – дом, родина и *sustema* – целое, составленное из частей, соединение) – это любой природный комплекс, образованный совокупностью живых организмов (*биоценоз*) и средой их обитания (*биотоп*), функционирующих как единое целое за счет обмена веществом, энергией и информацией.

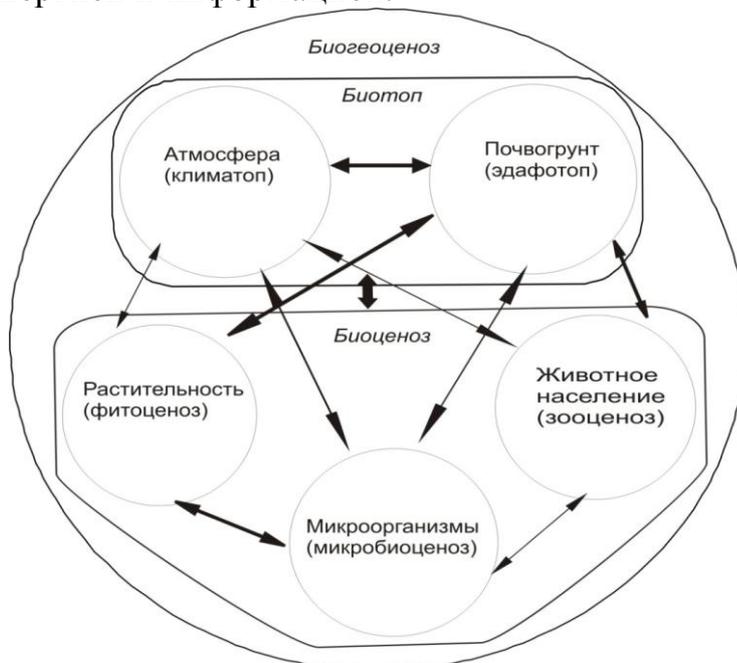


Рисунок 10 - Структура биогеоценоза (по В.Н. Сукачеву)

Биогеоценоз и экосистема – понятия сходные, но не тождественные.

Биогеоценоз – понятие территориальное, относящееся к участкам суши, которые заняты фитоценозами. Понятие «экосистема» не имеет ранга и размерности, поэтому оно применимо как к простым (муравейник, гниющий пень) и искусственным (аквариум, водохранилище, парк), так и к сложным естественным комплексам организмов с их средой обитания. Понятие экосистема полностью охватывает понятие биогеоценоз. Биогеоценоз - это экосистема в границах фитоценоза. Каждый биогеоценоз - это экосистема, но не каждая экосистема – биогеоценоз. Экосистемой являются, например, горшок с цветком, участок леса в целом, кабина космического корабля, ландшафт и даже вся биосфера.

В современной экологической литературе применяется термин «экосистема». Он краткий и международный.

Четкие границы между сообществами встречаются редко. Обычно они переходят постепенно один в другой. В результате образуется довольно обширная *пограничная (переходная) зона - экотон* со своими особенностями, в ней как бы переплетаются условия соседствующих сообществ. В *экотоне* произрастают растения, характерные для соседствующих сообществ и свои характерные виды. Обилие их привлекает сюда разнообразных животных.

Контрастность среды, а потому большое обилие экологических возможностей порождает в переходной зоне «сгущение жизни». Тенденция к увеличению видового разнообразия в переходной зоне называют правилом краевого (пограничного) эффекта или *правилом экотона*. Например, опушка леса – богаче и пышнее растительность, гнездится больше птиц, больше насекомых и т.п., чем в глубине леса. Поэтому сельскохозяйственные угодья (поля с посевами насекомоопыляемых культур) должны планироваться или перемежаться лесочками.

2. СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ СООБЩЕСТВ

Различают видовую, пространственную и экологическую структуры биоценоза (сообщества).

Видовая структура - разнообразие представленных в нем видов и соотношение их численности или массы.

Каждое конкретное сообщество характеризуется строго определенным видовым составом. Встречаются бедные и богатые видами биоценозы. Видовое разнообразие зависит от:

- возраста сообщества (молодые сообщества беднее, чем зрелые);
- условий среды (резко обедненные сообщества высоких широт, пустынь и высокогорий, богатые сообщества тропических лесов, коралловые рифы т.п.).

Согласно Конвенции о биологическом разнообразии, принятой на конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992), под биоразнообразием понимается разнообразие в рамках видов, между видами и разнообразие экосистем.

Многообразие видов в сообществах является одним из важнейших условий его стабильности, т.к. в случае большого разнообразия гибель отдельных видов не приведет к резкому изменению биотического равновесия.

Для оценки роли отдельного вида в видовой структуре используют разные показатели, основанные на количественном учете.

Обилие вида – это количество особей данного вида на единицу площади или объема занимаемого пространства. Например, число птиц, гнездящихся на 1 км² степного участка, или число окуней в 1 м³ воды в водоеме и т.д. Обилие вида как показатель изменяется во времени (сезонные, годовые и случайные колебания численности) и в пространстве (от одного сообщества к другому). Точно определить обилие видов бывает не всегда легко. В связи с этим на практике ограничиваются применением менее точной 5 - балльной шкалой Хульта: 5 – очень обильно, 4 – обильно, 3 – не обильно, 2 – мало, 1 – очень мало.

При учете животных различают разовое обилие и среднее для всего пространства за определенный период (сезон, месяц, год). Причем в данных исследованиях обилие часто называется плотностью населения.

Встречаемость (частота встречаемости) характеризует равномерность или неравномерность распределения вида в сообществе.

Рассчитывается как процентное соотношение числа проб и учетных площадок (выборок), где встречается вид, к общему числу таких проб или площадок (выборок). Обычно на исследуемой площади намечается до 50 мелких проб или площадок (выборок).

$$C = \frac{p \cdot 100}{P} \%,$$

где p – число выборок, содержащих изучаемый вид,

P – общее число взятых выборок.

Если вид встречается менее чем на 25% выборок – он *случайный*, более чем на 50% - *постоянный* вид (встречаемость его высокая), в 25-50% выборок – *добавочный* вид.

Доминирование (относительное обилие) представляет собой отношение числа особей данного вида к общему числу особей всех видов, выраженное в процентах. Оно характеризует преобладание одного вида над другими. Так, если из 200 птиц, зарегистрированных на данной территории, 100 составляют зяблики, степень доминирования этого вида птиц составит 50%.

Покрываемость – площадь, покрываемая надземными частями того или иного вида растения в сообществе. Различают *истинное покрытие* (процент площади, занятой основаниями побегов растений) и *проективное*

(процент площади, покрываемой верхними частями растений). В травостоях эти показатели обычно определяются при помощи специальных приборов, в лесоводстве – полнотой древостоя, покрытием стволами (сумма поперечного сечения всех стволов данного вида на уровне груди человека от поверхности земли), кронами или сомкнутостью крон (отношение поверхности почвы, затененной кронами деревьев, ко всей поверхности почвы пробной площади).

Биомасса – это общая масса особей одного вида, группы видов или сообщества в целом, приходящаяся на единицу поверхности или объема местообитания. Выражается она в массе сырого или сухого вещества, а также углерода или азота (грамм на м² или м³). Биомасса растений носит название фитомассы, животных – зоомассы. По биомассе отдельных компонентов судят о количественных соотношениях масс организмов.

Прирост биомассы организмов вида или всего сообщества за определенный период называется *продукцией*.

Для сравнения биотических сообществ рассчитывается *индекс сходства*, используя формулу Жаккара:

$$K = \frac{C \cdot 100}{(A + B) - C} \%,$$

где А – число данной группы в первом сообществе;

В – число данной группы во втором сообществе;

С – число видов, общих для обоих сообществ.

Индекс выражается в процентах сходства.

Среди видов образующих сообщество выделяют:

- *доминантные* – преобладающие по численности, массе и развитию, т.е. господствуют в сообществе. Наземные сообщества, как правило, носят название по доминирующим видам (березовый лес, степь, сфагновое болото);

- *эдификаторы* – доминирующие виды, которые своей жизнедеятельностью создают среду обитания для всего сообщества (микроклимат)- это строители сообщества, как правило, это растения. Например, в еловом лесу – ель формирует густые сильно затененные леса, под пологом которых могут расти только тенелюбивые при повышении влажности, образующие кислые почвы. В степи – ковыль, типчак; в смешанном лесу- ель, береза, осина;

- *кодоминанты* – вторые по значению после доминанта виды (еловый лес – пихта или береза);

- *субдоминанты* – виды, которые находятся в зависимости (под пологом) доминанта (кустарники, травы, мхи).

Виды, которые живут за счет доминантов, называют *предоминантами*. Например, в дубовом лесу ими являются кормящиеся на дубе насекомые, сойки, мышевидные грызуны.

Все виды, слагающие сообщество, в определенной степени связаны с доминирующими видами и эдификаторами. В результате внутри сообщества формируются группировки (комплексы популяций) – *консорции*, которые зависят от растений эдификаторов, либо от других элементов сообщества.

Консорция – это совокупность популяций организмов, жизнедеятельность которых в пределах одного биоценоза трофически или топически связана с центральным видом – автотрофным растением. Обычно в роли центрального вида выступает эдификатор. Например, дуб и связанные с ним организмы (вредители, паразиты, мутуалисты и др.).

Типы связей между организмами. Живые организмы в сообществах определенным образом связаны друг с другом. Различают следующие типы связей между видами: (В.Н. Беклемешев, 1970): трофические, топические, форические, фабрические.

Наиболее важным являются трофические и топические связи, т.к. именно они удерживают организмы разных видов друг возле друга, объединяя их в сообщества.

Трофические связи – наблюдаются, когда один вид питается другими, либо их мертвыми остатками, либо продуктами их жизнедеятельности.

Топические связи – любое физическое или химическое изменение условий обитания одного вида в результате жизнедеятельности другого. Например, для лишайника ствол дерева является средой обитания. Плотины, построенные бобрами, изменяют гидрологические свойства рек и ручьев, что ведет к изменению растительности. Формируется комплекс водных и околоводных сообществ.

Лес – под его пологом подлесок, надпочвенный покров, живые организмы находятся в условиях более выровненных температур, более высокой влажности воздуха и т.д.

Форические связи – участие одного вида в распространении другого. Перенос животными, птицами семян, спор, пыльцы растений называют *зоохорией* или *орнитохорией* (рябина, черемуха). Перенос животными других, более мелких животных называется *форезией* (пчелы переносят некоторые виды клещей (варатоз)).

Фабрические – использование для своих сооружений продуктов выделения, мертвых остатков или даже живых особей другого вида. Птицы для постройки гнезд используют ветви деревьев, листья, траву, шерсть, пух, перья и т.д. Муравьи для постройки муравейников используют опад хвойных деревьев. Некоторые тропические древесные лягушки сворачивают крупные листья в виде воронки, в которой накапливается дождевая вода, куда откладывается икра.

Пространственная структура – распределение организмов разных видов в пространстве (по вертикали и по горизонтали). Пространственная структура образуется, прежде всего, растительной частью сообщества. В пространственной структуре различают *ярусность* и *мозаичность*.

Ярусность – это явление вертикального расслоения сообщества на разновысокие структурные части. Наиболее четко выражена ярусность в растительных сообществах (фитоценозах). Благодаря ярусности различные растения, особенно их органы питания (листья, окончания корней) располагаются на разной высоте (или глубине), что позволяет листьям максимально использовать энергию солнца, а корням элементы минерального питания и поэтому легко уживаться в сообществе. Это способствует увеличению числа организмов на единице площади, значительному ослаблению конкуренции между ними, более полному и разностороннему использованию условий среды.

Фитоценоз приобретает ярусный характер при наличии в нем растений, различных по высоте. Например, в лесу выделяют до 6 ярусов:

- 1 ярус - деревья первой величины (ель, сосна, дуб, береза, осина, липа);
- 2 ярус - деревья второй величины (рябина, черемуха);
- 3 ярус - подлесок из кустарников (лещина, шиповник, жимолость);
- 4 ярус - подлесок из высоких кустарничков и крупных трав (голубика, иван-чай, вереск, багульник, чистец лесной);
- 5 ярус - низкие кустарнички и мелкие травы (клюква, кислица, сныть);
- 6 ярус – низкие приземистые травянистые растения (копытень), мхи, напочвенные лишайники.

В агрофитоценозе обычно выделяют 3 яруса: первый – верхний (выше культурных растений); второй – средний (не выше культурных растений); третий – нижний (сорняки, которые не скашиваются при уборке).

Так же ярусно располагаются и подземные части растений. Корни деревьев проникают, как правило, на большую глубину, чем у кустарников. Ближе к поверхности располагаются корни травянистых растений, а непосредственно на ней – ризоиды мхов. При этом в поверхностных слоях почвы корней значительно больше, чем в глубинных.

В соответствии с ярусностью животные так же обитают в том или ином ярусе. В почвенном ярусе леса, заполненной корнями растений, обитают бактерии, грибы, насекомые. Клещи, черви. В лесной подстилке среди разлагающихся растительных остатков живут насекомые клещи, пауки, микроорганизмы. Более высокие ярусы – травостой, подлесок занимают растительноядные насекомые, птицы, млекопитающие и другие животные. При этом даже птицы, свободно передвигающиеся,

обычно поддерживаются строго определенного яруса. Особенно ярко это проявляется в гнездовый период.

Имеется также соответствующее количество межъярусных растений – водоросли, лишайники на стволах, ветвях, типичные эпифиты, лианы, паразиты, а так же животные, свободно переходящие из одного яруса в другой.

Помимо ярусности в пространственной структуре биоценоза наблюдается *мозаичность* - изменение растительности и животного мира по горизонтали (по площади). Она образуется потому, что растения, распределяясь неравномерно, создают то большие, то меньшие скопления (сгущения) и придают тем самым растительному покрову своеобразный мозаичный характер.

Обусловлена мозаичность неоднородностью микрорельефа почв, разнообразием видов, биологическими и средобразующими особенностями растений, деятельностью человека (выборочная рубка) или животных (вытаптывание и стравливание травостоя, вывалы).

В зависимости от видового состава в горизонтальной дифференциации (мозаичности) выделяются: парцеллы, синузии, ассоциации, формации, тип растительности.

Парцелла – часть сообщества, т.к. на правах участников обмена веществ и энергии в нее входят растения, животные, микроорганизмы, почва, атмосфера. Парцеллу выделяют (ограничивают) по ведущему элементу растительности. Например, участки широколиственных деревьев в хвойном лесу, группы кустарников на лугу, парцелла оврага.

Синузия – совокупность видов растений одной или близких жизненных форм (синузия сосны, брусники, лишайников, мхов на стволах).

Ассоциация – состоит из доминанта (преобладающий в данном сообществе вид) и кодоминанта (второй по численности вид растений 2-го яруса в лесу или сорные растения). Названия указываются по доминанту и кодоминанту (еловый лес с пихтой, рожь, засоренная васильками).

Формация – объединение ассоциаций по нескольким доминантам, принадлежащим к одному и тому же роду или биологической группе (хвойный лес, злаковые луга, посевы озимых)

Тип растительности – самая крупная структурная единица (древесный, травянистый, водный), объединение происходит по общим биологическим и экологическим особенностям с учетом характера получаемой продукции (технические, кормовые, зерновые) или цели культивирования (почвозащитные, санитарные, декоративные).

Экологическая структура – соотношение организмов разных экологических групп, выполняющих в сообществе в каждой экологической нише определенные функции.

Каждое сообщество складывается из определенных экологических групп организмов. Например, в сухих условиях доминируют склерофиты и суккуленты; на увлажненных – гигрофиты. Экологическую структуру также отражает соотношение групп организмов, объединяемых сходным типом питания. Так, в лесах преобладают сапрофаги, в степных и полупустынных зонах – фитофаги, в глубинах Мирового океана – хищники и детритофаги.

Наиболее ярко различия в экологической структуре проявляются при сравнении сообществ в сходных биотопах разных регионов. Например, куница в европейской и соболь в азиатской тайге, дикие лошади и куланы в степях Азии, антилопы в саваннах Африки и бизоны в прериях Америки занимают сходные экологические ниши и выполняют одни и те же функции, хотя не являются родственными видами. Такие виды называются *замещающими* или *викарирующими*.

3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Экосистема является частью земной или водной поверхности, однородной по топографическим, микроклиматическим, почвенным, гидрологическим и биологическим условиям. Она является относительно устойчивой во времени и термодинамически открытой. Имеет вход и выход энергии и биогенных веществ в атмосферу.

Экосистемы сложились в процессе длительной эволюции, они являются слаженными, устойчивыми механизмами, способными путем саморегулирования противостоять как изменениям в среде, так и изменениям в численности организмов.

3.1 Структурная организация экосистемы

Структурную организацию экосистемы можно рассмотреть с трофической и биологической точек зрения.

С точки зрения трофической структуры экосистему можно разделить на два яруса - автотрофный и гетеротрофный (по Ю. Одуму, 1986).

1. *Верхний автотрофный ярус*, или «зеленый пояс», включающий растения или их части, содержащие хлорофилл, где преобладают фиксация энергии света, использование простых неорганических соединений и накопление сложных органических соединений.

2. *Нижний гетеротрофный ярус*, или «коричневый пояс» почв и осадков, разлагающихся веществ, корней и т.д., в котором преобладают использование, трансформация и разложение сложных органических соединений.

С биологической точки зрения в составе экосистемы удобно выделить следующие компоненты (по Ю. Одуму, 1986):

1. *Неорганические вещества* (CO_2 , H_2O , O_2 , минеральные соли и др.), включающиеся в круговороты.

2. *Органические вещества* (белки, углеводы, липиды, гумусовые вещества и др.), связывающие биотическую и абиотическую части.

3. *Воздушная водная и субстратная среда*, включающая абиотические факторы.

4. *Продуценты* - автотрофные организмы, способные производить органические вещества из неорганических, используя фотосинтез или хемосинтез (растения и автотрофные бактерии).

5. *Консументы* (макроконсументы, фаготрофы)- гетеротрофные организмы, потребляющие органическое вещество продуцентов или других консументов (животные, гетеротрофные растения, некоторые микроорганизмы). Консументы бывают первого порядка (фитофаги, сапрофаги), второго порядка (зоофаги, некрофаги) и т.д.

6. *Редуценты* (микроконсументы, деструкторы, сапротрофы, осмотрофы)- гетеротрофные организмы, питающиеся органическими остатками и разлагающие их до минеральных веществ (сапротрофные бактерии и грибы).

Следует учитывать, что и продуценты, и консументы частично выполняют функции редуцентов, выделяя в окружающую среду минеральные вещества - продукты их метаболизма.

Таким образом, в любой экосистеме можно выделить три функциональные группы организмов: продуцентов, консументов, редуцентов. В экосистеме, образованных только микроорганизмами, консументы отсутствуют. В каждую группу входит множество популяций, населяющих экосистему.

В экосистеме пищевые и энергетические связи идут в направлении: продуценты→ консументы→ редуценты.

3.2 Энергия экосистемы

Все взаимодействия компонентов экосистемы основаны на обмене веществом и энергией между ними. Основным источником энергии в экосистемах Земли служит Солнце. На Земле энергия солнечного излучения включается в биологический круговорот только через фотосинтез, осуществляемый автотрофными организмами. В процессе фотосинтеза автотрофные растения создают сложные органические соединения (углеводы, белки, жиры и др.). Эти вещества богаты энергией и способны к различным химическим превращениям, как в самих растениях, так и в телах различных гетеротрофов, использующих энергию растительных материалов в процессе питания на свои жизненные функции. Таким образом, жизнь на Земле существует за счет солнечной энергии, которая через растения как бы передается всем организмам. Живые организмы, являясь преобразователями энергии, создают пищевую или трофическую цепь.

Цепь питания – последовательность организмов, по которой передается энергия, заключенная в пище, от ее первоначального источника. Каждое звено цепи называется трофическим уровнем. Первый трофический уровень – продуценты (автотрофные организмы, преимущественно зеленые растения). Второй трофический уровень – консументы первого порядка (растительные животные). Третий трофический уровень – консументы второго порядка (первичные хищники, питающиеся растительноядными животными). Четвертый трофический уровень – консументы третьего порядка (вторичные хищники, питающиеся плотоядными животными). В пищевой цепи редко бывают больше 4-5 трофических уровней. Последний трофический уровень – редуценты (сапротрофные бактерии и грибы). Они осуществляют минерализацию – превращение органических остатков в неорганические вещества.

Различают два типа пищевых цепей. Цепи *выедания* (или пастбищные) – пищевые цепи, начинающиеся с живых фотосинтезирующих организмов. Например, нектар – муха – паук – мухоловка – ястреб. Цепи *разложения* (или детритные) – пищевые цепи, начинающиеся с отмерших остатков растений, трупов и экскрементов животных. Например, листовая подстилка → дождевой червь → дрозд → ястреб.

Цепи выедания преобладают в водных экосистемах, цепи разложения – в экосистемах суши.

Таким образом, поток энергии, проходящий через экосистему, разбивается как бы на два основных направления (рис. 11) (по двум видам трофических цепей). Конечный итог: рассеивание и потеря энергии, которая, чтобы существовала жизнь, должна возобновляться.

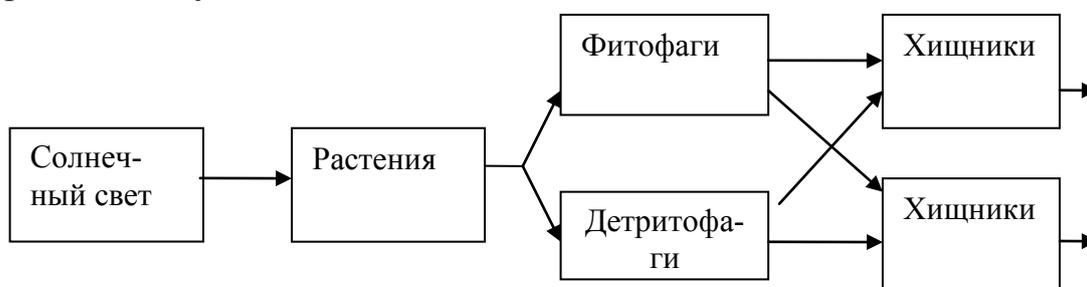


Рисунок 11 - Y-образная модель потока энергии, показывающая связь между пастбищной и детритной пищевыми цепями (Ю. Одум, 1986)

Реальные пищевые связи намного сложнее, т.к. животное может питаться организмами разных типов из одной и той же пищевой цепи или из разных пищевых цепей, что характерно для хищников (консументов высших трофических уровней). Нередко животные питаются как растениями, так и другими животными (всеядные животные – бурый медведь, человек). Таким образом, все типы пищевых цепей не изолированы, а тесно переплетены, образуя единую *пищевую (трофическую) сеть*.

Благодаря сложности пищевых связей выпадение какого-то одного вида часто не нарушает равновесие в экосистеме.

3.3 Экологические пирамиды

В экосистеме при передаче энергии с одного трофического уровня на другой большая часть энергии рассеивается в виде тепла (в соответствии со вторым законом термодинамики), и только около 10% от первоначального количества передается по пищевой цепи.

В результате, пищевые цепи можно представить графически в виде экологических пирамид. Пирамиды строятся в виде прямоугольников одинаковой ширины, но длина прямоугольников - пропорциональна значению измеряемого объема. Основанием пирамиды служит уровень продуцентов, а последующие уровни питания образуют этажи и вершину пирамиды. Высота пирамиды пропорциональна длине пищевой цепи, т.е. числу содержащихся в ней трофических уровней.

По правилу пирамиды происходит снижение всех показателей с повышением трофического уровня живых организмов. В типичных пищевых цепях хищников плотоядные животные становятся крупнее на каждом трофическом уровне.

Различают 3 типа пирамид: чисел (пирамида Элтона), биомасс, энергии (продукции).

Пирамида чисел (пирамида Элтона) отражает уменьшение численности организмов от продуцентов к консументам.

Пирамида биомасс показывает изменение биомасс на каждом следующем трофическом уровне.

Пирамида энергии (продукции) - отражает уменьшение количества энергии, содержащейся в продукции, создаваемой на каждом следующем трофическом уровне.

По строению пирамиды чисел и биомасс могут быть прямыми и перевернутыми. Например, перевернутые - цепь паразитов: растения→ грибы→ дробянка, питающиеся органическими веществами других организмов; водная экосистема: фитопланктон→ зоопланктон→ рыба мелкая→ рыба крупная→ акула.

Пирамида энергий никогда не бывает «перевернутой»: следующий трофический уровень может пропустить через себя в среднем не более 10% энергии (закон пирамиды энергий или правило 10%).

Продукция на каждом последующем трофическом уровне составляет около 10% предыдущей (хотя на уровне хищников может быть выше около 20%). В результате, чем длиннее пищевая цепь, тем меньше остается к ее концу накопленной в органическом веществе энергии. Поэтому число трофических уровней никогда не бывает слишком большим.

Одним из наиболее удачных и наглядных примеров классических экологических пирамид служат пирамиды, изображенные на рисунке 11. Они иллюстрируют условный биоценоз, предложенный Ю. Одумом «Биоценоз состоит из мальчика, питающегося телятиной и телят, которые едят исключительно люцерну» (рис. 12).

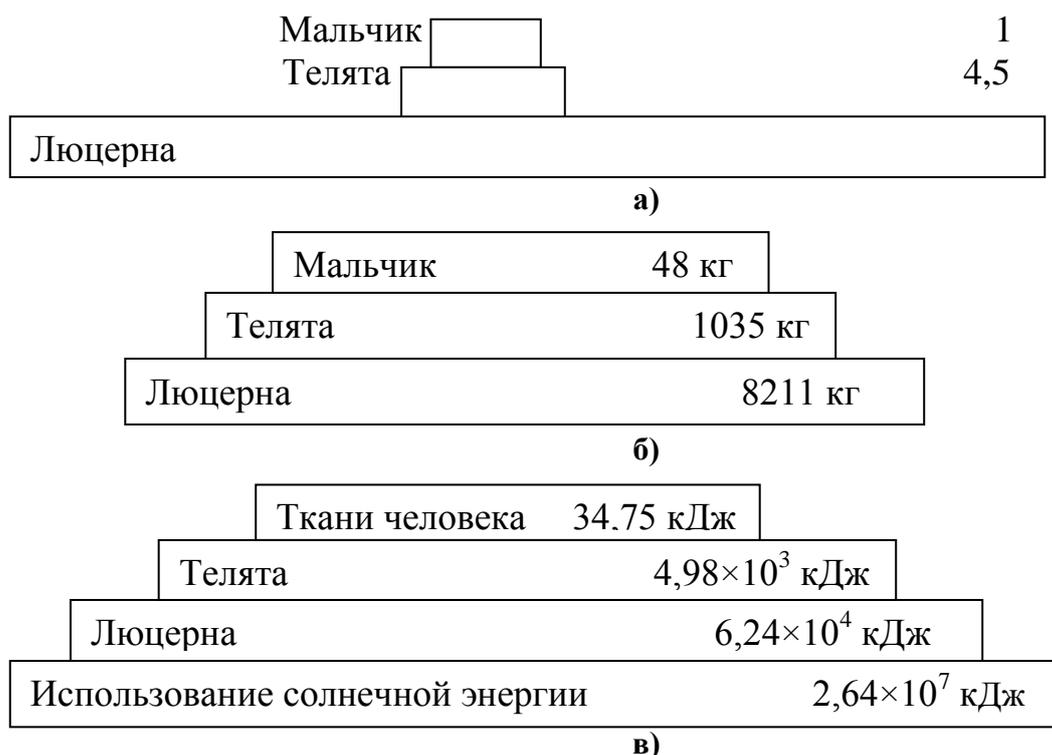


Рисунок 12 - Пирамида чисел (а), биомасс (б) и энергии (в), представляющие упрощенную экосистему: люцерна – телята – мальчик 12 лет (по Ю. Одуму, 1959)

Пирамида чисел (а) показывает, что если бы мальчик питался в течение одного года только телятиной, то для этого ему потребовалось бы 4,5 теленка, а для пропитания телят необходимо засеять поле в 4 га люцерной, что составит 2×10^{10} растений. В пирамиде биомасс (б) число особей заменено их биомассой. В пирамиде энергии (в) учтена солнечная энергия. Люцерна использует 0,24% солнечной энергии. Для накопления продукции телятами в течение года используется 8% энергии, аккумулированной люцерной. На развитие и рост ребенка в течение года используется 0,7% энергии, аккумулированной телятами. В результате чуть более одной миллионной доли солнечной энергии, падающей на поле в 4 га, используется для пропитания ребенка в течение одного года.

3.4 Продуктивность экосистем

Биологическая продукция (продуктивность) – общее количество органического вещества, производимое за единицу времени на единицу площади.

Различают первичную и вторичную продукцию сообщества.

Первичная продукция – биомасса, созданная за единицу времени продуцентов. Она делится на валовую и чистую. *Валовая* первичная продукция (общая ассимиляция) – это общая биомасса, созданная растениями в ходе фотосинтеза. Часть ее расходуется на поддержание жизнедеятельности растений – траты на дыхание (40-70%). *Чистую первичную продукцию* (чистая ассимиляция) – это скорость накопления создаваемого

го органического вещества сверх того, которое затрачено на дыхание. Она в дальнейшем используется консументами и редуцентами, или накапливается в экосистеме.

Вторичная продукция - биомасса, созданная за единицу времени консументами. Она различна для каждого следующего трофического уровня.

Таблица 2 - Биомасса разных типов экосистем (Н. Ф. Реймерс, 1990)

Тип экосистем	Площадь, в 10 ⁶ км	Биомасса растений, кг/м ²		Мировая величина	
		колебания	в среднем	биомасса растений, в 10 ⁹ т	биомасса животных, в 10 ⁶ т
Влажные тропические леса	17,0	6-80	45	765	330
Тропические сезонно-зеленые леса	7,5	6-80	35	260	90
Вечнозеленые леса умеренного пояса	5,0		6-200	175	50
Листопадные леса умеренного пояса	7,0	6-60	30	200	110
Тайга	12,0	6-40	20	240	57
Лесо-кустарниковые сообщества	8,5	2-20	6	50	40
Саванна	15,0	0,2-15	4	60	220
Лугостепь	9,0	0,2-5	1,6	14	60
Тундра и высокогорье	8,0	0,1	0,6	5	35
Пустыни и полупустыни	18,0	0,1-4	0,7	13	8
Сухие пустыни, скалы, ледники и т.п.	24,0	0-0,2	0,02	0,5	0,02
Культивируемые земли	14,0	0,4-12	1	14	6
Болота и марши	2,0	3-50	15	30	20
Озера и водотоки	2,0	0,01	0,02	0,05	10
<i>Материковые экосистемы в целом</i>	<i>149</i>	-	<i>12,3</i>	<i>1837</i>	<i>1005</i>
Открытый океан	332,0	0-0,005	0,003	1,0	800
Зоны апвеллинга	0,4	0,005-0,1	0,02	0,008	4
Континентальный шельф	26,6	0,001-0,04	0,01	0,27	160
Заросли водорослей и рифы	0,6	0,04-4	2	1,2	12
Эстуарии	1,4	0,01-6	1	1,4	21
<i>Морские экосистемы в целом</i>	<i>361</i>	-	<i>0,01</i>	<i>3,9</i>	<i>997</i>
Общая биомасса Земли	510	-	3,6	1841	2002

Теоретически скорость создания первичной биологической продукции определяется возможностями фотосинтетического аппарата растений. Известно, что каждую минуту на 1 см² земной атмосферы поступает 2 калории солнечной энергии (солнечная постоянная или констан-

та). Растения используют лишь 21-46% солнечной энергии получаемой земной поверхностью. Максимально допустимый в природе к.п.д. фотосинтеза 10-12% энергии ФАР. В целом же по земному шару усвоение растениями солнечной энергии не превышает 0,1% из-за ограничения фотосинтетической активности растений различными факторами (недостаток тепла, влаги, неблагоприятные свойства почвы и т.д.).

Для большинства типов растительного покрова к.п.д. поглощенной ФАР в среднем составляет 1-2%. Пустынные кустарники имеют к.п.д. 0,03%; травянистые альпийские растения – 0,15-0,75%. Наиболее высокий к.п.д. у лесных экосистем – 2-4%. Средний к.п.д. для территории России – 0,8%, на европейской части он составляет 1,0-1,2%, в восточных районах – 0,4-0,8% .

Таблица 3 - Первичная биологическая продукция основных экосистем земного шара (Н. Ф. Реймерс, 1990)

Тип экосистем	Площадь, в 10 ⁶ км	Чистая первичная продукция, кг/м ² в год		Общая чистая продукция, 10 ⁹ т/год
		крайние значения	в среднем	
Влажные тропические леса	17,0	1-3,5	2,2	37,4
Тропические сезонные леса	7,5	1-2,5	1,6	12,0
Вечнозеленые леса умеренного пояса	5,0	0,6-2,5	1,3	6,5
Листопадные леса умеренного пояса	7,0	0,6-2,5	1,2	8,4
Тайга	12,0	0,4-2,0	0,8	9,6
Лесо-кустарниковые сообщества	8,5	0,25-1,2	0,7	6,0
Саванна	15,0	0,2-2,0	0,9	13,5
Лугостепь	9,0	0,2-1,5	0,6	5,4
Тундра и высокогорья	8,0	0,01-0,4	0,14	1,1
Пустыни и полупустыни	18,0	0,01-0,25	0,09	1,6
Сухие пустыни, скалы, ледники и т.п.	24,0	0-0,01	0,003	0,07
Культивируемые земли	14,0	0,1-3,5	0,65	9,1
Болота и марши	2,0	0,8-3,5	2,0	4,0
Озера и водотоки	2,0	0,1-1,5	0,25	0,5
<i>Материковые экосистемы в целом</i>	<i>149,0</i>	<i>0-3,5</i>	<i>0,773</i>	<i>115,0</i>
Открытый океан	332,0	2-0,4	0,125	41,5
Зоны апвеллинга	0,4	0,4-1,0	0,5	0,2
Континентальный шельф	26,6	0,2-0,6	0,36	9,6
Заросли водорослей и рифы	0,6	0,5-4,0	2,5	1,6
Эстуарии	1,4	0,2-3,5	1,5	2,1
<i>Морские экосистемы в целом</i>	<i>361</i>	<i>0,002-4,0</i>	<i>0,152</i>	<i>55,0</i>
Средняя и общая продуктивность биосферы*	510,0	0-4,0	0,333	170,0
* Продуктивность организмов литобиосферы неизвестна, организмов аэробииосферы – ничтожно мала				

Среднее значение первичной продукции по земному шару составляет 3 т/га. Максимальные количества сосредоточены в вечнозеленых тропических дождевых лесах (более 500 т/га), самое низкое – в пустыне (7 т/га) и тундре (6 т/га). Морские растения ежегодно фотосинтезируют до $3,0 \times 10^{10}$ т органических веществ, а наземные – $5,3 \times 10^{10}$ т. В целом на планете каждый год путем фотосинтеза создается до $8,3 \times 10^{10}$ т органических веществ. Из $5,3 \times 10^{10}$ т, производимых на суше, на долю лесов приходится $2,84 \times 10^{10}$ т, остальное синтезируется травянистой и культивируемой растительностью.

Если в экосистеме скорость прироста растений (образования первичной продукции) выше темпов переработки ее консументами и редуцентами, то это ведет к увеличению биомассы продуцентов. Если при этом присутствует недостаточная утилизация продуктов опада в цепях разложения, то происходит накопление мертвого органического вещества. Это ведет к заторфовыванию болот, зарастанию мелких водоемов, образованию мощной лесной подстилки и т. п. В стабильных экосистемах биомасса остается постоянной, так как практически вся продукция расходуется в цепях питания.

По продуктивности сообщества делят на 4 класса:

1. Сообщества *высшей* продуктивности 2-3 кг/м²/год. Это тропические леса, посеы риса и сахарного тростника, заросли тростников в дельтах Волги, Дона;

2. Сообщества *высокой* продуктивности 1-2 кг/м²/год. В этот класс включены листопадные леса умеренной зоны, луга при применении удобрений, посеы кукурузы;

3. Сообщества *умеренной* продуктивности, 0, 25-1 кг/м²год. К этому классу относят посеы основной массы возделываемых с/х культур, сосновые и березовые леса, сенокосные луга, степи;

4. Сообщества *низкой* продуктивности, ниже 0,25 кг/м²/год - пустыни, полупустыни, тундра.

Питание людей большей частью обеспечивает сообщества умеренной продуктивности, (сообществами из сельскохозяйственных культур). Годовой прирост культурных растений равен примерно 16% от всей продуктивности суши. В антропогенный канал, образуемый людьми и животными, поступает примерно 1/4 (примерно 9 млрд. т. продуктов с.-х. производства). Около 90% заключенной в этих продуктах энергии обеспечивается растениеводческой продукцией. Из известных 80 тыс. съедобных растений на земном шаре культивируется немногим более 80 видов (культурная флора СНГ составляет более 50 видов). Наибольшее распространение получили: рис, пшеница, кукуруза, картофель, ячмень, батат, маниок, соя, овес, сорго, просо, сахарный тростник, сахарная свекла, рожь, арахис. На рис и пшеницу приходится более 40%. Злаковые культуры дают почти 50% белка потребляемого человеком.

3.5 Динамика экосистем

Изменения в сообществах могут быть циклическими и поступательными.

Циклические изменения – периодические изменения в биоценозе (суточные, сезонные, многолетние), при которых биоценоз возвращается к исходному состоянию.

Суточные циклы связаны с изменением освещенности, температуры, влажности и других экологических факторов в течение суток и наиболее резко выражены в условиях континентального климата. Суточные ритмы проявляются в изменении состояния и активности живых организмов.

Сезонная цикличность связана с изменением экологических факторов в течение года и наиболее сильно выражена в высоких широтах, где велик контраст зимы и лета. Сезонная изменчивость проявляется не только в изменении состояния и активности, но и количественного соотношения отдельных видов. На определенный период многие виды выключаются из жизни сообщества, впадая в спячку, оцепенение, перекочевывая или улетаая в другие районы.

Многолетняя изменчивость связана с флуктуациями климата или другими внешними факторами (степень разлива рек), либо с внутренними причинами (повторения массового размножения животных).

Поступательные изменения – изменения, в конечном счете, приводящие к смене одного биоценоза другим, так как каждый организм в результате жизнедеятельности изменяет вокруг себя среду, изымая из нее часть веществ и насыщая ее продуктами своего метаболизма. Относительно длительное существование популяций на одном месте изменяет биотоп, так, что он становится малопригодным для одних видов, но пригодным для других. В результате на этом месте развивается другой более приспособленный к новым условиям биоценоз.

Последовательная смена биоценозов (экосистем), выраженная в изменении видового состава и структуры сообщества называется сукцессией (от лат. *successio* – преемственность, наследие).

Цепь сменяющих друг друга биоценозов называется *сукцессионным рядом или серией*. По мере усложнения сообщества менее приспособленные к новым условиям виды замещаются более приспособленными и так до тех пор, пока не появятся виды, которых условия среды полностью устраивают и сообщество развивающейся серии становится *стабильным, или климаксным*. *Климакс экосистемы (климаксное сообщество)* это самоподдерживающееся сообщество, находящееся в равновесии с окружающей средой (Ю. Одум, 1975). В разных абиотических условиях формируются неодинаковые климаксовые экосистемы. В жарком и влажном климате это будет дождевой тропический лес, в сухом и жарком – пустыня. Основные биомы Земли – это климаксовые экосистемы соответствующих географических областей.

В зависимости от причин, вызывающих смену биоценоза сукцессии делят на *природные и антропогенные, аутогенные и аллогенные*.

Природные сукцессии происходят под действием естественных причин, не связанных с деятельностью человека. *Антропогенные сукцессии* обусловлены деятельностью человека.

Аутогенные сукцессии (самопорождающиеся) возникают вследствие внутренних причин (изменения среды под действием сообщества). *Аллогенные сукцессии* (порожденные извне) вызваны внешними причинами (например, изменение климата).

В зависимости от первоначального состояния субстрата, на котором развивается сукцессия, различают первичные и вторичные сукцессии.

Первичные сукцессии развиваются на субстрате, не занятом живыми организмами (скалах, обрывах, песчаных дюнах, наносах рек, застывших лавовых потоках и т.п.). При заселении таких участков происходят необратимые изменения местообитания, что обуславливает смену биоценозов. Постепенное накопление органических остатков растительного и животного происхождения приводит к формированию почвенного покрова, изменению гидрологического режима и т.п. Первичная сукцессия заканчивается стабильной стадией через 1000 лет.

Вторичные сукцессии развиваются на местах, где ранее существовал уже биоценоз после его нарушения. Это восстановление экосистемы когда-то существовавшей на данной территории (в результате вырубки, пожара, наводнений, осушения болот, вспашки и т.п.). Завершается она, как правило, быстрее (150-200 лет) и легче, чем первичная, т.к. в нарушенном местообитании сохраняется почвенный профиль, семена, зачатки и часть прежнего населения и прежних связей (рис. 13).

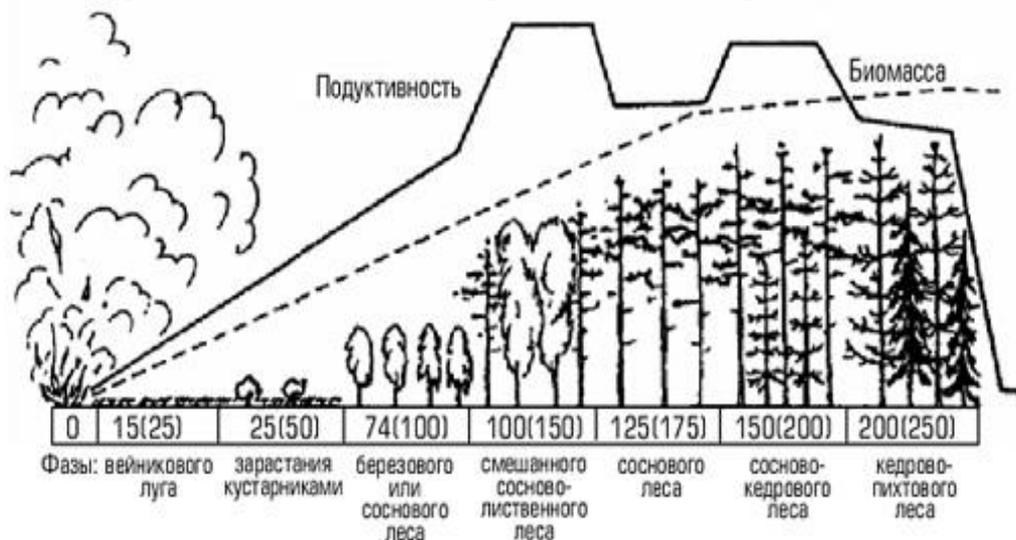


Рисунок 13 – Вторичная сукцессия сибирского темно-хвойного леса (пихтово-кедровой тайги) после опустошительного лесного пожара:

числа в прямоугольниках — колебания в длительности прохождения фаз вторичной сукцессии (в скобках указан срок их окончания). Биомасса и биологическая продуктивность показаны в произвольном масштабе (кривые отражают качественную и количественную стороны процесса)

По характеру происходящих во время сукцессии изменений выделяют автотрофные и гетеротрофные сукцессии.

Автотрофные сукцессии – первыми в сообществе появляются автотрофы (зеленые растения). Наиболее распространенные и протекают они до устойчивой климаксной стадии развития экосистемы.

Гетеротрофные сукцессии происходят в субстратах, в которых отсутствуют живые растения (продуценты) и в которых участвуют только животные (гетеротрофы) и мертвые растения. Эти сукцессии протекают только до тех пор, пока присутствует запас органического вещества. После окончания его запасов сукцессионный ряд заканчивается, экосистема распадается (разложение мертвого дерева, трупа животного, в загрязненных водах при биологической очистке и т.д.).

Сукцессии любого масштаба и ранга характеризуются целым рядом общих закономерностей.

Основные закономерности сукцессий. Как уже отмечалось, сукцессия является закономерным, направленным процессом и изменения, которые происходят на той или иной ее стадии, свойственны любому сообществу и не зависят от его видового состава и географического местоположения.

Основными называют четыре типа сукцессионных изменений:

1. В процессе сукцессии виды растений и животных непрерывно сменяются.
2. Сукцессионные изменения всегда сопровождаются повышением видового разнообразия организмов.
3. Биомасса органического вещества увеличивается по ходу сукцессии.
4. Снижение чистой продукции сообщества и повышение интенсивности дыхания.

Таким образом, продуктивность сообщества на разных стадиях сукцессии различна.

На начальных стадиях приход ее превышает расход (затраты на дыхание). В результате быстро увеличивается биомасса сообщества.

По мере приближения сукцессии к климаксному уровню продуктивность, достигнув максимума, начинает уменьшаться. В климаксном сообществе продуктивность и дыхание (приход и расход) уравниваются. Это означает, что в климаксном сообществе все создаваемые пищевые вещества используются, вследствие чего чистая продукция остается невысокой.

3.6 Классификация природных экосистем на ландшафтной основе

Существующие на Земле экосистемы разнообразны. Выделяют *микроэкосистемы* (ствол гниющего дерева), *мероэкосистемы* (лес, пруд), *макроэкосистемы* (континент, океан) и *глобальную* – биосфера.

Крупные наземные экосистемы (биогеоценозы) называют *биомами*. Границы распределения биомов определяются ландшафтными компонентами материков. *Ландшафт* - природный географический комплекс, в котором все основные компоненты (рельеф, климат, воды, почвы, растительность, животный мир) находятся в сложном взаимодействии, образуя однородную по условиям развития единую систему. *Природный ландшафт* формируется исключительно под влиянием природных факторов. Экосистемы не разбросаны в беспорядке, они сгруппированы в достаточно регулярных зонах, как по горизонтали (по широте) так и по вертикали (высоте) согласно периодического закона географической зональности А.А. Григорьева, М.И. Будыко: «Со сменой физико-географических поясов Земли аналогичные ландшафтные зоны и их некоторые свойства периодически повторяются».

В зависимости от природных и климатических условий выделяют три группы и ряд типов природных экосистем (биомов). В основе классификации для наземных экосистем лежит тип естественной растительности (травы, кустарники, листопадные деревья, хвойные деревья и т.д.). Для водных экосистем – гидрологические и физические особенности («стоячая», «текучая» вода, открытый океан и т.п.) (Ю. Одум, 1986).

Наземные экосистемы: (биомы)

1. тундра: арктическая и альпийская;
2. бореальные хвойные леса (тайга);
3. листопадный лес умеренной зоны (широколиственные леса);
4. степь умеренной зоны;
5. чапарраль (районы с дождливой зимой и засушливым летом);
6. тропические степи и саванна;
7. пустыня (травянистая и кустарниковая);
8. полувечнозеленый сезонный (листопадный) тропический лес (районы с выраженными влажным и сухим сезонами);
9. вечнозеленый тропический дождевой лес.

Пресноводные экосистемы:

1. лентические (стоячие воды): озера, пруды, водохранилища и др.;
2. лотические (текучие воды): реки, ручьи, родники и др.;
3. заболоченные угодья: болота, болотистые леса, приморские луга.

Морские экосистемы:

1. открытый океан (пеларгическая экосистема);
2. воды континентального шельфа (прибрежные воды);
3. районы апвеллинга (плодородные районы с продуктивным рыболовством);
4. эстуарии (прибрежные бухты, проливы, устья рек, лиманы, и др.);
5. глубоководные рифтовые зоны.

Помимо основных типов природных экосистем различают переходные типы – экотоны. Например, лесотундра, смешанные леса умеренной зоны, лесостепь, полупустыни и др.

4. РАЗЛИЧИЯ ВОДНЫХ И НАЗЕМНЫХ БИОЦЕНОЗОВ

Структура и функции сообществ рассматривались главным образом на примерах наземных биоценозов. Однако между наземными и водными биоценозами, несмотря на сходное проявление основных закономерностей, имеются различия, обусловленные разным характером окружающей среды.

1. Структура водных биоценозов проще наземных. Это объясняется тем, что во многих водных, прежде всего в глубоководных биоценозах нет атмосферы и почвы.

Таблица 4 - Условия обитания организмов воздушной и водной среды

Условия обитания	Значение условий для организмов	
	воздушной среды	водной среды
Влажность	Очень важное (часто в дефиците)	Не имеет (всегда в избытке)
Плотность среды	Незначительное (за исключением почвы)	Большое по сравнению с ее ролью для обитателей воздушной среды
Давление	Почти не имеет	Большое (может достигать 1000 атмосфер)
Температура	Существенное (колеблется в очень больших пределах (от -80 до +100 ⁰ С и более))	Меньше по сравнению со значением для обитателей воздушной среды
Кислород	Несущественное (большей частью в избытке)	Существенное (часто в дефиците)
Взвешенные вещества	не важное; не используются в пищу (главным образом минеральные)	Важное(источник пищи, особенно органические вещества)
Растворенные вещества в окружающей среде	В некоторой степени (имеют значение только в почвенных растворах)	Важное (в определенном количестве необходимы)

2. В водных биоценозах преобладают низшие растения и в первую очередь водоросли. Животное население представлено чрезвычайно широко, но высшие членистоногие и высшие позвоночные имеют здесь второстепенное значение.

3. На организмы водных биоценозов воздействуют такие факторы среды как температура, газовый режим, растворенные и взвешенные в среде вещества (табл. 6). При изучении наземных биогеоценозов, прежде всего, приходится исследовать влажность и температуру среды.

4. В водной среде иначе складываются трофические связи. Здесь важнейшим источником пищи служат взвешивание в толще воды вещества и обитатели планктона, а так же детрит (полностью разложившиеся продукты распада организмов). В наземных сообществах преобладают фиотфагия и зоофагия.

5. АНТРОПОГЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

К антропогенным экосистемам относят: урбосистемы и агроэкосистемы.

Урбосистемы (урбанистические системы) - искусственные экосистемы, возникающие в результате развития городов. Представляют собой сосредоточение населения, жилых зданий, промышленных, бытовых, культурных объектов и т.д. В их составе можно выделить следующие территории:

- промышленные зоны, где сосредоточены промышленные объекты, являющиеся основным источником загрязнения окружающей среды;
- селитебные зоны (жилые или спальные районы) с жилыми домами, административными зданиями, объектами быта, культуры и т.д.
- рекреационные зоны, предназначенные для отдыха людей (лесопарки, базы отдыха и т.п.)
- транспортные системы и сооружения, пронизывающие всю городскую систему (автомобильные и железные дороги, метрополитен, заправочные станции, гаражи, аэродромы и т.п.).

Среда урбосистем, как географическая, так и геологическая часто сильно изменена и по сути стала искусственной. Здесь возникают проблемы утилизации и реутилизации, вовлекаемых в оборот природных ресурсов, происходит изоляция хозяйственно-производственных циклов от природных круговоротов веществ и потока энергии. Именно здесь наибольшая плотность населения и искусственная среда, которые угрожают не только здоровью человека, но и выживанию человечества. Здоровье – индикатор качества этой среды.

Существование урбосистем поддерживается за счет агроэкосистем, энергии горючих ископаемых и атомной промышленности.

Агроэкосистемы (сельскохозяйственные экосистемы)

Распространение сельскохозяйственных культур оказало огромное влияние на наземные экосистемы. Вместо естественных биогеоценозов, экосистем, ландшафтов появились агросфера, аграрные ландшафты, агроэкосистемы, агроценозы и т.д.

Агросфера – глобальная система, объединяющая всю территорию Земли, преобразованную сельскохозяйственной деятельностью человека.

Аграрный ландшафт – экосистема, сформировавшаяся в результате сельскохозяйственного преобразования ландшафта (степного, таежного).

Одной из основных задач человечества является увеличение биологической продуктивности экосистем и особенно вторичной. Поэтому человек вынужден изменять или даже разрушать природные экосистемы и строить высокоэффективные агроэкосистемы. Главным условием их является решение продовольственной проблемы – выращивание культурных растений с целью получения высоких урожаев, создающих базу для улучшения растительных продуктов питания и для развития животноводства.

Агроэкосистемы – искусственно созданные человеком экосистемы с целью производства сельскохозяйственной продукции (поля, сады, пастбища, огороды, теплицы, парники, лесные полосы, живые изгороди и т.д.)

В них, так же, как в естественных сообществах, имеются продуценты (культурные растения и сорняки), консументы (насекомые, птицы, мыши и т.д.) и редуценты (грибы и бактерии и т.д.). Обязательным звеном пищевых цепей в агроэкосистемах является человек.

Центральным звеном агроэкосистем является агрофитоценоз – растительное сообщество созданное человеком из культурных растений.

Различают 2 типа агрофитоценозов:

1. Основу составляет одно или несколько культурных растений (поля пшеницы, ржи, овса и др.; огороды (арбузы, дыни); плодово-ягодные сады и т.д.).

2. Основу составляет естественное растительное сообщество, которое обогащается дополнительно видами культурных растений (парки, сенокосы, луга, пастбища, лесные посадки). Например: для повышения продуктивности в естественные луга подсевают бобовые и злаковые культуры.

Агроэкосистемы занимают около 30% земельных ресурсов, в т.ч. пашней занято 10%, сенокосами и пастбищами 20%. В России на душу населения приходится 0,88 га пашни.

Отличия агроэкосистем от природных:

1. Источником энергии является не только Солнце, но и антропогенная энергия в виде удобрений, пестицидов, механизмами, труда человека, поливной воды и т.д.;

2. Искусственный отбор (действие естественного отбора ослаблено, отбор осуществляет человек);

3. Незначительное видовое разнообразие. Чаще всего посеы представлены одним видом или даже сортом;

4. Короткие пищевые цепи питания;
5. Отсутствие саморегуляции (регуляцию осуществляет человек);
6. Неполный круговорот веществ, т.к. с урожаем за пределы агроэкосистем мигрируют химические элементы, содержащиеся в фитомассе и зоомассе (мясо, яйцо, молоко, шерсть и т.д.). Они выключаются из биологического круговорота агроэкосистем и вовлекаются в геологический круговорот (через канализационные системы городов и населенных пунктов).

Биотический круговорот нарушается так же в результате притока удобрений, пестицидов, которые включаются в пищевые цепи и биотический круговорот. Это влияет на состояние флоры и фауны, биологическую продуктивность и воспроизводительную способность культурных растений и сельскохозяйственных животных, качество продуктов растениеводства и животноводства.

Таблица 5 – Сравнительная характеристика природных экосистем и агроэкосистем

Природные экосистемы	Агроэкосистемы
Первичные естественные элементарные единицы биосферы, сформировавшиеся в ходе эволюции	Вторичные трансформированные человеком искусственные элементарные единицы биосферы
Сложные системы со значительным количеством видов животных и растений, в которых господствуют популяции нескольких видов. Им свойственно устойчивое динамическое равновесие, достигаемое саморегуляцией	Упрощенные системы с господством популяций одного вида растения или животного. Они неустойчивы и характеризуются непостоянством структуры своей биомассы
Продуктивность определяется уровнем хозяйственной деятельности и зависит от экономических и технических возможностей	
Первичная продукция используется животными и участвует в круговороте веществ. «Потребление» происходит почти одновременно с «производством»	Урожай собирают для удовлетворения потребностей человека и на корм скоту. Живое вещество некоторое время накапливается, не расходуясь. Наиболее высокая продуктивность развивается лишь короткое время.

Таким образом, *агроэкосистемы* неустойчивы и неспособны к саморегуляции. Без поддержки человека быстро дичают и трансформируются в естественные биоценозы (насаждения лесных культур - в лес, поле – в луг, лес, осушенные земли - в болото).

Упрощение природного окружения человека с экологических позиций очень опасно. Поэтому нельзя превращать весь ландшафт в агрохозяйственный, необходимо сохранять и умножать его многообразие, оставляя нетронутые заповедные участки, которые могли бы быть источником видов для восстановления в сукцессионных рядах сообществ.

Типы агроэкосистем

В настоящее время процессами производства пищевых ресурсов на основе использования почвенно-климатического потенциала охвачены огромные площади разномасштабными по площади агроэкосистемами.

Значительное разнообразие агроэкосистем по размерам, целевому назначению, используемым технологическим системам ограничивает возможность универсальной системы их типизации.

Таблица 6 – Обобщенная характеристика основных типов агроэкосистем и тактик достижений сестайнинга (Агроэкология, 2000)

Группы по размеру антропогенной энергетической субсидии (а.э.с.)	Продуктивность	Степень адаптивности	Специализация	Схема потока веществ и энергии	Тактика сестайнинга
Экстенсивные (низкие а.э.с.)	Низкая	Высокая	Растениеводческая	Луг ↔ Пашня →	Обеспечение достаточной длительности залежно-переложной стадии
			Животноводческая	Луг ↔ Скот →	Обеспечение баланса между продуктивностью кормовых угодий и поголовьем
			Комплексная		Обеспечение баланса между площадями пашни, луга и поголовьем скота
Интенсивные (высокие а.э.с.)	Высокая	Низкая	Растениеводческая	Пашня →	Применение севооборотов с травами и сидератами
			Животноводческая	Пашня ↔ Скот →	Утилизация бесподстилочного навоза, возврат его на пашню
			Комплексная	Пашня ↔ Скот →	То же
Адаптивные (умеренные а.э.с.)	Умеренно высокая	Высокая	Растениеводческая	Пашня →	Сидерация, севообороты
			Животноводческая		Обеспечение адаптивной структуры агроэкосистемы, сохранение биологического разнообразия
			Комплексная		Севообороты, полная утилизация навоза, применение биометодов

К экологически организованной агроэкосистеме предъявляются требования *сестайнинга*. *Сестайнинг* – свойство агроэкосистем восстанавливать ресурсы почв и естественных кормовых угодий, сохранять биологическое разнообразие и при этом обеспечивать достаточно высокий выход растениеводческой и животноводческой продукции.

Для любого варианта агроэкосистем *сестайнинг* означает приближение к экологическому равновесию за счет максимальной замкнутости циклов вещества, минимизации количества антропогенной энергии, повышения биологического разнообразия (табл. 5).

При организации высокопродуктивных агроэкосистем важно обеспечить более полное использование лучистой энергии солнца. Резервы здесь невелики. Для большинства типов растительного покрова КПД ФАР составляет в среднем 1-2%. В агроэкосистемах, занятых светолюбивыми и высокоурожайными культурами, КПД ФАР может достигать 5-7%, а при орошении возрастает до 10%. В целом же КПД ФАР хорошего посева за вегетационный период не превышает 1-4%. Поэтому наращивание продуктивности агроэкосистем зависит от:

- *прогресса в селекции*, направленной на выведение высокоурожайных и устойчивых сортов;

- создание *многоярусной агроэкосистемы* (подобно многоярусного лесного сообщества), в которой по вертикальному профилю световая ниша занята соответствующей все более низкорослой и тенелюбивой культурой. В районах с умеренным климатом используют различные комбинации культур: горох и сою с овсом и кукурузой, горох с подсолнечником, рапс с кукурузой.

6. ЛЕСНАЯ ЭКОСИСТЕМА

Лесная экосистема – это совокупность биотического сообщества деревьев, кустарников, трав и другой растительности, грибов, бактерий, животных и птиц с биогенным (опад, почвы) и абиотическими (приземный слой атмосферы, вода, рельеф) компонентами, которые взаимосвязаны друг с другом.

Леса являются типичными климаксовыми сообществами, которые в определенных местообитаниях находятся в гармонии с окружающей средой. При этом абиотические факторы среды (климат, почвы, рельеф и др.) сформировали лесные сообщества, а последние преобразовали абиотические факторы. Таким образом возникает *лесная среда* со специфическими факторами: *климатическими* (свет, тепло, осадки, ветер, газовый состав приземного слоя атмосферы), *эдафическими* (лесная подстилка, свойства и состав почв, почвенная влага), *биотическими* (фитогенные, зоогенные, микробогенные) и *антропогенными* (лесные культуры, рубки, гидромелиорация и др.).

Между лесными растениями и животными существует полный жизненный цикл взаимных зависимостей, начиная от опыления, распространения семян и их укоренения и кончая процессами формирования, гибели и восстановления древостоев.

Лесной покров оказывает воздействие на все компоненты биосферы, являясь важной составной частью окружающей природной средой. Как экологическая система, лес выполняет различные функции.

Лес уменьшает перепады температур воздуха и почв по сезонам года и в течение суток. Важно, что лес повышает температуры воздуха при поздних весенних заморозках и снижает ее летом во время засух.

Некоторые ученые полагают, что лес способствует увеличению количества выпадающих осадков в результате увеличения шероховатости поверхности земли, что ведет к повышенной турбулентности воздушных масс, возникновению восходящих токов, образованию облаков. При этом происходит локальное или «прицельное» выпадение осадков над лесом. Часть выпадающих осадков (до 20-40%) задерживается кронами деревьев. Определенная часть задержанных осадков стекает по стволам деревьев и увлажняет почву.

Лес способствует увеличению конденсационных осадков (туманная капель, иней, изморозь и др.), способствует повышенному снегонакоплению.

Леса всегда изменяют ветровой режим, снижая силу ветра и меняя его направление, защищают почвы от ветровой эрозии, смягчают воздействие засух и суховеев. Смягчая климат, способствует повышению урожаев сельскохозяйственных культур.

Регулируя сток, леса защищают почвы от водной эрозии, селей, оползней, разрушения берегов и других неблагоприятных геологических процессов.

Леса защищают основные природные хранилища чистой пресной воды, влияя на водный режим.

В процессе фотосинтеза леса поглощают углекислый газ и выделяют кислород, являясь главными резервуарами биологически связанного углерода. Они содержат до 500 млрд. т этого элемента, что составляет 2/3 его запаса в атмосфере.

Леса регулируют численность и разнообразие животного мира.

Лесные экосистемы одновременно и удовлетворяют многие потребности человека:

- биологические (состав воздуха и качество воды, радиационный и магнитно-волновой комфорт, химико-элементарный состав пищи, шумозащита);
- ресурсо-воспроизводящие (воспроизводство ресурсов древесины, продуктов побочного пользования, пищевых продуктов);
- рекреационно-оздоровительные (удовлетворение потребности в отдыхе и лечении);

- санитарно-гигиенические (фитонцидная и т.п.);
- этнические (осознание исторической связи этноса с лесом);
- эстетические (озеленение населенных мест, формирование лесопарковых ландшафтов и пр.);
- трудовые (лесоэксплуатация, охотничье хозяйство, лесоводство и др.)

Леса России обладают следующими ресурсами побочного пользования:

- дикорастущие ягоды (клюква, брусника, черника, малина, голубика и морошка) имеют биологический запас 9485 тыс. т и промысловый 4748 тыс. т;
- грибы - соответственно 4326 и 2163 тыс. т;
- березовый сок - 784088 и 7853 тыс. т;
- орехи 2759 и 500 тыс. т.

В лесах ежегодно заготавливаются: плоды и ягоды - от 624 до 2094 т; грибы - 52-173; орехи - 132-451; лекарственно-техническое сырье - 524-693 т.

Ярусность лесной экосистемы

В лесной экосистеме ярко проявляется вертикальная структура, характеризующая плотность заселения всего пространства сообществами организмов. Чем благоприятнее условия местообитания, тем больше ярусов в лесной экосистеме. Каждый ярус отличается своим микроклиматом и животным миром.

Сообщество верхнего яруса пользуется большей частью солнечной радиации. Чем ниже к поверхности почвы, тем меньше уровень освещенности местообитаний, больше содержание CO₂ в воздухе, выше относительная влажность воздуха и т.п. При этом увеличивается количество ниш и микроместообитаний, усиливаются темпы разложения органического вещества.

Ярусы типичного лиственного леса:

- *древесный ярус* (от 20 до 5 м) представлен доминантными растениями, например дубом, и кодоминантными видами - ясенем и кленом. Здесь обитают серая белка, птицы (неясыть обыкновенная, воробей, вяхирь, кукушка, сорока, галка, ворона, певчий дрозд, зяблик, большая синица, лазоревка, сойка, дятел, поползень обыкновенный, пищуха обыкновенная), гусеницы чешуекрылых (огневки, моли, листовертки и др.). Большое количество насекомых (свыше 1600 видов) в своей жизни тесно связано с дубом;

- *кустарниковый ярус* (от 2 до 5 м) составляют боярышник, терновник, кизил, бузина, калина обыкновенная, шиповник, крушина и т.д. В нем обитают серая белка и птицы, (например, восточный соловей, зорянка, черный дрозд, мухоловка-пеструшка, горихвостка, дятел, поползень обыкновенный, пищуха обыкновенная). Здесь очень много насекомых, таких же, как в травянистом ярусе.

- *травянистый ярус* (от 0 до 2 м) представлен травами, кустарничками и полукустарничками, подростом, папоротниками. Здесь нашли свои ниши птицы: славки, синицы, лесная завирушка и др., а также мелкие (соня) и крупные млекопитающие (лань, косуля). Насекомые представлены бабочками, пчелами, осами, журчалками, кровососущими, мухами, жуками, пауками и клопами.

- *приземный ярус* (до 3 см от поверхности почвы) составляют лишайники, мхи, низкие травы, грибы. Здесь получили распространение мелкие прыгающие беспозвоночные, мухи, жуки, пауки, сенокосцы, муравьи, полевки, землеройки, лесные мыши.

- *подстилка* содержит мертвые и разлагающиеся организмы, редуценты (бактерии и грибы), многоножки, мокрицы, моллюски, нематоды и иные организмы.

- *гумусовый горизонт почв* - местообитание для дождевых червей, личинок мух, жуков-навозников и могильщиков, мокриц, ногохвосток, клещей, нематод, кротов. Горизонт насыщен бактериями, актиномицетами и грибами.

- *в переходном горизонте* находятся норы барсуков и лисиц.

Устойчивость и поглощательная способность лесных экосистем

Лесная экосистема достигает относительной устойчивости (климакса), когда ее биологическое сообщество приходит в равновесие с окружающей средой в течение длительного промежутка времени.

Существуют критерии устойчивости лесных экосистем (Стороженко В.Г., 1991):

- динамическое равновесие между растительностью, грибами, животными, микроорганизмами, климатом, рельефом, почвой;
- неизменность состава эдификаторов в течение нескольких поколений автотрофов;
- сложность возрастного, горизонтального и вертикального структурного строения сообществ;
- баланс восстановительного и деструктивного процессов;
- постоянство восстановительного и деструктивного процессов;
- постоянство состава и количество зообиоты (с балансом видов по трофическим уровням);
- постоянство сукцессионных процессов;
- наличие микоценоза – сообщества грибов (в том числе дереворазрушающих).

Проявлением неустойчивости лесных экосистем выступает монокультура (культуры чистых насаждений, лесные полосы из одной породы).

Биохимические циклы в лесной экосистеме отличаются своими особенностями. Главная из них заключается в том, что устойчивые лесные экосистемы способны поглощать атмосферные антропогенные загрязнения, причем как газообразные (диоксид углерода, оксиды азота,

диоксид серы и др.), так и твердые (тяжелые металлы, пыль и пр.). При этом, участвуя в метаболических процессах, атмосферные примеси утилизируются.

Лесные насаждения вдоль транспортных путей накапливают не только тяжелые металлы, но и радионуклиды, переносимые на пылинках, которые оседают в кронах деревьев и накапливаются в лесной подстилке и верхних горизонтах почв.

При нарастании запасов древесины происходит длительное (навски) закрепление в лесной экосистеме диоксида углерода (CO_2) из атмосферного воздуха. В среднем за год леса России «консервируют» около 650 млн. т CO_2 (Синицин С.Г., 1993).

Вырубка лесов и особенно сжигание древесины приводит к некомпенсированному выделению в атмосферу диоксида углерода (CO_2), образующегося за счет окисления как углерода самой древесины, так и углерода накопленного в лесной почве. Это приводит к возрастанию содержания диоксида углерода (CO_2) в атмосфере и развитию парникового эффекта.

Вопросы

1. Что такое «биоценоз», «биогеоценоз» и «экосистема»?
2. Из каких компонентов состоят экосистемы?
3. Можно ли назвать космический корабль экосистемой?
4. От чего зависит видовой состав и насыщенность сообщества?
5. Дайте определение вида, являющегося эдификатором. Приведите примеры.
6. Какие абиотические факторы среды на формирование видовой структуры сообщества?
7. В чем заключается особая важность биоразнообразия для экосистем нашей планеты?
8. Что такое пищевая цепь? Основные типы пищевых цепей.
9. Как формулируется правило экологической пирамиды? Чем отличаются пирамиды энергии от пирамид чисел и биомасс?
10. Что такое сукцессия и причины ее возникновения? В чем сущность первичной и вторичной сукцессии?
11. Что такое «продуктивность экосистемы» и «уровни производства органического вещества»?
12. В чем суть классификации экосистем на ландшафтной основе?
13. Для чего создаются агроэкосистемы и чем они отличаются от природных?
14. Что представляют собой индустриально-городские экосистемы?
15. В чем заключается средозащитная и социальная роль лесных экосистем?

ЛЕКЦИЯ 7. БИОСФЕРА

Вопросы:

1. Биосфера, ее строение и границы.
2. Типы вещества биосферы. Функции и свойства живого вещества.
3. Биогеохимические циклы.
4. Эволюция биосферы.
5. Свойства биосферы.
6. Законы функционирования биосферы.

1. БИОСФЕРА, ЕЕ СТРОЕНИЕ И ГРАНИЦЫ

Организмы, населяющие нашу планету, обитают в оболочке Земли, называемой *биосфера* (от греч. *bios*-жизнь и *sphaira*-шар)

Первые представления о биосфере как области жизни и наружной оболочке Земли были высказаны в начале 19 в. Ж. Ламарком. В научную литературу современный термин «биосфера» впервые ввел австрийский ученый Э. Зюсс в 1875 г. Он понимал под биосферой тонкую пленку жизни на Земной поверхности.

Роль и значение биосферы для развития жизни на нашей планете оказались настолько велико, что в 30–х годах 20 века академик В.И. Вернадский создал целостное учение о биосфере как общепланетарной оболочке, охватывающей толщу тропосферы, гидросферы, осадочных пород литосферы. Он показал, что за все геологически обозримое время жизнь на Земле развивалась как взаимосвязанная совокупность организмов, обеспечивающая непрерывный поток элементов в биогенном обмене веществ на поверхности нашей планеты

По современным представлениям, *биосфера* – это особая оболочка Земли, содержащая всю совокупность живых организмов и ту часть вещества планеты, которая находится в непрерывном обмене с этими организмами.

Биосфера – земная оболочка, занятая совокупностью организмов, населяющих Землю. Эта оболочка включает:

1) нижнюю часть атмосферы, так называемую тропосферу, где активная жизнь может существовать до высоты 10-15 км; перенос покоящихся зачатков происходит до высоты 20 км, т.е. уже в стратосфере. Лимитирующим фактором развития жизни здесь служит наличие капель воды, положительных температур, а так же твердых аэрозолей, поднимающихся с поверхности земли и жесткое космическое излучение;

2) всю водную оболочку (гидросферу), в которой жизнь проникает до наибольших глубин Мирового океана. Живые организмы встречаются даже на глубине более 11 км, где температура воды около 200°С, но

из-за высокого давления вода не кипит. Ниже, в базальтах, жизнь едва ли возможна;

3) верхнюю часть литосферы – кору выветривания, имеющую мощность обычно 30-60 м, иногда 100-200 м. За пределами коры выветривания жизнь может быть обнаружена лишь в отдельных случаях. Проникновение жизни вглубь литосферы ограничено высокими температурами зеленых недр и наличием жидкой воды.

Если включить в биосферу и слои атмосферы, в которых возможен перенос покоящихся зачатков организмов, то ее пределы по вертикали составят 25-40 км (рис. 14).

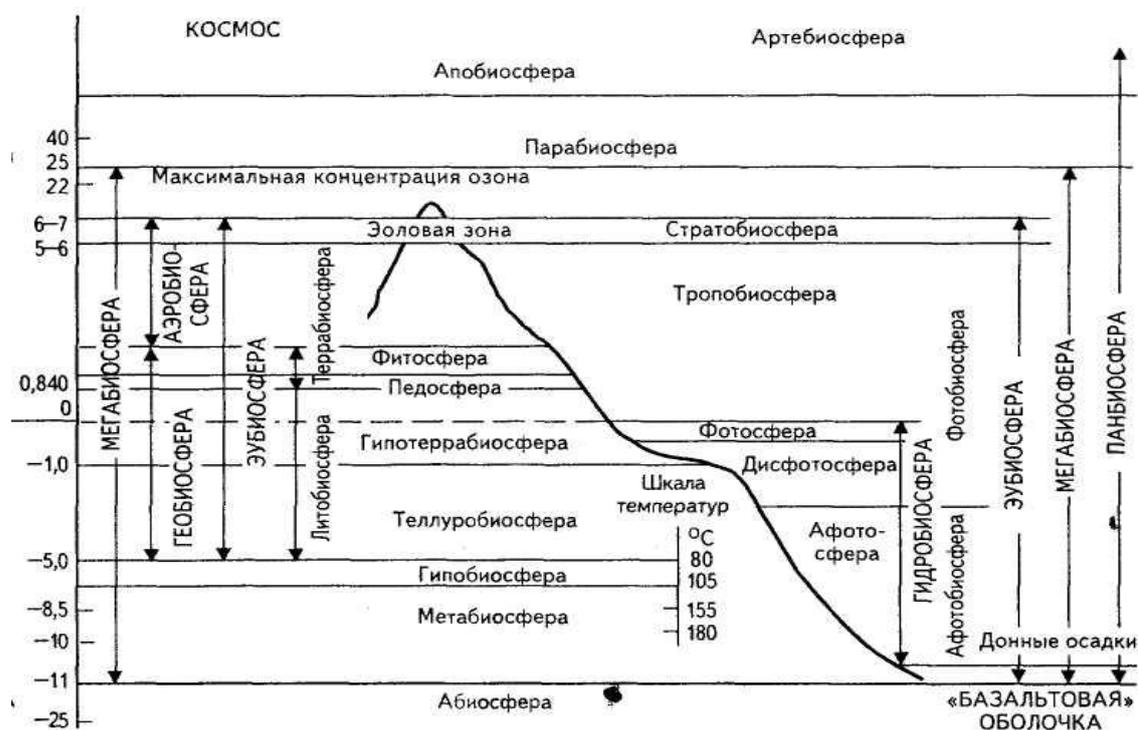


Рисунок 14 – Общая структура биосферы (по Н.Ф. Реймерсу, 1990, с изменениями)

Границы биосферы в большой степени условны и обусловлены, прежде всего, областью распространения живых организмов. Для большинства организмов они определяются температурой от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$ и давлением около 1 атмосферы. В вертикальном пределе распространение живых организмов, ограничено высотой около 6 км над уровнем моря, до которой сохраняются положительные температуры в атмосфере и могут жить хлорофиллоносные растения – продуценты (6,2 км в Гималаях). Нижний предел существования активной жизни традиционно ограничивают дном океана и изотермой 100°C в литосфере, расположенными соответственно на отметках около 11 км и, по данным сверхглубокого бурения на Кольском полуострове, около 6 км. Фактически жизнь распространена в литосфере до глубины 3-4 км. Таким образом, верти-

кальная мощность биосферы в океанической области Земли достигает чуть более 17 км, сухопутной – до 12 км.

Биосферу как место обитания организмов вместе с самими организмами можно разделить на три подсферы (рис. 14).

- аэробIOSферу - нижняя часть атмосферы, населенная аэробиионтами;

- гидробиосферу- гидросфера без подземных вод, населенная гидробионтами;

- геобиосферу - верхняя часть литосферы, населенная геобионтами.

Аэробисофера состоит из:

- тропобиосферы (с тропобионтами) - слой от вершин деревьев до высоты наиболее частого расположения облаков (до 5-6 км), постоянно населенный живыми организмами;

- стратобиосферы (альтобиосферы) - слой от 5-6 км до 6-7 км, где могут существовать микроорганизмы, главным образом в виде спор.

На больших высотах в горах (около 6 км) расположена высотная часть террабиосферы эоловая зона. Здесь уже невозможна жизнь высших растений, но ветры заносят сюда членистоногих некоторых микроорганизмов - эолобионтов.

Выше аэробIOSферы расположена парабIOSфера - слой (между 6-7 и 60-80 км), куда жизнь проникает лишь случайно и не часто, где организмы могут временно существовать, но не могут нормально жить и размножаться. Еще выше расположена апобIOSфера (выше 60-80 км) куда никогда, даже случайно, не поднимаются живые организмы, но в незначительном количестве заносятся биогенные вещества (ее граница трудноуловима).

Гидробиосфера включает:

- маринобиосферу (океанобиосферу) (с маринобионтами) - моря и океаны;

- аквабиосферу (с аквабионтами) - континентальные пресные воды.

Кроме того, гидробиосфера делится на слои связанные, главным образом, с интенсивностью света:

- фото(био)сферу - относительно ярко освещенный слой (до 150-200 м);

- дисфото(био)сферу - всегда сумеречный слой, проникает до 1% солнечной инсоляции (от 200 м до 1,5-2 км);

- афото(био)сферу - слой абсолютной темноты, где невозможен фотосинтез (глубже 1,5-2 км).

Геобиосфера состоит из:

- террабиосферы (с террабионтами)- поверхность суши;

- литобиосфера (с литобионтами)- глубокие слои земной коры;

Террабиосфера разделяется на:

- фитосферу - пространство от поверхности земли до верхушек деревьев (0-150 м);

- педосферу - почвенный покров (до 2-3 м).

Литосфера (до 2-3 км максимум до 6-7 км) включает:

- гипотеррабиосферу - слой где возможна жизнь аэробов (до 1- 1,5 км);

- теллурабиосферу – где возможно обитание анаэробов (2-3 до 6-7 км).

Кроме того, в структуре биосферы выделяют такие понятия как: зубиосфера, мегабиосфера, панбиосфера, ноосфера, техносфера.

Зубиосфера (собственно биосфера) – слой между нижней границей геобиосферы и нижней границей парабиосферы. Эта область наиболее активной современной жизни или, по В.И. Вернадскому, «пленка жизни». Вертикальная мощность зубиосферы в океане достигает 17 км, в сухопутной - 12 км.

Мегабиосфера – слой нынешнего и прошлого воздействия жизни на природу Земли. Мощность мегабиосферы 30-35 км.

Панбиосфера - слой нынешнего и прошлого воздействия жизни на природу Земли (мегабиосфера) вместе с пространством человеческой экспансии в околоземный космос. Эта оболочка Земли преобразована нынешней и прошлой жизнью и человеческой деятельностью.

Высшая стадия развития биосферы - *ноосфера* (сфера разума, мыслящая оболочка). Эта сфера взаимодействия природы и общества, в пределах которой разумная деятельность становится главным, определяющим фактором развития.

Или – это высшая стадия развития биосферы под контролем разумной деятельности человека.

Техносфера – часть биосферы, преобразованная людьми с помощью технических средств в целях наилучшего соответствия социально-экономическим потребностям человечества.

2. ТИПЫ ВЕЩЕСТВА БИОСФЕРЫ. ФУНКЦИИ И СВОЙСТВА ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА

По представлениям В.И. Вернадского биосфера включает 7 разных, но геологических взаимосвязанных типов веществ.

1. *Живое вещество* - живые организмы, населяющие нашу планету.

2. *Косное вещество* - неживые тела, в его образовании живое вещество не участвует (магматические горные породы).

3. *Биогенное вещество* - неживое вещество, которое образуется в процессе жизнедеятельности организмов на протяжении геологической истории (торф, уголь, нефть, известняки, газы биогенного происхождения и т.д.).

В синтезе биогенного вещества участвуют биогенные химические элементы. *Биогенные элементы* - химические элементы, постоянно входящие в состав организмов и необходимые им для жизнедеятельности

(их около 20): O₂(70% от массы организмов), С (18% от массы организмов), Н (10% от массы организмов), N, Са, К, Р, Mg, S, Cl, Na и др.

4. *Биокосное вещество* - результат совместной деятельности живых организмов и геологических процессов (почвы, ил, воды, кора выветривания).

По данным, основанными на содержании энергии или углерода, живое биогенное и биокосное вещества в биосфере находятся в соотношениях: 1: 20 : 4000.

Хотя живое вещество и составляет незначительную часть от массы всей биосферы (0,01%) оно является главнейшим ее компонентом, т.к. оно наиболее активное:

- участвует в образовании биогенных и биокосных веществ;
- создает и изменяет биосферу, проникая во все ее элементы.

Живое вещество распространено в биосфере неравномерно: пространства, густозаселенные организмами, чередуются с менее заселенными территориями.

Наибольшая концентрация жизни в биосфере наблюдается на границах соприкосновения земных оболочек: атмосферы и литосферы (поверхность суши), атмосферы и гидросферы (поверхность океана), гидросферы и литосферы (дно океана), и особенно на границе трех оболочек – атмосферы, литосферы и гидросферы (прибрежные зоны). Эти места наибольшей концентрации жизни В.И. Вернадский назвал «пленками жизни». Вверх и вниз от этих поверхностей концентрация живой материи уменьшается.

Таблица 7 – **Масса живого вещества на Земле** (по Н.И. Базелевич с соавт., 1971)

Среда	Группа организмов	Масса, 10 ¹² т	Соотношение, %
Суша	Зеленые растения	2,40	99,8
	Животные и микроорганизмы	0,02	0,8
	Итого	2,42	100,0
Океаны	Зеленые растения	0,0002	6,3
	Животные и микроорганизмы	0,0030	97,3
	Итого	0,0032	100,0
	Биомасса организмов Земли	2,4232	-

В настоящее время по видовому составу на Земле преобладают животные (более 2,0 млн. видов) над растениями (0,5 млн.). В то же время запасы фитомассы составляют 99% запасов биомассы Земли. Биомасса суши в 1000 раз превышает биомассу океана (табл. 7). На суше биомасса и количество видов организмов в целом увеличивается от полюсов к экватору.

Различают ряд биологических *функций* живого вещества, которые играют исключительно важную роль в атмосферных и почвенных процессах, главнейшими из которых являются:

- *энергетическая* (биохимическая) - связывание и запасание солнечной энергии и последующее рассеяние энергии при потреблении и минерализации органического вещества. В основе этой функции лежит фотосинтез зеленых растений, в процессе которого происходит аккумуляция и перераспределение солнечной энергии между компонентами биосферы;

- *газовая* – способность изменять и поддерживать определенный газовый состав биосферы. Преобладающая масса газов на Земле имеет биогенное происхождение (O, CO₂, сероводород, метан и др.);

- *концентрационная* - извлечение и накопление живыми организмами биогенных элементов. Разные организмы в разной степени способны аккумулировать из среды обитания различные элементы, например: железобактерии накапливают железо, хвощи, диатомовые водоросли - кремний, губки - йод и т.д., причем концентрация химических элементов в организмах превышает их содержание в окружающей среде на несколько порядков.

Результат концентрационной функции - образование залежей горючих ископаемых, известняков, рудных месторождений т.п.

- *окислительно-восстановительная* - химическое превращение в основном веществ, содержащих атомы с переменной валентностью (Fe, Mn, Cr, S, P, N, W), создаются их новые соединения, происходит отложение сульфидов и минеральной серы, образование сероводорода и т.п.

- *деструктивная* – разрушение (разложение) организмами и продуктами их жизнедеятельности, остатков органического вещества и костных веществ. Наиболее существенную роль выполняют редуценты (деструкторы) - сапрофитные грибы и бактерии.

Свойства живого вещества.

Живое вещество обладает уникальными особенностями, обуславливающими его крайне высокую преобразующую деятельность.

1. *Стремление заполнить собой все окружающее пространство* - «давление жизни» по Н.Ф. Реймерсу (1990) или «всеядность жизни» по В.И. Вернадскому (1967). Способность быстрого освоения пространства связана как с интенсивным размножением (некоторые простейшие формы организмов могли бы освоить весь земной шар за несколько дней или даже часов при отсутствии факторов, сдерживающих их потенциальные возможности размножения), так и со способностью организмов интенсивно увеличивать поверхность своего тела или образуемых ими сообществ. Так, площадь листьев растений на 1 га составляет 8-10 га и более. То же относится к корневым системам.

2. *Возможность произвольного перемещения в пространстве.* Различают две формы движения живой материи: *пассивная* (рост

организмов и размножение) и *активная* – направленное перемещение организмов (против течения воды, силы тяжести, ветра и т.п.). Первая форма присуща всем формам жизни независимо от систематического положения, вторая – только животным.

3. *Устойчивость при жизни и быстрое разложение после смерти* (включение в круговороты веществ). Благодаря саморегуляции живые организмы способны поддерживать постоянный химический состав и условия внутренней среды. После смерти эта способность утрачивается, а органические остатки очень быстро разрушаются. Образовавшиеся органические и неорганические вещества включаются в круговороты.

4. *Исключительное разнообразие* форм, размеров, составов живых организмов. Размеры их колеблются в очень широком диапазоне: от 20 нм (вирусы) до 190 м (деревья). Разница может достигать 10^9 . Самое большое животное на планете – синий кит, длина его достигает 30 м, а вес 100 т.

Живые организмы обладают *высокой способностью адаптироваться* к различным условиям и в связи с этим ими освоены не только все среды (водная, наземно-воздушная, почвенная, организменная), но и крайне трудные по физико-химическим параметрам условия. Так, некоторые организмы переносят температуры, близкие к значениям абсолютного нуля -273°C , микроорганизмы встречаются в термальных источниках с температурами до 140°C , в охлажденных водах атомных реакторов, в бескислородной среде, в ледовых панцирях планеты и т.п.

5. *Феноменально высокая скорость протекания реакций*. В живом веществе, благодаря участию ферментов, скорость протекания химических реакций в тысячи, а иногда миллионы раз выше, чем в неживой природе. Об этом свойстве можно судить по скорости переработки веществ организмами в процессе жизнедеятельности. Например, гусеницы некоторых насекомых потребляют за день количество пищи, которое в 100-200 раз больше веса их тела. Дождевые черви (масса их тел примерно в 10 раз больше биомассы всего человечества) за 150-200 лет пропускают через свои организмы весь однометровый слой почвы. Морские организмы с фильтрационным типом питания очищают весь океан от взвеси каждые 4 года, а веслоногий рачок эпишура за год процеживает воду озера Байкал трижды.

6. *Высокая скорость обновления живого вещества*. В среднем для биосферы она составляет 8 лет, причем для суши – 14 лет, а для океана, где преобладают организмы с коротким сроком жизни (например, планктон) – 33 дня. Таким образом, за всю историю существования жизни общая масса живого вещества, прошедшего через биосферу, превышает массу Земли примерно в 12 раз. Только небольшая часть его

(доли процента) законсервирована в виде органических остатков, остальная включилась в процессы круговорота.

Все свойства живого вещества обуславливаются *концентрацией в нем больших запасов энергии*. По энергетической насыщенности с живым веществом может соперничать только лава, образующаяся при извержении вулканов.

3. БИОХИМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ (КРУГОВОРОТЫ ВЕЩЕСТВ)

Для биосферы характерно не только присутствие живого вещества. По Дж. Хатчинсону (1972) она обладает также следующими тремя особенностями:

- в ней содержится почти вся жидкая вода;
- на нее падает мощный поток энергии солнечных лучей;
- в биосфере находятся поверхности раздела между веществами, находящимися в трех фазах – твердой, жидкой и газообразной.

В связи с этим для биосферы характерен непрерывный круговорот веществ и энергии, в котором активнейшую роль играют организмы.

Круговорот веществ – это многократное участие веществ (абиогенных и биогенных) в явлениях в атмосфере, гидросфере, литосфере, в том числе в тех слоях, которые входят в состав биосферы Земли. Происходящий в биосфере круговорот веществ, энергии и особей осуществляется при участии всех населяющих ее организмов. Все живые существа являются частями одного целого, гигантской совокупности живых существ, живого покрова Земли.

Солнечная энергия на Земле вызывает два круговорота веществ:

- *большой, или геологический*, наиболее ярко проявляющийся в круговороте воды и циркуляции атмосферы;
- *малый, или биологический*, который развивается на основе большого и заключается в круговой циркуляции веществ между почвой, растениями, микроорганизмами и животными.

Оба круговорота взаимосвязаны и представляют собой как бы единый процесс. Втягивая в свои многочисленные орбиты косную среду, биологический круговорот веществ обеспечивает воспроизводство живого вещества и оказывает влияние на облик биосферы. Этот круговорот для жизни биосферы главный, и он сам является порождением жизни. Изменяясь, рождаясь, умирая, живое вещество поддерживает жизнь на Земле, обеспечивая биогеохимический круговорот веществ.

В биогеохимических круговоротах следует различать две части:

- 1) резервный фонд – это огромная масса движущихся веществ, не связанных с организмами.
- 2) обменный фонд – значительно меньший, но весьма активный, обусловленный прямым обменом между организмами и их непосредственным окружением.

В зависимости от расположения резервного фонда в биосфере можно выделить:

1) круговорот газообразных веществ с резервным фондом в атмосфере и гидросфере (океан), (круговороты углерода, кислорода, азота);

2) осадочный цикл с резервным фондом в земной коре (круговороты фосфора, кальция, железа и др.)

Круговороты газообразных веществ более современны, так как обладают большим обменным фондом, а значит, способны к быстрой саморегуляции.

Круговороты осадочного цикла менее совершенны, так как основная масса вещества содержится в резервном фонде земной коры в «недоступном» живым организмам виде. Такие круговороты легко нарушаются от различных воздействий. Возвратиться в круговорот могут лишь в результате геологических процессов. Однако извлечь нужные организмам вещества из земной коры гораздо сложнее, чем из атмосферы.

Интенсивность биологического круговорота в первую очередь определяется температурой окружающей среды и количеством воды. Так, например, биологический круговорот интенсивнее протекает во влажных тропических лесах, чем в тундре. Кроме того, в тундре биологические процессы протекают только в теплое время года.

До возникновения человека на Земле осуществлялись только первые два круговорота. С появлением человека возник *антропогенный круговорот* – круговорот веществ, движущей силой которого является деятельность человека. В нем можно выделить две составляющие:

- *биологическую*, связанную с функционированием человека как живого организма;

- *техническую*, связанную с хозяйственной деятельностью (техногенный круговорот).

В отличие от геологического и биологического, антропогенный круговорот не замкнут. Незамкнутость антропогенного круговорота веществ приводит к *истощению природных ресурсов и загрязнению природной среды*.

Круговороты основных биогенных веществ и элементов

Рассмотрим круговороты наиболее значимых для живых организмов веществ и элементов. Круговорот воды относится к большому геологическому, а круговороты биогенных элементов (углерода, кислорода, азота, фосфора, серы и др.) – к малому биогеохимическому.

Круговорот воды между сушей и океаном через атмосферу относится к большому геологическому круговороту. Вода испаряется с поверхности Мирового океана и либо переносится на сушу, где выпадает в виде осадков, которые вновь возвращаются в океан. В круговороте воды на Земле ежегодно участвует более 500 тыс. км³ воды. Круговорот воды в целом играет основную роль в формировании природных условий на на-

шей планете. С учетом транспирации воды растениями поглощения ее в биогеохимическом цикле весь запас воды на Земле распадается и восстанавливается за 2 млн. лет.

Круговорот углерода. Продуценты усваивают углекислый газ из атмосферы и переводят его в органические вещества, консументы поглощают углерод в виде органических веществ с телами продуцентов и консументов низших порядков, Редуценты минерализуют органические вещества и возвращают углерод в атмосферу в виде углекислого газа. В Мировом океане круговорот углерода усложнен тем, что часть углерода, содержащаяся в мертвых организмах, опускается на дно и накапливается в осадочных породах. Эта часть углерода выключается из биологического круговорота и поступает в геологический круговорот веществ.

Главным резервуаром биологически связанного углерода являются леса, они содержат до 500 млрд. т этого элемента, что составляет 2/3 его запаса в атмосфере. Вмешательство человека в круговорот углерода приводит к возрастанию содержания CO_2 в атмосфере и развитию парникового эффекта.

Скорость круговорота CO_2 , то есть время, за которое весь углекислый газ атмосферы проходит через живое вещество, составляет 300 лет.

Круговорот кислорода. Главным образом круговорот кислорода происходит между атмосферой и живыми организмами. В основном свободный кислород поступает в атмосферу в результате фотосинтеза зеленых растений, а потребляется в процессе дыхания животными, растениями и микроорганизмами и при минерализации органических остатков. Незначительное количество кислорода образуется из воды и озона под воздействием ультрафиолетовой радиации. Большое количество кислорода расходуется на окислительные процессы в земной коре, при извержении вулканов и т.д. Основная доля кислорода продуцируется растениями суши – почти $\frac{3}{4}$, остальная часть - фотосинтезирующими организмами Мирового океана. Скорость круговорота – около 2 тыс. лет.

Установлено, что на промышленные и бытовые нужды ежегодно расходуется 23% кислорода, который образуется в процессе фотосинтеза, и эта цифра постоянно возрастает.

Круговорот азота. Запас азота в атмосфере огромен (78% от ее объема). Однако растения поглощать свободный азот не могут, а только в связанной форме, в основном в виде NH_4^+ или NO_3^- . Свободный азот из атмосферы связывают азотфиксирующие бактерии и переводят его в доступные растениям формы. В растениях азот закрепляется в органическом веществе (в белках, нуклеиновых кислотах и пр.) и передается по пищевым цепям. После отмирания живых организмов редуценты минерализуют органические вещества и превращают их в аммонийные соединения, нитраты, нитриты, а так же в свободный азот, который возвращается в атмосферу.

Нитраты, нитриты хорошо растворимы в воде и могут мигрировать в подземные воды и растения и передаваться по пищевым цепям. Если их количество излишне велико, что часто наблюдается при неправильном применении азотных удобрений, то происходит загрязнение вод и продуктов питания, и вызывает заболевания человека. Скорость круговорота – около 10^8 лет.

Круговорот фосфора. Основная масса фосфора содержится в горных породах, образовавшихся в прошлые геологические эпохи. В биогеохимический круговорот фосфор включается в результате выветривания горных пород.

В наземных экосистемах растения извлекают фосфор из почвы (в основном в форме PO_4^{3-}) и включают его в состав органических соединений (белков, нуклеиновых кислот, фосфолипидов и др.) или оставляют в неорганической форме. Далее фосфор передается по цепям питания. После отмирания живых организмов и с их выделениями фосфор возвращается в почву.

При неправильном применении фосфорных удобрений, водной и ветровой эрозии почв большие количества фосфора удаляются из почвы. С одной стороны это приводит к перерасходу фосфорных удобрений и истощению запасов фосфорсодержащих руд (фосфоритов, апатитов и др.). С другой стороны, поступление из почвы в водоемы больших количеств таких биогенных элементов, как фосфор, азот, сера и др., вызывает бурное развитие синезеленых водорослей и других растений («цветение» воды) и эвтрофикацию водоемов. Но большая часть фосфора уносится в море.

В водных экосистемах фосфор усваивается фитопланктоном и передается по трофической цепи вплоть до морских птиц. Их экскременты (гуано) либо сразу попадают назад в море, либо сначала накапливаются на берегу, а затем все равно смываются в море. Из умерших морских животных, особенно рыб, фосфор снова попадает в море и в круговорот, но часть скелетов рыб достигает больших глубин, и заключенный в них фосфор снова попадает в осадочные породы, то есть выключается из биогеохимического круговорота.

Круговорот серы. Основной резервный фонд серы находится в отложениях и почве, но в отличие от фосфора имеется резервный фонд и в атмосфере. Главная роль в вовлечении серы в биогеохимический круговорот принадлежит микроорганизмам. Одни из них восстановители, другие – окислители.

В горных породах сера встречается в виде сульфидов (FeS , и др.) в растворах – в форме иона (SO_2^{2-}), в газообразной фазе в виде сероводорода (H_2S) или сернистого газа (SO_2). В некоторых организмах сера накапливается в чистом виде (S) и при их отмирании на дне морей образуются залежи самородной серы.

По содержанию в морской среде сульфат-ион занимает второе место после хлора и является основной доступной формой серы, которая потребляется автотрофами и включается в состав белков.

В наземных экосистемах сера поступает в растения из почвы в основном в виде сульфатов. В живых организмах сера содержится в белках, в виде ионов и т.д. После гибели живых организмов часть серы восстанавливается в почве микроорганизмами до H_2S , другая часть окисляется до сульфатов и вновь включается в круговорот. Образовавшийся сероводород улетучивается в атмосферу, там окисляется и возвращается в почву с осадками.

Сжигание человеком ископаемого топлива (особенно угля), а также выбросы химической промышленности, приводит к накоплению в атмосфере сернистого газа (SO_2), который, реагируя с парами воды, выпадает на землю в виде кислотных осадков.

Биогеохимические циклы не столь масштабны как геологические и в значительной степени подвержены влиянию человека. Хозяйственная деятельность нарушает их замкнутость, они становятся ациклическими.

4. ЭВОЛЮЦИЯ БИОСФЕРЫ

Эволюция - это необратимый постепенный закономерный процесс исторического развития природы (*филогенез*). В основе эволюции биосферы лежит зарождение и развитие жизни на нашей планете.

Ученые считают, что возраст нашей Галактики 10-12 млрд. лет, Солнца 5 млрд. лет, Земли около 4,5 млрд. лет. Жизнь зародилась (первые живые организмы) на Земле 3,8 млрд. лет назад.

Эволюция биосферы осуществлялась под влиянием двух главных факторов: геологических и климатических изменений. С момента возникновения биосфера претерпевает постоянные изменения, которые проявляются в увеличении разнообразия видов, в усложнении их организации, в росте биомассы. В процессе жизнедеятельности организмов в корне преобразовалась и неживая часть биосферы. В атмосфере появился свободный кислород, в верхних слоях - озоновый экран.

Углекислота, извлеченная организмами из воды и воздуха, законсервировалась в отложениях угля, карбоната кальция. Некоторые вещества надолго выключились из круговорота веществ (полезные ископаемые). Вместе с тем происходило выветривание горных пород, в котором живые организмы так же принимали активное участие.

Облик планеты постоянно менялся, но жизнь продолжала существовать и развиваться. Возникали новые формы организмов, а неспособные продолжать «эстафету жизни» вымирали.

Таким образом, суммарная жизнедеятельность развивающихся видов организмов определяет особенности биосферы, которая в свою оче-

редь обуславливает возможность выживания и направление эволюционных преобразований отдельных видов.

При изучении органического мира Земли было установлено, что организмы по их строению можно разделить на 2 группы: клеточные и неклеточные. Большинство организмов имеют клеточное строение, и только организмы образующие царство «вирусы» - имеют неклеточное строение. Клеточные организмы разделяют на 2 группы: безъядерные (протокариоты), ядерные (эукариоты). Эукариоты разделились на царство животных, растений и грибов.

Основные черты эволюции растений:

- переход от гаплоидности к диплоидности;
- освобождение процесса полового размножения от капельно-жидкой воды, потеря подвижности мужских гамет, переход от наружного оплодотворения к внутреннему, возникновение двойного оплодотворения;
- дифференциация тела с переходом к наземным условиям: деление на корень, стебель, лист, развитие проводящей системы, совершенствование тканей;
- специализация опыления, распространение семян и плодов животными. Усиление защиты зародыша от неблагоприятных условий (образование покровов, обеспечивает пищей и т.д.).

В эволюции животных можно выделить несколько основных направлений развития:

- возникновение многоклеточности;
- возникновение твердого скелета (наружного у членистоногих, внутреннего у позвоночных);
- развитие центральной нервной системы (ЦНС) по типу инстинктов или рефлексов;
- развитие социальности (соединение животных в группы, стада).

Вслед за изменившимися условиями среды происходят внутренние, а затем и внешне изменения, что обеспечивало организмам наиболее благоприятные возможности роста, развития и размножения. Этот путь приспособительных изменений отметил и обобщил Ч. Дарвин.

Наиболее важные положения эволюционной теории Ч. Дарвина могут быть сведены к 4 основным тезисам (законам):

- все организмы изменчивы;
- различия, приобретенные организмами передаются по наследству
- борьба за существование и естественный отбор (в благоприятных условиях любые организмы могут размножаться столь интенсивно, что в состоянии заполнить всю Землю, но этого не случается, т.к. в процессе развития многие особи погибают, выживают только сильнейшие и оставляют наиболее приспособленное потомство. Из поколения в поколение происходит отбор лучших форм природы);

- распространенность и численность вида зависит от количества оставляемого потомства.

Основные этапы эволюции биосферы с точки зрения закономерности и последовательности формирования основных сред жизни:

- возникновение и развитие жизни в воде;
- появление у гидробионтов симбионтов (паразиты, мутуалисты и др.) т.е. формирование новой среды жизни – организмов – хозяев;
- заселение организмами суши со сформировавшимися новыми средами жизни: наземно-воздушной и почвенной;
- появление человека и превращение его из обычного биологического вида в биосоциальное существо;
- переход биосферы под влиянием разумной деятельности человека в новое качественное состояние - в ноосферу.

5. СВОЙСТВА БИОСФЕРЫ

1. *Целостность и дискретность.* Обусловлена взаимосвязью ее компонентов и достигается круговоротом вещества и энергии. Изменение одного компонента приводит к изменению других и биосферы в целом.

На понимании целостности биосферы основывается теория и практика рационально природопользования. Учет этой закономерности позволяет предвидеть возможные изменения в природе, дать прогноз результатам воздействия человека на природу.

2. *Централизованность.* Центральным звеном биосферы выступают живые организмы (живое вещество). Это свойство, к сожалению, часто недооценивается человеком и в центре биосферы ставится только один вид – человек (идеи антропоцентризма).

3. *Устойчивость и саморегуляция.* Биосфера способна возвращаться в исходное состояние, гасить возникающие возмущения. Гомеостатические механизмы связаны в основном с живым веществом, его свойствами и функциями. Биосфера за свою историю пережила ряд таких возмущений, многие из которых были значительными по масштабам (извержение вулканов, землетрясение, встречи с астероидами и т.п.).

4. *Ритмичность.* Повторяемость во времени тех или иных явлений. В природе существуют ритмы разной продолжительности. Основные из них – суточный, годовой, внутривековые и сверхвековые.

5. *Круговорот веществ и энергозависимость.* Существование биосферы невозможно без поступления энергии извне. Основная доля приходится на энергию Солнца. Круговорот веществ обеспечивает неисчерпаемость отдельных атомов химических элементов. При отсутствии круговорота, например, за короткое время был бы исчерпан основной «строительный материал» живого – углерод.

6. *Горизонтальная зональность и высотная поясность.* Горизонтальная зональность – закономерное изменение природной среды по направлению от экватора к полюсам. Зональность обусловлена неравномерным количеством поступающего на разные широты тепла в связи с шарообразной формой Земли.

Высотная поясность – закономерная смена природной среды с подъемом в горы от подножия до вершин. Она обусловлена изменением климата с высотой. Смена поясов в горах происходит в той же последовательности, как и на равнине при движении от экватора к полюсам.

7. *Большое разнообразие.*

Это свойство обусловлено следующими причинами:

- разными средами жизни;
- разнообразием природных зон, различающихся по климатическим, гидрологическим, почвенным и др. свойствам;
- наличием регионов, различающихся по химическому составу (геохимические провинции);
- биологическим разнообразием живых организмов.

Под биологическим разнообразием подразумеваются все виды растений, животных, микроорганизмов, а также все виды экосистем, экологических процессов, носителями которых эти виды являются.

Разнообразие обеспечивает возможность дублирования, подстраховки, замены одних звеньев другими, степень сложности и прочности пищевых и других связей. Поэтому разнообразие рассматривают как основное условие устойчивости любой экосистемы и биосферы в целом.

6. ЗАКОНЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БИОСФЕРЫ

Задачей экологии, как любой другой науки, является поиск законов функционирования и развития данной отрасли реальности. Авторство многих из них определить очень сложно, так как некоторые законы, правила и принципы открывались повторно и многократно. Мы с вами рассмотрим некоторые, наиболее важные из них.

Закон целостности биосферы можно сформулировать так: *био-генный ток атомов между компонентами биосферы связывает их в единую материальную систему, в которой изменение даже одного звена влечет за собой сопряженное изменение всех остальных.* Следовательно, целостность биосферы обусловлена непрерывным обменом вещества и энергии между ее составными частями.

Характеристика природных экосистем показывает, что экосистемы и ландшафты в целом представляют единое энергетическое поле, а это значит, целостность биосферы это и целостность ландшафтной оболочки Земли и, соответственно, наоборот - целостность ландшафтной оболочки обеспечивает и целостность биосферы. Изменения в общей энергетике ландшафта, например, изменение количества осадков и температуры,

влекут за собой и сопряженные изменения всех звеньев в биосферной его части - возникает цепная реакция.

Примером действия закона целостности являются процессы, происходящие в экосистемах пустыни Атакама и прилегающей к ней части океана, которая находится на западном побережье Южной Америки, и пустынность ее обусловлена холодным Перуанским течением (количество осадков 10-50мм/год). Холодные же океанские воды (зона апвеллинга) богаты фито- и зоопланктоном и рыбой. Но раз в 8-12 лет от экватора начинает распространяться теплое течение Эль-Ниньо. Приход бедных кислородом малопродуктивных вод приводит к катастрофическому изменению экосистемы: рыба - анчоусы, которых здесь вылавливают до 12 млн. т в год, практически исчезает (улов падает до 1,8 млн. т). Морские птицы, питающиеся рыбой, гибнут или улетают. В этот же период над пустыней Атакама разражаются тропические ливни, вызывающие мощные наводнения, появляются растения - эфемеры и масса насекомых. Пустыня «цветет». Такое состояние может продолжаться до 5-6 месяцев, но затем снова теплое течение Эль-Ниньо отодвигается к экватору, в район Галапагосских островов, а холодное Перуанское – занимает свое обычное место. И все природные процессы развиваются в обратном направлении.

Изучение этого явления в течение многих десятилетий показало, что оно влияет на значительно большую часть биосферы - выпадение осадков в Атакамане приводит к засухе, например, в Судане и Эфиопии, из чего следует, что при решении практических задач рационального природопользования необходимо учитывать закон целостности. Наиболее ярким примером несоблюдения закона целостности служит деградация экосистемы Приаралья. Но в отличие от приведенного примера, опустынивание Приаралья и обмеление Аральского моря - процессы не циклические и не природные, а практически необратимые антропогенные (ациклические).

Закон эволюционной необратимости (Закон существования вида)

Любая экосистема находится в развитии. Живые организмы рождаются и умирают, продолжительность их существования на Земле ограничена. Чем более высокоорганизован вид, тем меньшую продолжительность существования он имеет. Это связано с тем, что отсутствует естественный отбор, среда обитания загрязняется. Быстрее вымирают узкоприспособленные виды и виды, особи которых имеют крупные размеры. Минимальный срок существования у низкоорганизованных видов составляет до 50 млн. лет и более, у высших видов от 20-50 тыс. лет. Средняя продолжительность существования видов птиц – 2 млн. лет, млекопитающих – 800 тыс. лет. У видов сельскохозяйственных растений и животных продолжительность существования еще короче.

Закон эволюционной необратимости предполагает, что экосистема не может вернуться к своему первоначальному состоянию после потери части своих компонентов. В результате того, что среда обитания изменяется, вымершие виды живых организмов вновь возникнуть не могут.

Реймерс Н.Ф. (1982) к этому закону ввел *закон ускорения эволюции*, по которому темпы вымирания видов ускоряются с развитием экосистемы. Ежегодно вымирает один из видов животных организмов и несколько видов растений, сокращается число сортов и пород в сельскохозяйственном производстве. Длительность каждой следующей сукцессии короче предыдущей.

Закон внутреннего динамического равновесия

Открытие этого закона принадлежит В.И. Вернадскому. Изучая изменения в природе, он установил, что любая биологическая система, эволюционно развиваясь, изменяется и это изменение тесно связано с изменением самой среды. По этому закону все составные части природного комплекса находятся во взаимной связи и динамическом равновесии.

Существует физико-химическое единство живого вещества. Это можно увидеть на взаимодействии растений и животных, выделяющих и потребляющих кислород и углекислый газ. Содержание кислорода и углекислого газа в воздухе остается постоянным, хотя меняется численность и состав растений. Изменяется и количество видов представителей животного мира.

В сельскохозяйственном производстве существует связь между соотношением видов угодий. В любом хозяйстве нельзя иметь только пашню, иначе почва деградирует. Распаханность в местностях со сложным рельефом не должна превышать 50% к общей площади земельных угодий. Леса, кустарники, луга должны составлять не менее 25-30%, а урбанизованная площадь и прочие угодья – не более 10%. Природа не терпит больших полей (более 100-150 га), с каждым полем должны соседствовать лесные и луговые площади, где поселяются птицы и необходимые насекомые, особенно энтомофильные.

Существует динамическое равновесие между площадью кормовых угодий и числом коров. Считается, что на 1 голову крупного рогатого скота должно быть не менее 0,5 га сенокосных угодий.

В природе есть равновесие между числом хищников и числом их жертв. Вмешательство людей, уничтожающих хищных птиц, лисиц и других хищников, ведет к размножению грызунов и снижению урожайности, распространение болезней.

Закон снижения энергетической эффективности природопользования

С ходом исторического времени при получении из природных систем полезной продукции на ее единицу в среднем затрачивается все больше энергии.

Например, расход топлива в России на единицу сельскохозяйственной продукции с 1940 года вырос в 15 раз. Увеличение затрат топлива более чем в 15 раз привело лишь к незначительному повышению урожайности (на 10-15%). Каждая прибавка урожая ведет к возрастанию затрат в геометрической прогрессии.

В последнее время получили широкую известность «законы» экологии Б. Коммонера: *1 – все связано со всеми; 2 - все должно куда-то деваться; 3 – природа «знает» лучше; 4 – ничто не дается даром.*

Всеобщая связь процессов и явлений природы отображена первым законом Коммонера. Второй закон отрицает безотходное производство, а третий - подтверждает факт того, что, стараясь улучшить природные системы, человек лишь вредит природе. Основываясь на законе «Природа «знает» лучше» необходимо предельно осторожно относиться к «проектам века» - строительству крупных заводов, каналов, освоению или мелиорации крупных массивов земель и т.п.

По четвертому закону глобальную экосистему (биосферу) можно представить как единое целое, где нет ничего лишнего, и ничто не теряется. Биосфера не может быть объектом всеобщего улучшения. Все, что из нее извлекает человек, должно быть возвращено.

Вопросы

1. Дайте определение биосферы: какова ее структура?
2. Назовите лимитирующие факторы распространения живых организмов в биосфере (в аэробiosфере, гидробиосфере, геобиосфере).
3. Что такое «живое», «биогенное», «биокосное» и «косное» вещество?
4. В чем заключаются биологические функции живого вещества.
5. Свойства биосферы.
6. Что представляет собой круговорот веществ в природе?
7. Как происходят круговороты углерода, азота и кислорода?
8. Как происходят круговороты фосфора и серы и в чем своеобразие их биогеохимических циклов?
9. Как взаимосвязаны эволюция биосферы и ее биоразнообразие?
10. В чем суть регулирующего воздействия живого вещества на окружающую среду?
11. В чем суть закона целостности биосферы как глобальной экосистемы?
12. Закон экологии Б. Коммонера «Все связано со всем».
13. Закон экологии Б. Коммонера «Все должно куда-то деваться».
14. Закон экологии Б. Коммонера «Природа «знает» лучше».
15. Закон экологии Б. Коммонера «Ничто не дается даром».

ЛЕКЦИЯ 8.

ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ПРИРОДЫ И ОБЩЕСТВА

Вопросы:

1. *Понятия экологический кризис, экологическая катастрофа, стихийные бедствия.*
2. *Загрязнение окружающей среды.*
3. *Воздействие на биосферу физических факторов.*
4. *Деградация окружающей природной среды и здоровье человека.*
5. *Нормирование качества окружающей среды.*

1. ПОНЯТИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КРИЗИС, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КАТАСТРОФА, СТИХИЙНЫЕ БЕДСТВИЯ

Взаимоотношения общества и природы – это воздействие человеческого общества (антропогенных факторов) на природу и природы (природных факторов) на здоровье и хозяйственную деятельность человека.

В результате длительной эволюции биосфера выработала способность к саморегуляции и нейтрализации негативных процессов. Достигалось это:

- посредством сложного механизма круговорота веществ;
- приспособлением организмов к изменяющимся внешним условиям путем изменения внутривидовой информации.

Гарантом динамической устойчивости биосферы служила естественная биота в виде сообществ и экосистем.

Глубина экологических последствий воздействия человека на природу зависит от:

- численности населения;
- стиля жизни;
- экологического сознания.

Эту связь можно оценить формулой:

$$\text{Экологические последствия} = \frac{\text{Численность населения} \times \text{Стиль жизни}}{\text{Уровень экологического сознания}}$$

Чем больше численность населения и выше стиль жизни, тем сильнее истощение природных ресурсов и загрязнение окружающей среды. И, наоборот, чем выше экологическое сознание населения, тем менее выражены эти негативные последствия.

К этому времени на Земле почти не сохранилось районов, на которых не сказывались последствия хозяйственной деятельности. Даже во льдах Антарктиды были обнаружены радиоактивные осадки, следы ДДТ и некоторых металлов.

Подавляющая часть антропогенных воздействий носит *целенаправленный характер*, т.е. осуществляется человеком сознательно во имя достижений конкретных целей.

Несбалансированные взаимоотношения общества и природы часто приводит к экологическому кризису (чрезвычайной экологической ситуации) или даже экологической катастрофе (экологическому бедствию).

Стадию взаимодействия общества и природы, при которой до предела обостряются противоречия между хозяйственной деятельностью человека и экологией, экологическими интересами общества в освоении природных богатств и экологическими требованиями по охране окружающей среды *называют экологическим кризисом (чрезвычайно экологическая ситуация)*.

На самом деле экологический кризис представляет собой своего рода нарушение равновесия в природных системах между их составными частями: водой, воздухом, почвой, животным и растительным миром, человеком и его деятельностью. Поскольку в природе все взаимосвязано, нарушение одного компонента (например, истощение водных запасов) ведет к изменению других (иссушение и похолодание климата, изменения почв и видового состава организмов). При такой ситуации возникает дисбаланс между возможностями природы и потребностями человека, что неизбежно приводит к обострению взаимоотношений в обществе.

По структуре экологический кризис принято делить на 2 части: естественную, социальную.

- *естественная* свидетельствует о наступлении деградации (разрушении) окружающей природной среды;

- *социальная* заключается в неспособности государственных и общественных структур остановить деградацию окружающей среды и оздоровить ее.

Существует 5 основных направлений решения проблемы экологического кризиса.

1. Совершенствование технологии – создание экологически чистых технологий, внедрение ресурсосберегающих малоотходных технологий, обновление основных фондов.

2. Развитие и совершенствование экономического механизма охраны окружающей среды – экономическое стимулирование, платежи за сброс отходов, налоговые льготы, льготы за выпуск экологически чистой продукции.

3. Применение мер административного пресечения и мер юридической ответственности за правонарушения, привлечение к административной, уголовной и гражданской ответственности за причинение вреда окружающей среде.

4. Экологическая культура – развитие системы экологического образования, просвещения, воспитания для экологической революции в мышлении человека.

5. Международное сотрудничество.

Пути решения экологического кризиса должны быть универсальными, комплексными, глобальными, гуманитарными, связанными с экономикой. Только тогда возможен определенный эффект.

Экологическая катастрофа (экологическое бедствие) – экологическое неблагополучие, характеризующееся глубокими необратимыми изменениями окружающей среды и существенным ухудшением здоровья населения. Это природная аномалия, нередко возникающая на основе прямого или косвенного воздействия человеческой деятельности на природные процессы и ведущая к острым неблагоприятным экологическим последствиям или массовой гибели населения определенного региона (например, опустынивание).

Причинами катастроф были и климатические перестройки, связанные с периодами горообразования, движения или таяния ледников, глобальные потепления или похолодания. В результате экологической катастрофы происходит вымирание одних видов и возникновение других новых видов по своей организации отличающихся от предшествующих.

Принципиальным различием между экологическим кризисом и экологической катастрофой является следующее: **кризис** – обратимое явление, в котором человек выступает активно действующей стороной, **катастрофа** – необратимое явление, здесь человек уже лишь пассивная, страдающая сторона

В последние годы в нашей стране наметилась устойчивая тенденция роста техногенных аварий и катастроф, которые обусловлены нарушениями техники безопасности, ошибками людей либо их бездействием, поломками, влиянием стихийных бедствий и т.д.

Техногенная экологическая катастрофа – это авария технического устройства (атомной электростанции, танкера и т.д.), приведшая к весьма неблагоприятным изменениям к окружающей природной среды и, как правило, к массовой гибели живых организмов и экономическому ущербу. Аварии и катастрофы возникают внезапно, имеют локальный характер, но экологические последствия их могут распространяться на весьма значительные сроки и расстояния.

Наибольшую опасность представляют катастрофы на радиационных объектах, химических предприятиях, нефте- и газопроводах, транспортных системах, плотинах водохранилищ.

Самая крупная в истории человечества техногенная катастрофа, с трагическими последствиями, произошла 26 апреля 1986 г. *на четвертом энергоблоке Чернобыльской АЭС*. От острой лучевой болезни погибли 29 человек, эвакуировано более 120 тыс., общее число пострадавших превысило 9 млн. человек. Следы чернобыльского «события» в геномном аппарате человечества, по свидетельству медиков, исчезнут лишь через 40 поколений.

Очень опасны и тяжелы по экологическим последствиям крупные аварии и катастрофы на *химических объектах*. В этих случаях происходит заражение отравляющими веществами всего приземного слоя атмосферы, водных источников, почв и т.д.

Примером экологической катастрофы, связанной *с морскими транспортными системами*, можно назвать загрязнение Азовского и Черного морей нефтепродуктами после серии кораблекрушений в Керченском проливе 11 ноября 2007 г.. Было отмечено 50-кратное превышение ПДК нефтепродуктов в воде, произошла массовая гибель птицы и рыбы. По масштабам данная катастрофа наиболее близка к Чернобыльской катастрофе.

Ежегодно на территории России происходят десятки аварий и катастроф с тяжелыми экологическими последствиями, в которых гибнут сотни людей. Это аварии на воздушном и железнодорожном транспорте, а также связанные с выбросами ядовитых газов – аммиака и пропана, со взрывами метана на угольных шахтах, взрывами нефте-газопроводов.

Катастрофические экологические ситуации создают ***стихийные бедствия*** – явления природы, как правило, сопровождающиеся огромными людскими и материальными потерями.

К стихийным бедствиям относятся:

- *землетрясения*. Экологические последствия землетрясений весьма значительны. Для них характерно, в частности: массовая гибель и поражение людей и животных, нарушение устойчивости экосистем; резкое ухудшение санитарной обстановки, опасность эпидемий и т.д.;

- *вулканические извержения* наносят огромный ущерб хозяйственной деятельности человека, сильно загрязняют атмосферу, вызывают большие разрушения естественных экосистем и часто приводят к человеческим жертвам;

- *наводнения*. Огромное дестабилизирующее влияние наводнений на экологическую обстановку заключается в массовой гибели людей и животных, сельскохозяйственных культур, садов, виноградников.

Весьма опасны для людей и биоты – ***засухи*** – длительные периоды сухой погоды, чаще при повышенной температуре, с отсутствием или крайне незначительным количеством осадков. Длительная, жестокая засуха – это бедствие, приводящее к тяжелым экологическим последствиям: деградации природных экосистем, резким колебаниям

численности популяций животных, гибели растений, катастрофическому неурожаю, а в определенных экономических условиях - к массовой гибели людей от голода. Такие засухи в России были в 1891, 1911, 1921, 1946 гг.

На Земле постоянно возникают и такие грозные стихийные бедствия, как *оползни, обвалы, селевые потоки*. Все они имеют гравитационную природу и выражаются в смещении земляных масс вниз по склону. Оползни и другие процессы, особенно если они активизированы техногенными факторами, могут вызвать катастрофические последствия и причинить большой ущерб человеку, биоте и всей природной среде.

Только на основе научного прогноза и своевременного предупреждения возможно снизить экологический ущерб от стихийных бедствиях.

2. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Загрязнением называют поступление в окружающую среду любых твердых, жидких и газообразных веществ, микроорганизмов или энергий (в виде звуков, шумов, излучений) в количествах, вредных для здоровья человека, животных, состояния растений и экосистем

Загрязнение может возникать в результате естественных причин (*природное загрязнение*: пыльные бури, вулканический пепел и др.) или под влиянием деятельности человека (*антропогенное загрязнение*).

Под масштабом загрязнения может быть глобальным, региональным и локальным (местным).

- *локальное (местное)* - характерно для городов, районов добычи полезных ископаемых, крупных животноводческих комплексов;

- *региональное* – охватывает значительные территории, обычно как результат влияния крупных промышленных районов;

- *глобальное* – распространяется на большие расстояния от места возникновения и оказывает неблагоприятные воздействия на крупные регионы, вплоть до общепланетарного влияния (чаще всего связано с выбросами в атмосферу).

По объектам загрязнения различают *загрязнения атмосферного воздуха, загрязнение поверхностных и подземных вод, загрязнение почв, и т.д., и даже загрязнение околоземного космического пространства*.

Особенно опасно загрязнение атмосферного воздуха, т.к. передвижение загрязнителей в атмосфере, не соблюдает границ, т.е. *трансгранично*. Под *трансграничными загрязнениями* понимают загрязнения, перенесенные с территории одной страны на площадь другой.

Рассматривая процесс загрязнения с позиции нежелательных для экосистем антропогенных изменений его можно классифицировать на системном подходе следующим образом (рис. 15):

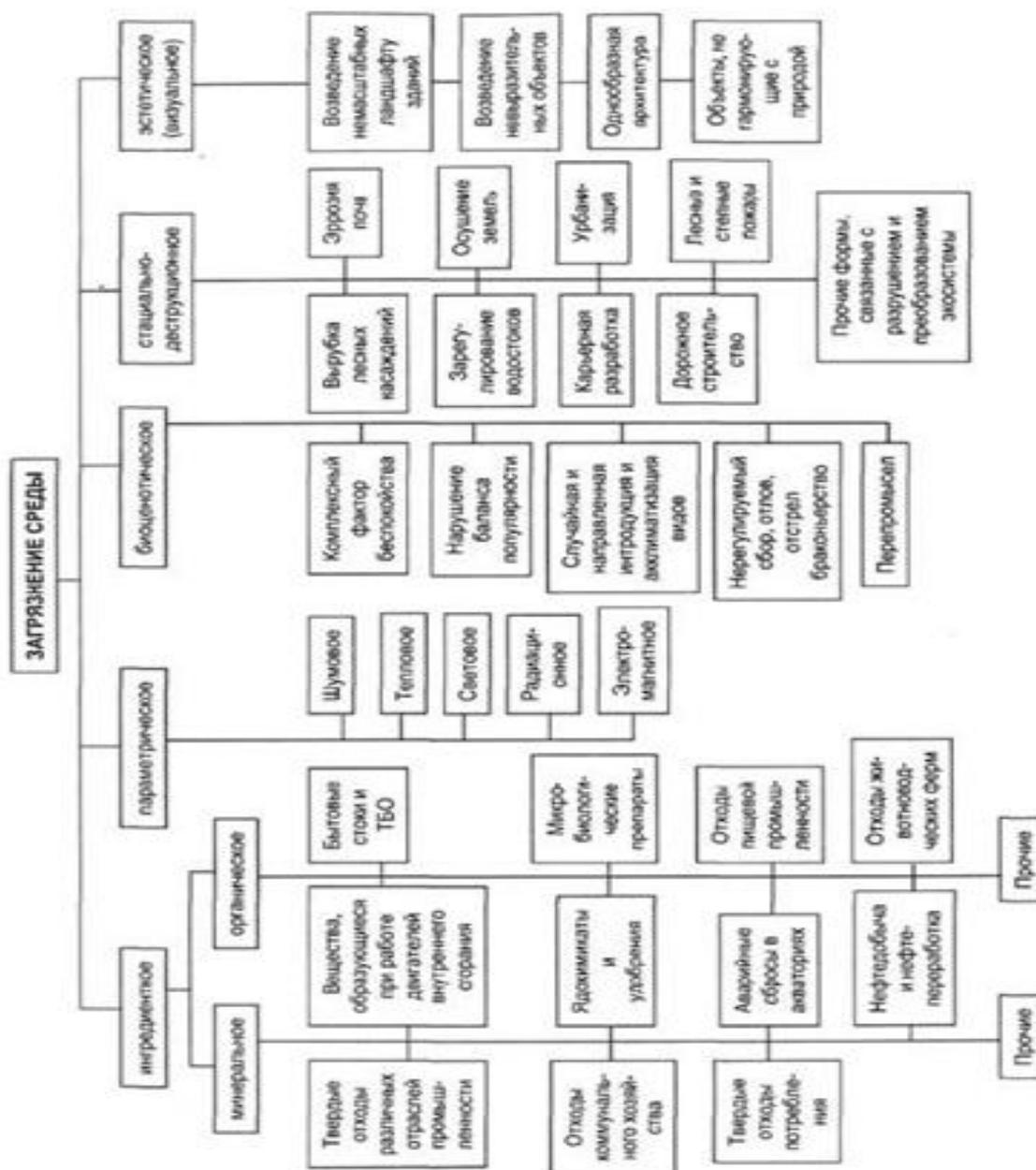


Рисунок 15 – Классификация загрязнения экологических систем

- *ингредиентное загрязнение* – совокупность веществ, количественно или качественно чуждых естественным биогеоценозам (бытовые стоки, ядохимикаты и удобрения, продукты сгорания и т.д.);
- *параметрическое загрязнение* – изменение качественных параметров окружающей среды (шумовое, тепловое, световое, радиационное, электромагнитное).
- *биоценозное загрязнение* – воздействия, вызывающие нарушения в составе и структуре популяций живых организмов

(перепромысел, направленная интродукция и акклиматизация видов и т.д.);

- *стационально-деструкционное загрязнение* (от слов станция – место обитания популяции, деструкция – разрушение) – воздействие, приводящее к нарушению и преобразованию ландшафтов и экосистем в процессе природопользования (вырубка лесов, эрозия почв, урбанизация, зарегулирование водотоков и пр.).

Классификация веществ – загрязнителей

По *агрегатному* составу загрязнители делят на:

- *газообразные* (угарный, углекислый, сернистый, оксиды азота и т.д.);

- *жидкие* (сточные воды, содержащие в растворенном состоянии соли, тяжелые металлы, метанол, этанол, бензол и т.д.);

- *твердые* (порода после добычи каменного угля, зола после сжигания твердого топлива при работе ТЭЦ, хлорид кальция при производстве соды и т.д.).

Большое значение для экологии имеет классификация загрязнителей по *токсичности (ядовитости)*. По этому признаку различают 4 класса веществ загрязнителей:

1 класс – *чрезвычайноопасные* – ртуть и ее соединения, гексохлоран, диоксины, бензапирен, соединения серебра, хрома, свинец, мышьяк. При воздействии этих веществ на организм человека возникают раковые заболевания, нарушается деятельность ЦНС, возникают другие заболевания, возможен летальный исход.

2 класс – *высокотоксичные* - сероводород, бензол, оксиды азота, кислородные соединения хлора, соединения меди, никеля. Это сильные яды, провоцируют раковые заболевания, вызывают общие отравления, экзему, нервный паралич.

3 класс – *умеренноопасные* – уксусная кислота, сероуглерод, спирт метиловый, табак, фенол, диоксид свинца, уксусный и муравьиный альдегид. При их воздействии на организмы нарушается работа отдельных органов, особенно опасны в больших количествах.

4 класс – *малоопасные* – аммиак, угарный и углекислый газы, хлориды цинка, алюминия, марганца, железорудные окатыши, бокситы, глинозем (оксид алюминия), известняк и др. В больших количествах вызывают отравления организма.

По *характеру воздействия на среду* выделяют загрязнители физические и материальные.

Физические - изменяют физические свойства окружающей среды. Они связаны с поступлением во внешнюю среду различных энергетических загрязнителей (тепло, свет, шум, электромагнитные поля, радиация).

Материальные загрязнители подразделяются на механические, химические, биологические.

- *механические* – занимают пространство, не оказывая токсического воздействия на организмы. Например, при поверхностной добыче сырья, в частности щебня, песка и т.д. (пыль, твердые частицы в почве, в воде);

- *химические* - изменяют химический состав среды (тяжелые металлы, пестициды, кислоты, щелочи, СПАВ, газы CO₂, SO₂, NO₂, NH₃ и другие ксенобиотики). Оказывают воздействие на биоту, вступая в биохимические процессы, протекающие в организмах (например, нитраты реагируют с гемоглобином, превращая его в метгемоглобином, который теряет способность переносить O₂ к клеткам тела). Среди химических загрязнителей выделяют как наиболее опасные семь групп веществ: двуокись азота в воздухе, бензол в воздухе, пестициды в воде, нитраты в воде, диоксины в пищевых продуктах и в почве, полихлорированные дифенилы в пищевых продуктах, соляная кислота в почве.

Чужеродные для живых организмов химические вещества, естественно не входящие в биотический круговорот и как правило порожденные хозяйственной деятельностью человека называются **ксенобиотики** (от греч. чужой и жизнь)

- *биологическое* загрязнение разделяется на биотическое, микробиологическое, генная инженерия (трансгенные растения).

Биотическое – распространение сорной растительности или животных, наносящих вред хозяйственной деятельности человека (налеты саранчи, распространение крыс и других мышевидных грызунов), а так же распространение в окружающей среде биогенных веществ (выделений сельскохозяйственных животных, выбросов мясокомбинатов, молокозаводов, пивзаводов, предприятий производящих антибиотики, загрязнение трупами).

Микробиологическое загрязнение связано либо с сильным распространением болезнетворных микроорганизмов (например, холеры, чумы), либо с приобретением безвредными формами организмов ярко выраженных патогенных свойств (например, возникновение вируса СПИДа во второй половине 20 века).

Генная инженерия (трансгенные растения). Трансгенные (генетически модифицированные) растения – это растения, в собственно генетический материал которых, встроены чужеродные гены, делающие растения устойчивыми к вредителям и болезням.

По мнению института питания РАМН через 20 лет примерно половину нашего рациона будут составлять генетически измененные продукты.

По пищевым свойствам (содержанию белка, витаминов, необходимых аминокислот и других ценных составляющих) – продукты на

уровне традиционных. Рыночные цены не отличаются от цен на традиционные. Выгоды очевидны: сокращаются расходы на химические средства защиты, горючее, оплату труда механизаторов. Даже при высокой стоимости семян сеять их выгодно.

Но непредсказуемо поведение гена в чужом организме. Когда синтезируется белок, образуются неизученные компоненты, которые трудно определить, но которые могут вызывать негативные последствия, вплоть до *мутагенных, канцерогенных и токсических эффектов*. В этом отношении необходимо быть осторожными и проявлять разумный консерватизм.

По *отрицательному действию* на человека загрязнители подразделяются на:

- *канцерогены* – вызывают развитие злокачественных новообразований;
- *гонадотоксичные* – влияют на половые клетки;
- *эмбриотоксичные* – вызывают гибель эмбрионов или их развития;
- *тератогены* – вызывают в организме аномалии в процессе роста;
- *мутагены* – вызывают мутации в поколениях;
- *аллергены* – вызывают аллергические реакции;
- *эмбриотопные* – затрагивается кора головного мозга у детей.

По устойчивости к разложению – *персистентности* различают

- *очень стойкие* загрязнители – время разложения на нетоксичные компоненты свыше 2 лет;
- *стойкие* загрязнители – время разложения на нетоксичные компоненты от 0,5 до 2 лет;
- *умеренно стойкие* – время разложения на нетоксичные компоненты до 6 месяцев;
- *малостойкие* – время разложения на нетоксичные компоненты до 1 месяца.

Например, время разложения бумаги – 2-10 лет; консервной банки – 90 лет; фильтра от сигареты – 100 лет; полиэтиленового пакета – 200 лет; пластмассы – 500 лет; стекла – 1000 лет.

Для построения своего тела особи используют только часть потребляемой пищи, а остальное расходуется в энергетическом обмене. Однако, *неразлагающиеся ядовитые вещества не используются в энергетическом обмене и большей частью накапливаются (кумуляруются) в организме, особенно в том случае, если данное вещество имеет длительный период биологического полураспада.*

Коэффициент накопления неразлагающихся веществ-загрязнителей, особенно биоцидов, в большинстве случаев составляет около 10 на каждую ступень пищевой цепи.

Таким образом, рыбы могут содержать во много тысяч раз больше инсектицидов, чем окружающая их водная среда. Накопление ядов в пищевых цепях нередко усиливается тем, что особи, несущие в себе яд, легче становятся добычей хищников, чем остальные (из-за замедленной реакции, ограниченной подвижности под действием яда). В дальнейшем ядовитые вещества от хищных рыб переходят к ластоногим, к птицам, питающимся рыбой, и к человеку. Вследствие чего возрастает химическая нагрузка на организм человека (химическая нагрузка – общее количество вредных и токсических веществ, которые попадают в организм человека за время его жизни) (табл. 8).

Таблица 8 – Химическая нагрузка на одного жителя России за время жизни

Углеводороды	Угарный газ	Пестициды	Фториды	Фенол	Свинец	Ртуть	Тяжелые металлы
2,8 т	4,2 т	140 кг	6,3 кг	2,1 кг	1 кг	12 г	1 кг

Кумулятивный эффект в организме человека проявляется в виде накопления стресса, общей усталости, напряжения, переходящих в предболезнь.

Некоторые виды химических веществ обладают *синеризмом*. Действуя одновременно на организм даже в малых концентрациях одни вещества, могут усиливать или ослаблять действие других, а в некоторых случаях возможен неожиданный результат.

Например, усиливают действие следующие сочетания: ацетон - фенол; сернистый газ - фенол; сернистый газ - сероводород; SO₂-NO₂, O₃-NO₂-формальдегид.

Рассмотрим следующий простой пример с учетом общего правила, согласно которому отношение $C/ПДК \leq 1$, где C – фактическая, а ПДК – предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе. Допустим, что в воздухе одновременно присутствуют пары фенола и ацетона в концентрациях: $C_{\text{ацет.}} = 0,345 \text{ мг/м}^3$; $C_{\text{фен.}} = 0,009 \text{ мг/м}^3$. Соответствующие им ПДК 0,35 и 0,01 мг/м³, т.е. оба вещества присутствуют в концентрациях меньших, чем установленные для них ПДК. В каждом отдельном случае отношение концентрации к ПДК < 1, но эти вещества обладают эффектом суммации. Значит, их суммарная концентрация (0,345+0,009=0,354) выше, чем любая из ПДК, установленных для каждого вещества в отдельности. Следовательно, загрязнение воздуха превышает допустимое.

Многим загрязнителям характерно *триггерное* (от англ. – спусковой крючок) действие, а именно то или иное загрязнение может вызвать *природную цепную реакцию*, начинающуюся с какого-то одного наиболее чувствительного вида. Далее реакция передается по пищевой сети и ведет к поражению целой экосистемы. Например, фреоны оказывают токсическое действие на человека, но при малых дозах

эффект не заметен. Одновременно эти газы относятся к «парниковым» и при накоплении их в атмосфере возникают глобальные изменения такие как перераспределение осадков или потепление.

Они также разрушают озоновый слой и, как следствие происходит повышение мутагенного эффекта ультрафиолетовых лучей Солнца. Анализ всей цепочки показывает, что даже небольшие концентрации ведут к значительным изменениям в организме. Или другой пример. Исчезновение насекомого-опылителя делает невозможным в дальнейшем плодоношение растения, а следовательно появления новых поколений вида, размножающихся только семенами; это в свою очередь ведет к исчезновению животных, связанных с данным растением, а следовательно, их паразитов и т.д.

3. ФИЗИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ

На биосферу Земли постоянно воздействуют, наряду с химическими, многочисленные физические факторы. Значимость воздействия этих факторов антропогенного происхождения достаточно ощутима и продолжает увеличиваться, а в ряде случаев физическое воздействие на конкретные экосистемы значительно превышает химическое.

Физическое загрязнение связано с отклонением за пределы нормального диапазона колебаний параметров (уровня) физических абиотических факторов среды обитания *таких как температура, уровень звука, электромагнитное, радиационное и световое излучения.*

Тепловое загрязнение

Тепловое загрязнение является результатом рассеивания в окружающей среде теплоты, выделяющейся в многообразных тепловых процессах, прежде всего связанных со сжиганием топлива. По существующим оценкам ежегодно в мире сжигается до 5 млрд. т угля, 3,2 млрд. т нефти, т. е. высвобождается более 2×10^{20} Дж тепловой энергии, которая меняет температурный режим воздушной и водной среды, а также динамику происходящих там процессов. В промышленных районах количество вырабатываемой «энергии» столь велико, что соизмеримо с интенсивностью излучения Солнца на эту же площадь (табл. 9).

Таблица 9 – Сотношение интенсивности видов энергии в промышленных районах

Район	Площадь, км ²	Техногенная энергия, Вт/м ²	Излучение, Солнца, Вт/м ²
Фэрбенкс, Аляска (США)	37	18,6	18,1
Рурская область (ФРГ)	10 296	10,3	50,4
Лос-Анджелес (США)	3500	21,2	108,8
Берлин (ФРГ)	650	21,5	99,9
Манхэттен, Нью-Йорк (США)	59	630,0	93,7

Поэтому там образуются «острова тепла» и формируется особый микроклимат. Это явление характерно для городов, крупных населенных пунктов и особенно для мегаполисов.

Помимо влияния на общебиосферный процесс глобального потепления тепловое загрязнение локально воздействует на водные экосистемы. Именно повышение температуры воды способствует:

- превышению критических значений для «стенотермных» стадий жизненных циклов водных организмов;
- усилению восприимчивости организмов к токсическим веществам;
- замене обычной флоры водорослей синезелеными водорослями;
- снижению количества кислорода в воде из-за уменьшения его растворимости.

Замена тепловых теплоэлектростанций на атомные, уменьшая до некоторой степени химическое загрязнение среды, одновременно увеличивает тепловое загрязнение. Так, при производстве 3,6 МДж электроэнергии на тепловой электростанции потери теплоты (отходы) в атмосферу и воду, используемую для охлаждения, составляют соответственно 1,67 и 0,565 МДж, а на атомной электростанции - 0,544 и 7,95 МДж.

Шумовое (акустическое) загрязнение

Шумом называют любые звуки, мешающие жизнедеятельности организмов. Отсутствие шума особенно необходимо для животных, обменивающихся звуковой информацией, а также для анализирующих звуки окружающей среды с целью получения информации, в том числе сигналов тревоги. Поскольку адаптация организмов к шуму практически невозможна, шумы являются серьезным загрязнителем среды обитания.

Для человека шум — общебиологический раздражитель, который в определенных условиях может влиять на все органы и системы организма (включая нервную систему, зрение, вестибулярный аппарат, пищеварение, обмен веществ и т. п.). Наиболее полно изучено влияние шума на слуховой аппарат человека.

Высокие уровни шума (>60 дБ) вызывают жалобы, при 90 дБ органы слуха начинают деградировать, 110-120 дБ считаются болевым порогом, а уровень шума свыше 130 дБ – разрушительный для органа слуха предел. При шуме на уровне более 145 дБ у человека происходит разрыв барабанных перепонки. При силе шума в 180 дБ в металле замечены трещины.

При очень высоком шуме (более 110 дБ) возникает звуковое опьянение (*Звуковое опьянение — возбуждение, возникающее в результате резонанса клеточных структур под действием громких ритмичных звуков*). По субъективным ощущениям звуковое опьянение аналогично алкогольному и наркотическому. Оно является причиной широкого успеха

шумной ритмичной музыки, как в современных условиях, так и у дикарей.

Специфической формой акустического загрязнения является звуковой удар - ударная волна, возникающая при прохождении самолетом звукового барьера, когда его скорость становится больше скорости распространения звуковых волн в воздушной среде. Ударная волна с громopodobным звуком достигает поверхности Земли. Скачкообразное повышение избыточного давления определяет эффект внезапности, неожиданности, что вызывает реакцию беспокойства у живых организмов. Воздействие звукового удара кратковременно, возмущение длится около 0,2-0,3 с.

Звуковой удар обычно сопровождается вибрацией отдельных элементов конструкций зданий и сооружений. У животных эта вибрация усугубляет реакцию на удар, а в костной природе она воздействует на неустойчивые элементы подстилающей земной поверхности, способствуя (ускоряя начало) сходу снежных лавин, камнепадам и другим явлениям.

Основные источники антропогенного шума – транспорт (автомобильный, рельсовый, воздушный), промышленные предприятия и бытовое оборудование. Наибольшее воздействие на окружающую среду от транспорта - 80% от общего шума.

Официальные данные свидетельствуют, что в России примерно 35 млн. человек (или 30% городского населения) подвержены воздействию транспортного шума, превышающему нормативы. Шумовое воздействие - одна из наиболее острых экологических проблем современности: более половины населения Западной Европы проживает в районах с уровнем шума 55-70 дБа.

Электромагнитное загрязнение

Электромагнитное загрязнение приобретает важное значение в связи с интенсивным развитием электронных систем управления.

Существенная особенность искусственных источников электромагнитного загрязнения биосферы в отличие от природных — высокая когерентность (частотная и фазовая стабильность) и большая интенсивность излучения в тех или иных областях частотного спектра.

Электромагнитные излучения поглощаются биологическими системами; при этом электромагнитная энергия трансформируется в кинетическую, вызывая общий нагрев тканей по всей глубине проникновения внутрь организма. Если количество поступающей энергии превышает допустимое количество энергии, которое может быть отведено механизмом терморегуляции теплокровных животных, то ее избыток вызывает постепенное повышение температуры тела. Это сначала ведет к нарушению функционирования соответствующих органов, а в предельном случае возникают очаги локального распада биологических тканей.

Наиболее высока чувствительность организмов к многократным воздействиям электромагнитных полей, когда начинает проявляться суммарный эффект при длительном непрерывном воздействии электромагнитных излучений.

При комбинированном воздействии электромагнитных полей и других неблагоприятных физических факторов (шум, тепловое воздействие) отмечается снижение приспособляемости организма человека к ним.

Мощные антропогенные источники электромагнитного излучения — современные линии электропередач (ЛЭП), телерадиоцентры и ретрансляторы, радиолокаторы, радиотехническое и радиотрансляционное оборудование систем управления воздушным движением, навигацией и посадкой в авиации, объекты систем противовоздушной обороны, а также другие гражданские и военные устройства и объекты.

Радиационное загрязнение биосферы

Радиационное загрязнение связано с превышением естественного уровня ионизирующих излучений

Источники радиоактивного загрязнения — это предприятия атомной промышленности и энергетики, медицинские, биологические и другие учреждения, использующие радиоактивные препараты и изотопы, приборы медицинской и технической (рентгеновской) диагностики, ядерные взрывы, радиоактивные отходы ядерных реакторов, заводов по переработке ядерных материалов, атомных электростанций (АЭС). Кроме того, во всем мире для бытовых и медицинских целей широко используют потребительские товары, содержащие естественные радионуклиды. К ним относятся часы со светящимся циферблатом, содержащие радий, специальные оптические приборы, аппаратура, применяемая в аэропортах и при таможенном досмотре, аппаратура медицинской рентгенологии.

Радиоактивные изотопы по пищевым цепям доходят до человека, вызывая стойкие нарушения жизненных функций, вплоть до гибели клеток и всего организма. Некоторые из радионуклидов могут сохранять смертоносную токсичность в течение 10-100 млн. лет.

Во многих странах, вследствие эксплуатации АЭС и заводов по переработке ядерного топлива, в настоящее время накопилось огромное количество РАО. Только на территории России суммарная активность захороненных отходов составляет 1,5 млрд. Ки, что равняется 30 Чернобылям.

Одно из самых радиационно грязных мест на планете — озеро Карачай под Челябинском. В него соседний с озером комбинат «Маяк» сбросил радиоактивных веществ в 100 раз больше, чем их попало в ОС при аварии на Чернобыльской АЭС. В конце 90-х годов зона радиационного влияния озера начала распространяться в сторону речки Мишляк,

которая через реки Теча, Тобол и Обь связана с Северным Ледовитым океаном.

Световое загрязнение

Световое загрязнение создается при нарушении естественного режима освещенности в результате воздействия искусственных источников света и приводит к аномалиям в жизни животных и растений. Основными источниками светового загрязнения являются крупные города и промышленные комплексы. Световое загрязнение создаётся уличным освещением, светящимися рекламными щитами или прожекторами

Такой вид загрязнения на первый взгляд кажется совсем неопасным, так как, по сути, световое загрязнение – это нарушение естественной освещенности среды. Тем не менее, специалисты говорят об обратном.

Световое загрязнение влияет на устоявшуюся экосистему и имеет многочисленные последствия. Искусственное освещение окружающей среды влияет на цикл роста многих растений, мешает ориентации многих видов насекомых, ведущих ночной образ жизни, а также сбивает с пути перелётных птиц, старающихся облетать очаги цивилизации. Не до конца исследовано воздействие светового загрязнения на хронобиологию человеческого организма. Возможны отклонения в гормональном балансе, тесно связанном с воспринимаемым циклом дня и ночи.

В результате светового загрязнения больше всего страдают водоемы. В них меняется мутность воды, и искусственный свет преграждает возможность доступа на глубину света естественного. В результате меняются условия для фотосинтеза растений в водоемах.

4. ДЕГРАДАЦИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Экологическое действие загрязняющих агентов может проявляться по-разному. Загрязняющие вещества могут затрагивать либо отдельные организмы, проявляться на организменном уровне, либо популяции, биоценозы, экосистемы и даже биосферу в целом.

На организменном уровне может происходить нарушение отдельных физиологических функций организмов, изменение их поведения, снижение темпов роста и развития, снижение устойчивости к воздействиям иных неблагоприятных факторов внешней среды.

На уровне популяций загрязнение может вызывать изменение их численности и биомассы, рождаемости, смертности, изменения структуры, годовых циклов миграций и ряда других функциональных свойств.

На биоценоотическом уровне загрязнение сказывается на структуре и функциях сообщества. Одни и те же загрязняющие вещества по-

разному влияют на разные компоненты сообществ. Соответственно меняются количественные соотношения в биоценозе, вплоть до полного исчезновения одних форм и появления других. Изменяется пространственная структура сообществ, цепи разложения (детритные) начинают преобладать над пастбищными, отмирание – над продукцией. В конечном счете, происходит деградация экосистем, ухудшение их как элементов среды человека, снижение положительной роли в формировании биосферы, обесценивание в хозяйственном отношении.

Деградация окружающей природной среды, прежде всего, сказывается на здоровье человека и состоянии его генетического фонда (табл.10). Более 20% территории России находится в критическом экологическом состоянии, в районах экологического бедствия. Более 70 млн. населения страны дышит воздухом, насыщенным опасными для здоровья веществами, в 5 раз и более превышающими предельно допустимые нормы.

Таблица 10 – **Заболевания, которые могут быть обусловлены воздействием экологических факторов**

Заболевания	Экологические факторы
I. Сердечно-сосудистые	1.1. Загрязнение атмосферного воздуха: окислы серы, окись углерода, окислы азота, сернистые соединения, сероводород, этилен, пропилен, бутулен, жирные кислоты, ртуть, свинец, железо, кобальт, марганец и др. 1.2. Шум, электромагнитные поля 1.3. Факторы жилых и общественных зданий 1.4. Состав питьевой воды: нитраты, нитриты, хлорсодержащие вещества, литий, кальций, жесткость воды; 1.5. Загрязнение пищевых продуктов: пестициды, металлы, производные азота, микотоксины 1.6. Биохимические особенности региона: недостаток или избыток во внешней среде Ca, F, Mg, W, Cd, Se, Hg, Pb, Zn, Li, Cr, Ni, Mn, Co, J, Ba, Cu, Cr, Fe, Mo и др. 1.7. Природно-климатические условия: влажность, давление, уровень инсоляции, скорость и направление ветра, температурная инверсия, туманы
2. Нервной системы и органов чувств. Психические расстройства	2.1. п. 1.7 + п.1.5 (микотоксикозы) 2.2. п. 1.6, в том числе высокая минерализация воды, Cr, Pb, Hg, Al; 2.3. п. 1.3. в том числе бытовые электроприборы, компьютеры 2.4. п. 1.1. том числе двуокись кремния, растворители 2.5. п. 1.2. в том числе инфразвук, вибрация 2.6. Хлор-, фосфорорганические и другие пестициды в воде, продуктах, воздухе, в воздухе жилых и общественных зданий, в почве
3. Органов дыхания	3.1. п. 1.7. в том числе быстрая смена погоды, влажность 3.2. п. 1.3 в том числе бытовые аллергены, моющие средства, растворители, лаки, лосьоны, табачный дым и др. 3.3. п.1.1, в том числе пыль, пыльца, бактерии, грибы, фенол, аммиак, углеводороды, двуокись кремния, асбест, цемент, органические пыли (табачная, мучная, древесная и др.) 3.4. Пестициды, в том числе хлор- и фосфорорганические во всех средах

Заболевания	Экологические факторы
4. Органов пищеварения	4.1. Загрязнение окружающей среды пестицидами и ядохимикатами 4.3. п. 1.3, в том числе пищевой фактор и образ жизни 4.4. п. 1.1. в том числе четыреххлористый углерод 4.5. Шум, вибрация 4.6. п. 1.4, в том числе жесткость воды 4.7. п. 1.5, в том числе недостаточное количество пищевых волокон в продуктах
5. Крови и кроветворных органов	5.1. п. 1.6, в том числе недостаток или избыток Cr, Co, редкоземельных металлов 5.2. п. 1.1. в т.ч. летучая зола ТЭЦ, ГРЭС, местных котельных, органические кислоты (азотная, серная, соляная, фосфорная и др.), металлы, бензол 5.3. Электромагнитные поля, ионизирующая радиация 5.4. п. 1.3, в том числе бытовые электроприборы, печи СВЧ, компьютеры 5.5. Нитриты и нитраты в питьевой воде, в продуктах питания 5.6. Загрязнение пестицидами и ядохимикатами, хлорированными бифенилами
6. Кожи и подкожной клетчатки	6.1. Уровень инсоляции 6.2. Недостаток или избыток в окружающей среде микроэлементов, в том числе высокие концентрации мышьяка в питьевой воде 6.3. Авитаминоз и гипervитаминоз, в том числе витамина А 6.4. п. 1.1 + 1.4, в том числе нефтью и нефтепродуктами, органические масла, синтетические моющие средства и др.
7. Эндокринной системы, нарушение обмена веществ	7.1. п. 6.1 7.2. Недостаток йода, в первую очередь в продуктах питания 7.3. Избыток или недостаток в окружающей среде, кроме йода, следующих элементов: свинец, бор, кальций, барий, бром, молибден, кобальт, цинк, литий, мель, стронций, железо 7.4. Загрязнение атмосферного воздуха 7.5. п. 1.2 7.6. Жесткость питьевой воды
8. Мочеполовых органов	8.1. п. 7.6, в том числе повышение концентрации кадмия, ртути, кремния 8.2. Недостаток или избыток во внешней среде микроэлементов, в том числе: кадмий, серебро, цинк, свинец, йод, кальций, марганец, кобальт, медь, железо 8.3. п. 1.1, в т. ч.: сероуглерод, окислы углерода, углеводороды, сероводород, амины
9. Врожденные пороки развития	9.1. п. 1.1 9.2. Тяжелые металлы, амины, амины, амиды, нитрозамины в окружающей среде 9.3. Загрязнение окружающей среды пестицидами и ядохимикатами 9.4. п. 1.2 9.5. Радионуклиды
10. Патология беременности	10.1. п. 1.1, в том числе органическими растворителями, нитросоединениями 10.2. Загрязнение питьевой воды нитросоединениями, органическими спиртами, сточными водами предприятий синтетического каучука 10.3. Загрязнение среды ядохимикатами и пестицидами, радионуклидами 10.4. Электромагнитные поля 10.5. п. 1.6

Заболевания	Экологические факторы
11. Новообразования полости рта, носоглотки, верхних дыхательных путей, трахеи, бронхов, легких	11.1. п. 1.1. в том числе никель, хром 11.2. п. 1.7 11.3. п. 1.3. в том числе радон, асбест, табак
12. Новообразования органов пищеварения	12.1. Микотоксины в продуктах питания, в том числе афлатоксины 12.2. Загрязнение пестицидами, ядохимикатами, хлорированными бифенилами 12.3. Загрязнение атмосферного воздуха, в том числе полициклическими ароматическими углеводородами, нитрозамином, акролеином, формальдегидом, органическими перекисями и др. 12.4. п. 1.6 + 1.4. в том числе тригалометаны
13. Новообразования мочеполовых органов	13.3. Недостаток или избыток во внешней среде: магния, марганца, цинка, кобальта, молибдена, меди 13.4. Загрязнение окружающей среды пестицидами и ядохимикатами
14. Аллергия и аллергозы	14.1. Загрязнение атмосферного воздуха: растворители, хлорорганические соединения, никель, фенолы, крезолы, сероводород, сероуглерод, органические пыли, белок паприн и др. 14.2. Компоненты продуктов питания, в том числе витамины, красители, ядохимикаты, антибиотики, гормоны, хлорированные бифенилы 14.3. п. 1.3, в том числе органические соединения, выделяющиеся из полимерных материалов, стиральные порошки, органическая пыль, перхоть, шерсть животных, пылевые клещи, домашние растения 14.4. Питьевая вода: повышение концентрации железа, высокая жесткость, продукты цветения воды

5. НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Под *качеством окружающей среды* понимают степень соответствия среды жизни человека его потребностям. Окружающей человека средой является природные условия, условия на рабочем месте и жилищные условия. От ее качества зависит продолжительность жизни, здоровье, уровень заболеваемости населения и т.д.

Согласно Федеральному Закону № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» *соблюдение экологических нормативов*, т.е. нормативов, которые определяют качество природной среды, обеспечивает:

- экологическую безопасность;
- сохранение генетического фонда человека, растений и животных;
- рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов в условиях устойчивого развития.

Основные экологические нормативы качества и воздействия на окружающую среду следующее:

Нормативы качества (санитарно-гигиенические или экологические):

- предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ;
- предельно допустимый уровень (ПДУ) вредных физических воздействий: радиации, шума, вибрации, магнитных полей и др.

Нормативы воздействия (производственно-хозяйственные):

- предельно допустимый выброс (ПДВ) вредных веществ;
- предельно допустимый сброс (ПДС) вредных веществ;

Комплексные нормативы:

- предельно допустимая экологическая (антропогенная) нагрузка на окружающую среду (ПДЭП);
- экологическая емкость территории.

Нормативы качества (санитарно-гигиенические или экологические)

Предельно допустимая концентрация (количество) (ПДК) – количество загрязнителей в почве, воздушной или водной среде, растениях и продуктах питания, которое при постоянном или временном воздействии на человека не влияет на его здоровье и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства. В последнее время при определении ПДК учитывается не только степень влияния на здоровье человека, но и воздействие этих загрязнений на диких животных, растения, грибы, микроорганизмы, а также на природные сообщества в целом.

В настоящее время в нашей стране действуют более 1900 ПДК вредных химических веществ для водоемов, более 500 для атмосферного воздуха и более 130 для почв. ПДК устанавливают на основании комплексных исследований и постоянно контролируют органы гидрометеорологической службы Госсанэпиднадзора. ПДК не остаются постоянными, их периодически пересматривают и уточняют. После утверждения нормативов становятся юридически обязательными.

ПДК рассчитывают на единицу объема (для воздуха, воды), массы (для почвы, пищевых продуктов) или поверхности (для кожи работающих).

При содержании в природном объекте нескольких загрязняющих веществ, обладающих суммацией действия (синергизмом), учитывают их совместное воздействие.

При нормировании качества *атмосферного воздуха* используют такие показатели как ПДК вредного вещества в воздухе рабочей зоны, ПДК максимально разовую и ПДК среднесуточную.

Предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны (ПДК_{рз}) – это максимальная концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов, или при другой продолжительности, но не более 40 часов в неделю, на

протяжении всего рабочего стажа не должно вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколения. Рабочей зоной следует считать пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площади, на которой находятся места постоянного или временного пребывания рабочих.

Предельно допустимая концентрация максимально разовая (ПДК_{мр}) – это максимальная концентрация вредного вещества в воздухе, не вызывающая при вдыхании в течение 30 минут рефлекторных реакций в организме человека (ощущение запаса, изменение световой чувствительности глаз и др.)

Предельно допустимая концентрация среднесуточная (ПДК_{сс}) – это максимальная концентрация вредного вещества в воздухе, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного воздействия при неограниченном долгом (годы) вдыхании.

Для *водной среды* ПДК загрязняющих веществ означает такую концентрацию этих веществ в воде, выше которой она становится непригодной для одного или нескольких видов водопользования. ПДК загрязняющих веществ устанавливаются отдельно для питьевых вод и рыбохозяйственных водоемов.

Требования к качеству вод в водоемах, используемых для рыбохозяйственных целей более жестки, чем для водных объектов хозяйственно-бытового назначения. Объясняется это тем, что при переходе вредных веществ по пищевой (трофической) цепи происходит их биологическое накопление до опасных для жизни количеств.

При нормировании качества *почвы* используют такой показатель как ПДК вредного вещества в пахотном слое почвы. *Предельно допустимая концентрация в пахотном слое почвы (ПДК_п)* – это максимальная концентрация вредного вещества в верхнем, пахотном слое почвы, которая не должна оказывать прямого или косвенного отрицательного влияния на здоровье человека, плодородие почвы, ее самоочищающую способность, соприкасающиеся с ней среды, и не приводящее к накоплению вредных веществ в сельскохозяйственных культурах.

При нормировании качества *продуктов питания* используют такой показатель как ПДК вредного вещества в продуктах питания. *Предельно допустимая концентрация (допустимое остаточное количество) вредного вещества в продуктах питания (ПДК_{пр})* – это максимальная концентрация вредного вещества в продуктах питания в течение неограниченно продолжительного времени (при ежедневном воздействии) не вызывает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья человека.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) – это максимальный уровень воздействия радиации, шума, вибрации, магнитных полей и иных вредных физических воздействий, которые не представляют опасности для здоровья человека, состояния животных, растений, их генетического фонда. ПДУ – это то же, что ПДК, но для физических воздействий.

Нормативы воздействия (производственно-хозяйственные)

Предельно допустимый выброс (ПДВ) или сброс (ПДС) – это максимальное количество загрязняющих веществ, которое в единицу времени разрешается данному конкретному предприятию выбрасывать в атмосферу или сбрасывать в водоем, не вызывая при этом превышения в них предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ и неблагоприятных экологических последствий.

ПДВ устанавливается для:

- каждого источника загрязнения атмосферы;
- совокупности источников для населенного пункта;
- каждого загрязняющего вещества в отдельности;
- группы веществ, обладающих синергизмом.

ПДС устанавливается отдельно для каждого загрязняющего вещества с учетом:

- фоновой концентрации;
- норм качества воды (в зависимости от вида водопользования);
- способности к «самоочищению» водного объекта.

«Самоочищение» водного объекта происходит, если коэффициент разбавления (количество сточных вод по отношению к объему водоприемника) составляет 1 : 400.

Если в воздухе или в воде населенных пунктов, где расположены предприятия, концентрации вредных веществ, превышает ПДК, то по объективным причинам значения ПДВ и ПДС не могут быть достигнуты. Для таких предприятий устанавливаются значения *временно согласованных выбросов вредных веществ (ВСВ) и временно согласованных сбросов вредных веществ (ВСВ)* соответственно, и вводится поэтапное снижение показателей выбросов и сбросов вредных веществ до значений, которые обеспечивают соблюдение ПДВ и ПДС.

Комплексные нормативы

Нормативы допустимой экологической (антропогенной) нагрузки на окружающую среду (НДЭН) – это максимально возможные антропогенные воздействия на окружающую среду, не приводящие к нарушению устойчивости экологических систем (или, иными словами, к выходу экосистемы за пределы экологической емкости).

Различают региональные и отраслевые НДЭН. Например, разработаны НДЭН на экосистемы озера Байкал. Отраслевые НДЭН применя-

ются к отдельным природным ресурсам. Так, ограничивается, например, численность домашнего скота на единицу пастбищных угодий.

Для оценки общей устойчивости экосистем к антропогенным воздействиям используют следующие показатели:

- 1) запасы живого и мертвого органического вещества;
- 2) эффективность образования органического вещества или продукции растительного покрова;
- 3) видовое и структурное разнообразие. Чем оно выше, тем устойчивее экосистема

Потенциальная способность природной среды перенести ту или иную антропогенную нагрузку без нарушения основных функций экосистем определяется как *емкость природной среды*, или *экологическая емкость территории*.

Таким образом, планирование природопользования на той или иной территории должно начинаться с определения допустимой здесь экологической нагрузки. Закон РФ «Об охране окружающей среды» (2002) требует, чтобы при формировании территориально-производственных комплексов, развитии промышленности, строительстве, реконструкции городов и т.д. предусматривалось применение предельно допустимой нагрузки (ПДН) в обязательном порядке

Вопросы:

1. В чем особенности современного экологического кризиса?
2. Каковы последствия техногенных экологических катастроф для экосистем планеты?
3. Каковы экологические последствия стихийных бедствий?
4. Что такое «загрязнение» и каковы его основные виды?
5. Какие загрязнители представляют наибольшую опасность?
6. Объясните понятие синергического действия загрязнителей. Приведите пример.
7. Что называют «шумовым загрязнением»? Как оно влияет на здоровье людей?
8. Каковы техногенные источники ионизирующих излучений?
9. Что такое «качество природной среды» и какова цель его нормирования?

ЛЕКЦИЯ 9.

АТМОСФЕРА И ПРОБЛЕМЫ ЕЁ ЗАГРЯНЕНИЯ

Вопросы:

1. Атмосфера как часть биосферы.
2. Воздействие человека на газовый состав атмосферы.
3. Экологические последствия загрязнения атмосферы.
4. Критерии качества воздуха и нормирование загрязнений.
5. Защита атмосферы

1. АТМОСФЕРА КАК ЧАСТЬ БИОСФЕРЫ

Атмосфера – это воздушная оболочка нашей планеты. Атмосферный воздух занимает особое положение среди других компонентов биосферы. Значение его для всего живого на Земле невозможно переоценить. Человек может находиться без пищи – 5 недель, без воды – пять дней, а без воздуха – всего лишь 4-5 мин.

Атмосферный воздух выполняет защитные экологические функции:

- регулирует тепловой режим Земли;
- спасает от потока солнечных излучений, метеоритов;
- определяет световой режим Земли;
- придает нашему небу голубой цвет, т.к. молекулы воздуха рассеивают главным образом коротковолновые лучи – это синие, голубые, фиолетовые;
- является той средой, где распространяются звуки;
- формирует климат и погоду;
- обладает способностью к самоочищению, которое происходит при вымывании осадками, перемешивании воздуха, отложении на поверхности Земли и т.д.

Воздушная оболочка Земли - атмосфера окружает Землю до высоты 3 тыс. км. Она состоит из смеси газов и пылевидных частиц. В сухом чистом воздухе в объемных процентах содержится 78 % азота, 21 % кислорода, 0,9 % аргона, 0,03 % углекислого газа и около 0,003 % смеси неона, гелия, криптона, ксенона, оксидов азота, метана, водорода, паров воды и озона. На долю водяного пара приходится до 3 % объема атмосферы. Большая часть пыли в составе атмосферы поднята с поверхности Земли, но также присутствует космическая и бактериальная пыль.

Воздух не имеет запаха, прозрачен, его плотность 1,2928 г/л, растворимость в воде 29,18 см³/л, в жидком состоянии приобретает голубоватую окраску.

Состав и свойства атмосферы на разных высотах неодинаковы, поэтому ее подразделяют на *тропо-, страто-, мезо, термо- и экзосферы*. Последние три слоя иногда рассматривают как *ионосферу*.

Тропосфера (от 0 до 7 км у полюсов и до 18 км у экватора). В тропосфере сосредоточен весь водяной пар и 4/5 массы атмосферы. Здесь

развиваются все погодные явления. Температура тропосферы с высотой уменьшается и на высоте 10 – 12 км достигает минус 55 °С.

Стратосфера (до 40 км). Температура постепенно возрастает до 0°С. На высоте 22-24 км наблюдается максимальная концентрация озона (озоновый слой). Он поглощает большую часть губительного для живых организмов жесткого излучения Солнца.

Мезосфера (до 80 км). Температура падает до минус 60-80°С. Наблюдается высокое содержание ионов газов, являющихся причиной возникновения полярных сияний.

Термосфера (до 800 км). Характеризуется ростом температуры. Увеличивается содержание легких газов – водорода и гелия – и заряженных частиц.

Экзосфера (до 1500-2000 (3000) км). Здесь происходит рассеивание (диссипация) атмосферных газов в космическое пространство.

2. ВОЗДЕЙСТВИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА НА ГАЗОВЫЙ СОСТАВ АТМОСФЕРЫ

Под воздействием деятельности людей происходит изменение газового баланса атмосферы:

1. при производстве азотных удобрений увеличилось *связывание азота*. Проблема компенсации изъятия азота из воздуха остается нерешенной;

2. полагают, что в ближайшие 150-180 лет количество кислорода в атмосфере сократится на 1/3 по сравнению с современным его содержанием, так как

а) с развитием промышленности и транспорта во все возрастающих размерах используется *атмосферный кислород*. Например, легкой автомобиль за 1,5 тыс. км пробега расходует суточную норму кислорода одного человека (в среднем человек потребляет в сутки 500 л O₂., пропуская через легкие 12 т воздуха);

б) сокращаются площади лесов, саванн, степей и увеличиваются пустынных территорий, городов, транспортных магистралей;

в) сокращается число продуцентов кислорода среди водных растений из-за загрязнения рек, озер, морей и океанов.

3. Загрязнение атмосферного воздуха.

Загрязнение – это любое изменение его состава и свойств, которое оказывает негативное воздействие на здоровье человека и животных, состояние растений и экосистем. Оно может быть природным и антропогенным.

Естественное вызвано природными процессами: вулканы, ветровая эрозия, массовое цветение растений, дым от пожаров и др.

Антропогенное (техногенное) связано с выбросом загрязняющих веществ в результате деятельности человека.

Главные антропогенные загрязнители атмосферного воздуха, на долю которых приходится 98 % в общем объеме выбросов вредных ве-

ществ:- диоксид серы (SO_2), диоксид азота (NO_2), оксид углерода (CO) и твердые частицы.

Но помимо их, в атмосфере городов и поселков наблюдается еще более 70 наименований вредных веществ: Pb, Cd и другие тяжелые металлы; углеводороды (C_nH_m), среди них наиболее опасен бенз(а)пирен, обладающий канцерогенным действием, альдегиды (формальдегид, сероводород), токсичные летучие растворители (бензин, спирты, эфиры).

В крупных городах первенство в загрязнении переходит от промышленности к автомобильному транспорту. Подсчитано, что 1 автомобиль в год выбрасывает в атмосферу: 600-800 кг CO, 200 кг углеводородов, около 40 кг оксидов азота, около 1 кг свинца.

Самым опасным загрязнением атмосферы и всей окружающей среды является радиоактивное. Оно представляет угрозу для здоровья и жизни людей, животных и растений не только ныне живущих поколений, но и их потомков из-за появления многочисленных мутагенных уродов. Наиболее токсичны для человека и всей биосферы: стронций-90, цезий-137, йод-131, углерод-14. Особое место занимает выбросы радиоактивных веществ в результате аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г, их суммарный выброс составил 77 кг (при атомном взрыве над Хиросимой радиоактивных изотопов образовалось лишь 740 г).

3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

В результате антропогенного загрязнения в атмосфере происходят следующие изменения:

- парниковый эффект;
- разрушение озонового слоя;
- выпадение кислотных осадков;
- образование смогов;
- ослабление самоочищающей способности (табл. 11).

Таблица 11 – Изменение в атмосфере под воздействием примесей антропогенного происхождения (В.А. Вронский, 1996)

Антропогенные изменения в атмосфере	Основные газовые примеси в атмосфере							
	CO	CO ₂	CH ₄	NO, NO ₂	NO ₂	SO ₂	O ₃	Фреоны
Парниковый эффект		+	+		+		+	+
Разрушение озонового слоя								+
Кислотные дожди				+		+		
Фотохимический смог				+			+	
Пониженная видимость				+		+		
Ослабление самоочищающей способности.	+							

Примечание: «+» газ усиливает эффект; «-» газ ослабляет эффект.

Парниковый эффект (тепличный оранжерейный) эффект – разогрев нижних слоев атмосферы, вследствие способности атмосферы пропускать коротковолновую солнечную радиацию, но задерживать длинноволновое тепловое излучение земной поверхности. Парниковому эффекту способствует поступление в атмосферу антропогенных примесей (диоксида углерода, пыли, метана, фреонов и т.д.).

Положительные для человечества последствия парникового эффекта связаны с улучшением состояния лесных экосистем и сельского хозяйства. Повышение температуры приведет к увеличению испарения с поверхности океана, это вызовет возрастание влажности климата, что особенно важно для сухих зон. Повышение концентрации углекислого газа увеличит интенсивность фотосинтеза, а значит, продуктивность диких и культурных растений.

Отрицательные для человечества последствия парникового эффекта заключаются в повышении уровня Мирового океана в результате таяния материковых и морских льдов, теплового расширения океана и т.п. Это приведет к затоплению приморских равнин, усилению абразионных процессов, ухудшению водоснабжения приморских городов, деградации мангровой растительности и т.п. Увеличение сезонного протаивания грунтов в районах с вечной мерзлотой создаст угрозу дорогам, строением, коммуникациям, активизирует процессы заболачивания, и т.д.

По прогнозам ученых, общее потепление климата во много раз превысит адаптационные способности многих природных сообществ. Парниковый эффект может привести к быстрой гибели лесов и отдельных видов животных, смещению географических зон – к сокращению территорий, пригодных для жизни растений, животных и людей. По некоторым оценкам, до трети наземных экосистем могут меняться и переходить в другой тип: например, леса – в степи, тундры – в леса и т.п.

Одновременно со всплеском гибели привычной человеку биоты будут возникать новые виды, для которых подобные условия станут благоприятными. В итоге Природе гибель не грозит, проблема в том, сможет ли человек выжить в новых условиях, а если сможет, то какой ценой?

Обеспокоенность мирового сообщества данной проблемой привела к разработке и принятию в 1992 г. в Рио-де-Жанейро Международной Рамочной Конвенции ООН по изменению климата. В декабре 1997 г. в Киото (Япония) на Конференции сторон этой конвенции был прописан протокол к Конвенции. Киотский протокол, вступивший в силу 16 февраля 2005 г., установил сократить эмиссию парниковых газов в течение 2008 – 2012 гг. и довести их выбросы до уровня 1990 г. Под протокол подписались 39 индустриальных стран с переходной экономикой. Решение указанной проблемы может быть достигнуто посредством снижения источников или сохранения (увеличения) стоков парниковых газов.

Разрушение озонового слоя

Слой атмосферы с наибольшей концентрацией озона на высоте 20-25 (22-24) км называется озоносферой. «*Озоновая дыра*» - значительное пространство в озоносфере планеты с заметно пониженным (до 50% и более) содержанием озона.

Считается, что основной причиной возникновения «озоновых дыр» является значительное содержание в атмосфере фреонов. Фреоны (хлорфторуглероды, или ФХУ) - высоколетучие, химически инертные у земной поверхности вещества, широко применяемые в производстве и быту в качестве хладагентов (холодильники, кондиционеры, рефрижераторы), пенообразователей и распылителей (аэрозольные упаковки). Фреоны, поднимаясь в верхние слои атмосферы, подвергаются фотохимическому разложению с образованием окиси хлора, интенсивно разрушающей озон.

Из других техногенных причин разрушения озонового слоя называют *уничтожение лесов* как основных поставщиков кислорода в атмосферу. Зарегистрировано также разрушение озона при *ядерных взрывах* в атмосфере, *крупных пожарах* и других явлениях, сопровождающихся поступлением в верхние слои атмосферы оксидов азота и некоторых углеводородов. Установлено также, что уничтожают озон *полеты сверхзвуковых самолетов* в стратосфере, запуски *космических ракет*. Только один запуск авиакосмической системы «Шаттл» приводит к потерям 10 млн. т озона. 300 таких запусков в год уничтожит весь озон.

Истощение озонового слоя в атмосфере Земли приводит к увеличению потока ультрафиолетовых лучей на земную поверхность. Ультрафиолетовые лучи в небольших дозах необходимы живым организмам (стимуляция роста и развития клеток, бактерицидное действие, синтез витаминами Д и т.д.), в больших дозах губительны. Увеличение интенсивности УФ-излучения приводит к развитию катаракты, раковых заболеваний и мутаций, снижается иммунитет у человека и у животных.

Помимо ухудшения здоровья, истощение озонового слоя способствует усилению «парникового эффекта», снижению урожайности, деградации почв, общему загрязнению окружающей среды, увеличению числа мощных лесных пожаров.

После того как выяснилось, что ФХУ губительны для стратосферного озона, было предложено использовать заменители, имеющие в составе своих молекул атом водорода, химическая связь с которым менее прочная. Эта особенность снижает стойкость соединения, и оно может разрушаться уже в тропосфере, а не только когда попадет в стратосферу.

Понимая остроту и сложность этой глобальной экологической проблемы, участники международных переговоров в Вене в марте 1985 г. подписывают «Венскую конвенцию по охране озонового слоя». Однако они

не смогли прийти к согласию о единых международных мерах ограничения производства и выбросов ХФУ.

В 1987 г. в Монреале 98 стран заключили соглашение (Монреальский протокол) о постепенном прекращении производства ХФУ и запрещении выбросов их в атмосферу. В 1990 г. в Лондоне около 60 стран подписали дополнительный протокол с требованием полностью прекратить производство ХФУ к 2000 г.

В нашей стране в 1995 г. принято постановление Правительства РФ № 526 «О первоочередных мерах по выполнению Венской конвенции об охране озонового слоя и Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой», а в 1996 г. – постановление Правительства РФ № 563 «О регулировании ввоза в РФ и вывоза из РФ озоноразрушающих веществ и содержащей их продукции.

Кислотные дожди (осадки)

Кислотный дождь – дождь (или снег), подкисленный до $\text{pH} < 5,6$ из-за растворения в атмосферной влаге антропогенных выбросов (диоксид серы, оксиды азота, хлороводорода и пр. Доля диоксида серы, согласно расчетам, составляет около 70%). Отмечены случаи выпадения осадков с $\text{pH} 2,2-2,3$, что соответствует кислотности **уксуса**.

Отрицательное воздействие кислотных дождей на растительность проявляется как в прямом воздействии на растительность, так и в косвенном через снижение pH почв. Выпадение кислотных дождей приводит к ухудшению состояния и гибели целых лесных массивов, а также снижению урожайности многих сельскохозяйственных культур. Кроме того, отрицательное воздействие кислотных дождей проявляется в закислении пресноводных водоемов. Снижение pH воды вызывает сокращение запасов промысловой рыбы, деградацию многих видов организмов и всей водной экосистемы, а иногда и полную биологическую гибель водоема. Негативные последствия кислотных дождей зафиксированы в Канаде, США, России, Украине, Белоруссии.

В России площадь закисления – несколько десятков млн. гектар. Повышенная кислотность осадков наблюдается вдоль западной границы (трансграничный перенос) и на территории ряда крупных промышленных районов, например, в районе г. Норильска и на Северном Урале огромные площади тайги и лесотундры стали почти безжизненными из-за выбросов диоксида серы Норильским горно-химическим комбинатом.

Образование смога

Смог - ядовитая смесь дыма, тумана, пыли.

Лондонский (зимний) смог образуется зимой в крупных промышленных центрах при неблагоприятных погодных условиях: отсутствии ветра и температурной инверсии. Температурная инверсия

проявляется в повышении температуры воздуха с высотой (в слое 300-400 м) вместо обычного понижения. В результате дым и загрязняющие вещества (пыль, оксиды серы и углерода) не могут подняться вверх и рассеяться, а образуют туманную завесу.

Лос-анджелесский (летний, фотохимический) смог возникает летом также при отсутствии ветра и температурной инверсии, но обязательно в солнечную погоду. Он образуется при воздействии солнечной радиации на оксиды азота и углеводорода, поступающие в воздух в составе выхлопных газов автомобилей и выбросов предприятий. В результате образуются высокотоксичные загрязнители - фотооксиданты, состоящие из озона, органических пероксидов, пероксида водорода, альдегидов и т.д.

Смог вызывает обострение респираторных заболеваний, раздражение глаз, ухудшение физического состояния вплоть до летального исхода. В 1952 г. в Лондоне от смога за две недели погибло более 4000 человек.

Рассеять смог может только ветер, а бороться с ним можно путем сокращения выбросов загрязнителей в атмосферу.

4. КРИТЕРИИ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА И НОРМИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

Критериями качества воздуха являются нормативы ПДК, ПДУ, ПДВ.

Нормативы ПДК. При нормировании качества атмосферного воздуха используют такие показатели как ПДК вредного вещества в воздухе рабочей зоны, ПДК максимально разовую и ПДК среднесуточную.

Нормативы ПДУ вредных физических воздействиях: звуковых колебаний, теплового воздействия, вибрации, проникающей радиации, магнитных полей и т.д.

Нормативы ПДВ загрязняющих веществ в атмосферу (пары, аэрозоли, газы). Для каждого предприятия устанавливают нормативы ПДВ, которые с учетом суммы выбросов других источников загрязнений, их рассеяний и превращений в атмосфере не создадут концентраций, превышающих ПДК_{мр}. (ПДВ предусмотрены ГОСТом 17.2.3.02-78) Методика расчета ПДВ приведена в СН 369-74.

5. ЗАЩИТА АТМОСФЕРЫ

Для защиты воздушного бассейна от негативного антропогенного воздействия используют следующие меры:

- 1). экологизация технологических процессов;
- 2). сокращение выбросов автотранспорта.
- 3). рассеивание газовых выбросов в атмосфере;
- 4). очистка газовых выбросов от вредных примесей;
- 5). устройство санитарно-защитных зон.

Наиболее радикальная мера охраны воздушного бассейна от загрязнения – *экологизация технологических процессов* предусматривает создание замкнутых технологических циклов, безотходных и малоотходных технологий, исключающих попадание в атмосферу вредных загрязняющих веществ, в том числе создание непрерывных технологических процессов, предварительную очистку топлива или замену его более экологичными видами, применение гидрообеспыливания, перевод на электропривод различных агрегатов, рециркуляцию газов.

Для борьбы с загрязнением атмосферного воздуха отработанными газами (ОГ) автомобилей необходима разработка мероприятий, которые позволяют снизить выбросы или ослабить их негативное воздействие на качество среды обитания в населенных пунктах. К ним относятся:

1. *градостроительные мероприятия* – специальные приемы застройки и озеленение автомагистралей, размещение жилой зоны по принципу зонирования (в первых рядах от магистрали размещают здания пониженной этажности, затем дома с повышенной этажности, в глубине – детские и лечебно-оздоровительные учреждения. Важное значение имеют:

- сооружения транспортных развязок;
- кольцевых дорог;
- использование подземного пространства для размещения гаражей и автостоянок.

2. *Контроль выброса токсических веществ.* Соответствие автомобилей на нормы выброса токсичных веществ с выхлопными газами проверяют при техническом осмотре транспортных средств.

3. *Изменение состава топлива.* Замена тетраэтилсвинца на менее опасные вещества. При введении в топливо т.н. присадок можно уменьшить количество сажи, альдегидов, оксида углерода и других.

4. *Перевод автомобилей на сниженный газ* уменьшает 3-4 раза выбросы СО.

5. *Совершенствование двигателей внутреннего сгорания.*

6. *Альтернативное топливо* (жидкий водород, этиловый и метиловый спиртом) их смеси.

7. *Электромобили*

8. *Солнечный автомобиль.*

Начиная с 1998 г компании «Дженерал моторс», «Форд», «Крайслер» начали реализовывать программу выпуска экологичных автомобилей.

Рассеивание газовых примесей в атмосфере – это снижение и опасных концентраций до уровня соответствующего ПДК путем рассеивания пылегазовых выбросов с помощью высоких дымовых труб. Чем выше труба, тем больше ее рассеивающий эффект. Но следует отметить, что применение высоких дымовых труб, хотя и помогло уменьшить локальное дымовое загрязнение, осложнило в то же время региональные проблемы выпадения кислотных осадков.

Очистка газовых выбросов от вредных примесей включает очистку отходящих газов от пылей (аэрозолей) и токсичных газо- и паробразных примесей

Очистка воздуха от пылей (аэрозолей). Для очистки выбросов применяют различные типы устройств в зависимости от степени запыленности воздуха, размеров твердых частиц и требуемого уровня очистки.

Очистку воздуха от пылей (аэрозолей) проводят с помощью пыле- и туманоулавливающей аппаратуры четырех групп:

- сухие механические пылеуловители, в которых пыль и капли отделяются под действием сил тяжести, инерции или центробежной силы;
- мокрые устройства, взвешенные частицы в которых улавливаются жидкостью;
- фильтрующие устройства, в них частицы оседают на пористые фильтрующие материалы;
- электрические пылеуловители, в которых частицы подзаряжаются и притягиваются к электродам противоположного знака.

Сухие пылеуловители – это пылеосушительные камеры, циклоны, ротационные, вихревые и жалюзийные аппараты. Наиболее эффективны циклоны, в которых – оседание частиц происходит под действием центробежных сил и сил тяжести. Эффективность 60-80 %.

Поток пылегазовый вводится в циклон, совершает вращательно-поступательное движение вдоль корпуса, частицы пыли отбрасываются к стенкам и затем падают вниз, откуда удаляются. Для повышения эффективности работы применяют групповые (батареиные) циклоны.

Мокрые пылеуловители (скрубберы, турбулентные, газопромыватели и др.) работают по принципу осаждения частиц пыли и растворением молекул газов на поверхности капель под действием сил инерции и броуновского движения. На практике чаще применяются скрубберы-Вентури, которые обеспечивают 99% очистки от частиц размером более 2 мкм.

Недостаток - образование сточных вод

Фильтрующие устройства имеют фильтры из тканей, волокнистых материалов, насыпных зернистых слоев. Осаждение частиц происходит влиянием броуновской диффузии, инерционных и электрических сил. Самыми распространенными являются тканевые фильтры из хлопка и синтетических материалов (лавсан, капрон, нитрон, полипропилен). Чаще всего применяют рукавные тканевые фильтры.

Наиболее современными и высокоэффективными аппаратами являются *электрофильтры* (эффективность 99-99,5 %).

Принцип работы электрофильтров основан на ионизации пылегазового потока. Пылинки, приобретая (-) заряд двигаются к осадительному электроду с (+) зарядом. При встряхивании осажденные частички под действием силы тяжести падают в пылесборник.

Недостаток – требуют большого расхода электроэнергии.

Очистка выбросов от токсичных газо- и парообразных примесей (NO , NO_2 , SO_2 , SO_3 и т.д.) проводится с целью очистки воздуха и использования уловленных веществ для получения химических продуктов - серы, кислоты, удобрений и т.п. Для этого применяют методы абсорбции, адсорбции, каталитический метод, термическое дожигание.

Метод *абсорбции* заключается в поглощении вредных веществ жидким поглотителем, называемом абсорбентом. В качестве абсорбента используется вода, кислые и щелочные растворы, вязкие масла.

Метод *адсорбции* применяется при поглощении вредных газов и (или) паров твердыми сорбентами, с развитой микропористой структурой. Наиболее распространенный адсорбент - активированный уголь, он очищает газы от органических паров, летучих соединений, дурно пахнущих примесей и пр.

Каталитический метод превращает вредные компоненты промышленных выбросов в вещества безвредные (менее вредные) при химических реакциях (при добавлении катализаторов). Катализаторы – платина, оксиды меди, марганцевая руда. На катализаторах окисляются примеси этилена, пропилена, бутана, пропана, ацетона, спиртов и др. Этот метод применяют для нейтрализации выхлопных газов автомобилей, однако свинец в этиленовом бензине быстро дезактивирует катализатор.

Термическое дожигание (реакция окисления) проводят при высокой температуре и наличии большого количества кислорода (дожигание CO до CO_2 , NO_2 до элементарного азота).

Биотехнологические методы очистки воздуха применяют в помещениях животноводческих и иных предприятий, которые имеют устойчивые дурнопахнущие загрязнения. Органические молекулы, служащие источниками зловония, можно подвергнуть микробной деградации при помощи специальных реакторов – «мокрых» и «сухих».

В «мокрых» *биоскрубберах* очистку воздуха проводят с помощью активных биопленок (иммобилизованных клеток сообщества микробных популяций) в жидкой среде. Окисляясь в биопленке, дурнопахнущие компоненты переносятся из воздуха в жидкость. В качестве жидкой фазы можно использовать сточные воды животноводческих комплексов и др.

В «сухих» *реакторах* дурнопахнущий воздух продувается через биоактивный сорбирующий материал - торф, компост и т.д., где происходит окисление сорбированных веществ микрофлорой.

Санитарно-защитные зоны и зеленые насаждения

Санитарно-защитная зона (СЗЗ) – это полоса, отделяющая источники промышленного загрязнения от жилых или общественных зданий для защиты населения от влияния вредных факторов производства. Размеры санитарно-защитных зон определяются количеством и характером токсических выбросов, уровнем интенсивности физических факторов, объемом природоохранных мероприятий и колеблются от 50 м до 1000 м

На расстоянии 500 м от предприятия при отсутствии озеленения загрязнение диоксидом серы, сероводородом, диоксидом азота в 2 раза ниже, чем непосредственно у источника загрязнения, а *при наличии озеленения* – в 3-4 раза. Максимальная задержка вредных газов бывает в 7 рядных лесных полосах с расстоянием между рядами в 3 м.

Эффективность озеленения характеризуют следующие данные:

Сосновое насаждение собирает из воздуха 36,4 т/га пыли; хвоя 1 га *елового леса* улавливает 32 т пыли; листва *букового леса* – 68 т. 1 га *лесонасаждений* поглощает за 1 час весь CO_2 , который выделяет за это время 200 человек, т.е. 8 кг. Одно *широколиственное дерево* с проекцией кроны 150 м² дает за 10 лет количество кислорода, нужное для 2-х лет жизни одного человека. Наиболее активны в этом отношении тополя. Средневозрастной тополь поглощает в период вегетации до 40 кг CO_2 . в час.

Зеленые растения способны вырабатывать *фитонциды*. Например: фитонциды дуба убивают возбудителей дизентерии и паратифа; эвкалипта – золотистого стрептококка; пихтовой хвои – возбудителя дифтерии; сосновой хвои – возбудителя туберкулеза.

Большую роль играют зеленые насаждения для улучшения микроклимата, поскольку снижают высокие летние температуры, повышают влажность воздуха, - уменьшают воздействие шума, электромагнитных колебаний, оказывают положительное влияние на психику человека.

Поэтому можно охранять садово-парковые комплексы и создавать новые. Норма зеленых насаждений на 1 условного человека должна составлять 20-26 м². В среднем по городам России на 1 жителя приходится 10 м², для города Ижевска этот показатель меньше 4 м², площадь лесопарковой зоны – 33% при оптимальном соотношении 1 :5 (в Москве 1:1,5).

Вопросы

1. Чем объясняется возникновение «парникового эффекта» и каковы его последствия?
2. Почему разрушается озоновый слой Земли?
3. Что такое «кислотные осадки» и причины их выпадения?
4. Как называется смесь дыма, тумана и пыли? Каковы экологические последствия ее присутствия в атмосферном воздухе?
5. В чем состоит сущность следующих мер по защите атмосферы:
 - а) - экологизация технологических процессов;
 - б) - сокращение выбросов автотранспорта.
 - в) - рассеивание газовых выбросов в атмосфере;
 - г) - очистка газовых выбросов от вредных примесей;
 - д) - устройство санитарно-защитных зон?

ЛЕКЦИЯ 10

ГИДРОСФЕРА И ПРОБЛЕМЫ ЕЁ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Вопросы:

1. Гидросфера как часть биосферы.
2. Экологические последствия загрязнения гидросферы.
3. Экологические последствия истощения вод.
4. Защита гидросферы.
5. Показатели качества воды.

1. ГИДРОСФЕРА КАК ЧАСТЬ БИОСФЕРЫ

Вода необходима для сохранения и поддержания устойчивости биосферы. Она является важнейшим природным ресурсом, необходимейшим условием жизни на планете. Вода обладает уникальными свойствами и выполняет важные функции:

- является средой обитания, в ней зародилась жизнь;
- играет ведущую роль в терморегуляции (поддерживает тепловой гомеостаз);
- главный творец климата, ежедневной погоды;
- осуществляет передвижение веществ;
- растворяет различные вещества;
- определяет строение и функции клеточных структур.

Ни один жизненный процесс не совершается без воды. Она составляет до 90% массы растений, 75% массы животных, в составе человеческого тела воды 65%. Для создания 1 грамма живого вещества требуется 100 грамм воды.

Водная оболочка Земли – гидросфера располагается между атмосферой и литосферой и включает в себя все океаны, моря, реки, а также подземные воды, льды, снега полярных и высокогорных районов. Гидросферу делят на поверхностную и подземную.

Поверхностная гидросфера – водная оболочка поверхностной части Земли. В ее состав входят воды океанов, морей, рек, озер, водохранилищ, болот, ледников, снежных покровов. Поверхностная гидросфера покрывает земную поверхность на 70,8%.

Подземная гидросфера – включает воды, находящиеся в верхней части земной коры. Сверху подземная гидросфера ограничена поверхностью земли, нижнюю ее границу проследить невозможно, так как гидросфера очень глубоко проникает в толщу земной коры.

Гидросфера содержит 1,5 млрд. м³ воды, что по отношению к объему земного шара общий объем гидросферы не превышает 0,13%. Основную часть гидросферы (96,53%) составляет Мировой океан (табл. 12). На долю подземных вод приходится 1,69% от общего объема гидросферы, остальное – воды рек, озер и ледников.

Таблица 12 – Распределение вод на Земле (В.И. Коробкин, Л.В. Перельский, 2000)

Части гидросферы	Площадь распространения, тыс. км ²	Объем воды, тыс. км ³	Доля от общих мировых запасов воды, %
Мировой океан	361300	1138500	96,53
Ледники и снега (полярные и горные области)	16227	24064	1,74
Подземные воды	134800	23400	0,023
Подземные льды в зоне вечной мерзлоты	21000	300	0,023
Озера	2058	176	0,014
Почвенная влага	82000	16,5	0,001
Пары атмосферы	510000	12,9	0,001
Болота	2682	11,4	0,0007
Речные воды	148800	2,1	0,0002

Более 98% всех водных ресурсов Земли составляют соленые воды океанов, морей и др., пресных вод – около 2%. Основная часть пресных вод сосредоточена в ледниках, воды которых пока используются очень мало. На долю остальной части пресных вод, пригодных для водоснабжения, приходится всего лишь 0,3% объема гидросферы. В настоящее время в России сосредоточено свыше 25% мировых запасов пресной воды.

Рост городов, развитие промышленности, сельского хозяйства, расширение площадей орошаемых земель, улучшение культурно-бытовых условий все более усложняют проблему обеспечения водой. Потребности в воде огромны и расходы ее с каждым годом возрастают.

В России общее водопотребление равняется 117 км³/год. Среди отраслей экономики основными потребителями воды являются:

- *сельское хозяйство (более 20%)*. Для получения 1 т необходимо воды: пшеницы – 1500 т, риса – более 7000 т, хлопка около 10000 т;

- *промышленность (53%)*. Так для получения 1 т затрачивается: угля – 2 т, стали – 15-20 т, целлюлозы – 400-500 т;

- *коммунальное хозяйство (15%)*. В среднем на бытовые нужды в домах без канализации человек потребляет в сутки около 50 л воды (~ 3 млрд. чел.), в селах и поселках, где имеется водопровод, потребление возрастает до 150 л/сутки (~ 1,5 млрд. чел.), в современных зданиях с централизованным водоснабжением (~ 1,5 млрд. чел.) расход воды на 1 человека в сутки составляет 200-500 л.

Потребность человека в воде зависит от возраста, пола и региона проживания. Для взрослого человека она составляет 40-50 мл/кг массы тела в сутки, а для детей грудного возраста – 120-150 мл/кг.

Взрослому человеку в сутки необходимо 2,3-2,7 л воды в сутки. С продуктами питания он получает 0,6-0,8 л воды. При окислении белков, жиров и углеводов в организме человека образуется 0,3-0,4 л в сутки.

Установлено, что чем больше минеральной воды потребляет нация, тем она здоровее. Так один человек за год в развитых странах потребляет неодинаковое количество минеральной воды, л:

- в США – 428;
- в Германии – 251;
- в Японии – 115;
- в России – 45.

2. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГИДРОСФЕРЫ

Загрязнение гидросферы – снижение биосферных функций и экологического значения в результате поступления вредных веществ.

Загрязнение вод – привнесение или возникновение в них новых вредных химических, физических, биологических агентов. Загрязнение вод проявляется в изменении физических и органолептических свойств (нарушение прозрачности, окраски, запахов, вкуса), увеличении содержания сульфатов, хлоридов, нитратов, тяжелых металлов, сокращении растворенного в воде кислорода воздуха, появлении радиоактивных элементов, болезнетворных бактерий и других загрязнителей.

Основными источниками загрязнения поверхностных и подземных вод являются: 1) сброс в водоемы неочищенных сточных вод; 2) смыв средств, применяемых в сельском хозяйстве (пестициды, минеральные удобрения, топливно-смазочные материалы), твердых бытовых отходов, отходов животноводства и др. ливневыми осадками; 3) газодымовые выбросы; 4) утечки нефти и нефтепродуктов.

Наибольший вклад в загрязнение гидросферы оказывают *сточные воды*. В результате хозяйственной деятельности человека ежегодно сбрасывается более 420 км³ сточных вод, способных загрязнить 7000 км³ чистой воды. Сточные воды подразделяются на:

— любые воды и атмосферные осадки, отводимые в водоёмы с территорий промышленных предприятий и населённых мест через систему канализации или самотёком, свойства которых оказались ухудшенными в результате деятельности человека. Классификация сточных вод включает *три основные категории* в зависимости от их состава, происхождения и качественных показателей примесей и загрязнений:

Бытовые, или хозяйственно-фекальные, к которым относятся сточные воды, удаляемые из различных бытовых помещений, таких как туалеты, душевые и ванны комнаты, кухни, прачечные, бани, больницы, столовые и т.д. Основными их загрязнениями являются хозяйственно-бытовые и физиологические отходы, а для их сброса действуют специальные правила приема сточных вод в городскую канализацию;

Промышленные или производственные, использованные при выполнении разнообразных технологических процессов, таких промывание сырья и продукции, охлаждение оборудования и т.д., а также отка-

чаные на поверхность в процессе добывания полезных ископаемых. Чаще всего промышленные стоки загрязнены производственными отходами, в которых могут содержаться такие вредные и отравляющие вещества, как азот аммонийный в сточных водах, синильная кислота, соли свинца, ртути и меди, фенолы, анилин и т.д., а также отходы, которые могут иметь ценность при использовании в качестве вторичного сырья.

Промышленные стоки могут быть разделены на две категории: *загрязненные*, для которых перед повторным использованием или выпуском в водоемы производится предварительная очистка сточных вод, и *слабозагрязненные или условно чистые*, которые не требуют предварительной обработки.

Атмосферные (ливневые) сточные воды, к которым относятся талые и дождевые воды, а также воды от полива зеленых насаждений и улиц. Данная категория сточных вод содержит в себе в основном загрязнения минерального происхождения и представляет меньшую санитарную опасность, чем производственные и бытовые стоки, поэтому очистка ливневых сточных вод является наименее требовательной процедурой.

Под влиянием загрязнений в водных объектах происходят первичные, вторичные и третичные изменения.

Первичные изменения наблюдаются при прямом воздействии загрязнителей: преобразуется состав и свойства вод, изменяется их температура, газовый режим и другие условия гидробионтов.

Вторичные изменения возникают при взаимодействии загрязняющих веществ друг с другом и с водой. В результате образуются новые вещества, отрицательно влияющие на водные организмы, гниют донные отложения, нарушаются процессы самоочищения воды.

Третичные изменения – следствие вторичных – нарушаются трофические цепи и биогеохимические циклы водных экосистем, гибнут рыбы и иные гидробионты.

В результате загрязнения водоемов происходит *эвтрофирование*. Антропогенное эвтрофирование приводит к перестройке структуры трофических связей гидробионтов, резкому возрастанию биомассы фитопланктона, благодаря массовому размножению сине-зеленых водорослей, вызывающих «цветение» воды, ухудшающих ее качество и условия жизни гидробионтов. Возрастание массы фитопланктона сопровождается уменьшением разнообразия видов, что приводит к невозможной утрате генофонда, уменьшению способности экосистем к гомеостазу и саморегуляции.

Как последствие эвтрофирования вод вероятно утрата водоемом хозяйственного и биогеоценотического значения.

Для здоровья человека неблагоприятные последствия проявляются:

- при использовании загрязненной воды в результате *биологического накопления по пищевым цепям* типа: вода – планктон – рыба – человек или вода – почва – растения – животные – человека. Использо-

ние рыбы из водоемов с массовым развитием сине-зеленых водорослей может вызвать отравление, хронический гиповитаминоз (недостаток витаминов), т.к. токсины сине-зеленых водорослей отнесены к высокотоксичным соединениям, которые действуют на нервную систему, нарушают углеводный и белковый обмен. Токсическое действие вод эвтрофированного водоема может быть также обусловлено накоплением нитратов и нитритов, которые могут образовывать высококанцерогенные нитрозамины.

- при *непосредственном контакте* (купание, стирка, рыбная ловля) различные паразиты могут проникать в организм, вызывать эпидемические заболевания, такие как холера, брюшной тиф, дизентерия.

Статистика показывает, что 80% всех заболеваний связано с неудовлетворительным качеством питьевой воды, ежегодно умирает около 22 млн. человек.

Из-за негативных последствий проявления, проблема биогенного насыщения вод приобретает глобальный характер. Для всестороннего изучения этого процесса по программам Международной комиссии по эвтрофированию ведутся систематические наблюдения, проводятся регулярные обследования рек, озер, водохранилищ, морских акваторий.

По трофности различают 5 типов водоемов, которые можно расположить по возрастанию этого показателя в следующем порядке:

1 – *дистрофные* (dys - нарушение) – с плохо развитой растительностью и высоким содержанием гумусовых кислот;

2 – *олиготрофные* (oligos - мало) – с низкой продуктивностью (глубокие озера);

3 – *мезотрофные* (mesos - средний) с оптимальным состоянием в теплый период года;

4 – *эвтрофные* (ev - хорошо, усиленно) – с высоким поступлением биогенов;

5 – *гипертрофные* (gureg - чрезмерное превышение нормы) – с катастрофически высоким поступлением биогенов.

Экологические последствия загрязнения морских экосистем выражаются в следующих процессах и явлениях:

- нарушении устойчивости экосистем;
- прогрессирующей эвтрофикации;
- накоплении токсикантов в биоте;
- снижении биологической продуктивности;
- возникновении мутагенеза и канцерогенеза в морской среде;
- микробиологическом загрязнении прибрежных районов моря.

Методы борьбы с эвтрофикацией:

1 – механический (сбор водорослей);

2 – химический (использование химических препаратов);

3 – биологический: применение биопрепаратов (например, использование микроорганизмов, уничтожающих вредную флору), аккли-

матизация представителей ихтиофауны, поедающих водяные растения (например, выпуск мальков толстолобика, поедающего ряску);

4 – технологический (очистка сточных вод; применение моющих средств, не содержащих фосфора и т.п.).

3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ИСТОЩЕНИЯ ВОД

Истощение вод – недопустимое сокращение их запасов в пределах определенной территории (для подземных вод) или уменьшение минимального допустимого стока (для поверхностных вод).

Истощение подземных вод возникает в результате интенсивной их добычи в районах водозаборов, а также значительного водоотлива при строительстве шахт и карьеров, что нарушает естественно сложившуюся взаимосвязь поверхностных и подземных вод. Истощение подземных вод приводит к ухудшению речного стока, иссушению родников, ручьев и небольших рек, снижению уровня подземных вод, иссушению и опустыниванию территорий, гибели растительности.

Истощение поверхностных вод возникает в результате безвозвратного изъятия вод рек и других водных объектов на орошение, промышленное производство, коммунально-бытовые нужды и т.д. Это приводит к снижению поверхностного стока, истощению малых рек и озер, регрессии морей, дефициту пресной воды.

Изъятие на хозяйственные цели большого количества воды из впадающих в водоемы рек может привести к их истощению. Примером может служить регрессия (отступление) Аральского моря. Его уровень с 60-х гг. 20в. катастрофически понижается в связи с недопустимым объемом забора воды из питающих Арал рек – Амударьи и Сырдарьи. Осушенное дно Аральского моря становится сегодня крупнейшим источником пыли и солей. В дельте Амударьи и Сырдарьи на месте гибнущих лесов и тростниковых зарослей появляются бесплодные солончаки.

4. ЗАЩИТА ГИДРОСФЕРЫ

Поверхностные воды защищают от засорения, загрязнения и истощения.

Для защиты *от засорения* предотвращают попадание в водоемы различных отходов и других предметов.

Для защиты *от истощения* контролируют допустимые стоки вод.

Для защиты *от загрязнения* применяют следующие мероприятия:

- развитие безотходных и безводных технологий и оборотного водоснабжения;

- очистка сточных вод;

- очистка и обеззараживание поверхностных вод, используемых для водоснабжения и других целей;

- закачка сточных вод в глубокие водоносные горизонты (подземное захоронение).

Безотходные и безводные технологии и оборотное водоснабжение

Главный загрязнитель поверхностных вод – сточные воды. Наиболее действенным способом защиты поверхностных вод от загрязнения сточными водами являются безводные и безотходные технологии. На начальном этапе создается оборотное водоснабжение. В его систему включают ряд очистных сооружений и установок, что создает замкнутый цикл использования сточных вод, которые при таком способе все время находятся в обороте и не попадают в поверхностные водоемы.

Очистка сточных вод

Вода обладает свойством самовозобновления и самоочищения. Агентами самоочищения являются бактерии, грибы, водоросли. Установлено, что в ходе самоочищения через 24 часа остается не более 50% бактерий, а через 96 часов – 0,5%. Для самоочищения необходимо многократное разбавление чистой водой. При сильном загрязнении самоочищения не происходит. В этих случаях необходимы специальные методы и средства для улучшения качества воды, очистки загрязнений, поступающих со сточными водами, с отходами сельскохозяйственного производства.

Для сточных вод, ввиду их огромного многообразия существуют различные способы их очистки:

- *механические*
- *физико-химические*
- *химические*
- *биологические и др.*

При *механической очистке* из производственных сточных вод удаляется до 90%, из бытовых – до 60% нерастворимых механических примесей (песок, глинистые частицы, органические загрязнители).

Для удаления грубых примесей размером *более 5 мм* применяют решетки, а для примесей *до 5 мм* – сита, песколовки, песчаные фильтры.

Для осаждения взвешенных частиц с удельным весом более единицы используют отстойники, в которых осаждение частиц происходит под действием сил тяжести. Сверху полимерную пленку выжигают. После осаждения воды спускают во вторичный отстойник, где вода отстаивается еще 2-3 недели. Недостаток – загрязнение атмосферы, загрязнение водоносных горизонтов.

Для улавливания из сточных вод плавающих на поверхности (более легких, чем вода) нефтепродуктов, масел, смол и др. используют нефтеловушки, маслоуловители, смолуловители и другого вида уловители, либо выжигают.

При *физико-химической очистке* из вод удаляются взвешенные частицы, минеральные и органические вещества. Для этого используются *коагуляция, сорбция, флотация, экстракция, ионообменная очистка*.

- *коагуляция* – введение в сточные воды коагулянтов для осветления воды и осаждения взвешенных частиц (образование нерастворимых осадков), которые затем легко удаляются. В качестве коагулянтов используются: сернокислый алюминий, железный купорос, глинозем, соли аммония, железа, меди. В некоторых случаях для коагулирования достаточно подкислить сточные воды. Например, при подкислении бытовых стоков в осадок выпадают мыла.

Метод коагуляции применяют для очистки сточных вод текстильных предприятий, фабрик искусственного волокна, нефтеперерабатывающих заводов.

- *сорбция (адсорбция)* – поглощение токсических веществ твердым веществом – адсорбентом. В качестве адсорбентов применяют вещества и вещества с высокой поглотительной способностью: торф, активированный уголь, бентонитовые глины, опилки, шлаки. Сорбент может также добавляться в очищаемые стоки в измельченном виде.

Этот метод применяют для очистки сточных вод от органических соединений (краски, фенолы, пестициды).

- *флотация* – процесс выделения в пенный слой взвешенных загрязнителей в результате прилипания к пузырькам газа. Метод основан на различной смачиваемости частиц. *Суть метода*. В емкость с очищаемыми водами снизу подается воздух. Пузырьки адсорбируются на поверхности частиц и выносят их на поверхность с образованием «пены». «Пенный» слой удаляется флотаторами, а осветленную воду отводят на последующее использование. При флотации происходит селективное выделение примесей, большая скорость процесса, высокая (95-98%) степень очистки и возможность рекуперации выделяемых веществ. Применяется для очистки стоков от взвешенных механических примесей.

- *экстракция* – использование растворителей для извлечения токсических веществ. Используется для очистки концентрированных сточных вод, содержащих органические загрязнители, представляющие техническую ценность (масел, фенолов, органических кислот). Метод основан на смешивании двух взаимонерастворимых жидкостей (одна из которых сточные воды) и распределении в них согласно растворимости загрязняющего вещества. В качестве экстрагентов используют различные органические вещества: ацетон, толуол, хлороформ, бутилацетат и др. Разделение производится перегонкой смеси, поэтому должна быть разная температура кипения экстрагента и выделяемого вещества. После разделения смеси экстрагент вновь используется в цикле очистки, а вещество утилизируется. Очищенные воды направляются на дальнейшую обработку.

- *ионообменная очистка* сточных вод применяется для извлечения из них металлов (Zn, Cu, Cr, Ni, Pb, V, Mn и др.), а также соединений As, P, радиоактивных веществ. В качестве ионитов используются природные соединения (цеолиты, глинистые минералы, фторapatиты), а так же синтетические смолы – высокомолекулярные соединения, набухающие в воде в 1,5-3 раза. Ионитами заполняется емкость, через которую пропускают очищаемые воды.

Для извлечения из сточных вод металлов также используют катодное восстановление. Катоды изготавливают из стали, графита, металлов покрытых вольфрамом, молибденом. Аноды – из нерастворимых материалов, таких как графит, магнетит и др.

К основным *химическим способам* очистки сточных вод относят:

- *нейтрализацию*
- *окисление*
- *восстановление*

Для *нейтрализации* кислот в сточные воды вводят специальные реагенты: гашеную известь, кальцинированную соду, аммиак.

Для нейтрализации щелочных вод наиболее часто применяются кислоты: серная, соляная, азотная, реже уксусная. Возможно использование так же дымовых газов, содержащих CO_2 , SO_2 , NO_2 .

Окислительный метод используют при очистке промышленных сточных вод от токсических цианидов, сульфидов, фенолов, крезолов, соединений мышьяка. Реагентами являются хлор и его производные (диоксид, хлораты, гипохлораты), кислород, озон, перманганаты, хроматы и бихроматы, перекись водорода.

Восстановительный метод применяют для очистки сточных вод от нитритов, нитратов, броматов, иодатов, соединений As^{3+} , Cr^{6+} . Восстановителями в этом случае служат окисленные переменновалентные элементы, содержащиеся, например, в сульфатах, сульфидах, солях двухвалентного железа, диоксиде серы (из дымовых газов), органических отходах (газетная бумага), пиритных огарках.

Для очистки промышленных стоков от соединений мышьяка (As^{3+}) применяют пиролюзит (MnO_2), при этом As^{3+} переходит в менее токсичный As^{2+} .

Восстановители применяют для удаления Cr^{6+} , восстанавливая до Cr^{3+} с последующим осаждением в щелочной среде в форме гидроксида $\text{Cr}(\text{OH})_3$.

Биологический (биохимический) метод основан на способности искусственно вселяемых микроорганизмов использовать для своего развития органические и некоторые неорганические соединения (сероводород, аммиак, нитраты, сульфиды и т.д.), содержащихся в сточных водах.

Очистку ведут с помощью естественных методов (биологические пруды, поля орошения, поля фильтрации) и искусственных (биофильтры, азротенки).

Биологические пруды представляют собой каскады из 3-5 ступеней водоемов, через которые медленно протекает очищаемая вода. Пруды с естественной аэрацией имеют глубину 0,5-1,0 м, вода хорошо прогрева-

ется и заселяется водными организмами и водорослями, что способствует интенсификации процессов окисления сточных вод (происходят те же процессы, что и при самоочищении водоемов).

Поля орошения – специально подготовленные земельные участки, которые используются одновременно для очистки сточных вод и в агрокультурных целях. Процессы очистки идут за счет действия почвенной микрофлоры, солнца, воздуха и жизнедеятельности растений.

Поля фильтрации аналогичны полям орошения, но используются только для биологической очистки сточных вод. Сточные воды на очистку подают через распределительные системы в подпочвенный слой поля орошения, что наиболее полно реализует полезные свойства сточных вод как удобрения.

Биофильтры – это реакторы с неподвижной биопленкой и противотоком жидкости. Биофильтры оборудуют минеральными насадками (шлаковыми, гравийными, гранитными) с высокой удельной поверхностью, на которой растет биомасса в виде пленки. Биофильтры оборудуют дренажом. Благодаря биопленке интенсивно протекают процессы биохимического окисления.

Биопленка образует сообщество, первый трофический уровень которого составляют бактерии и грибы (они разрушают загрязнения); второй – колонии, нематоды и иные простейшие и третий – личинки насекомых и пр.

Аэротенки – это открытые железобетонные аэрируемые резервуары, в которых очистка идет по мере протекания через него сточных вод, смешанным с активным илом. Активный ил состоит из бактерий и микроскопических животных, источниками питания которых служат загрязнения сточных вод и избыток кислорода, поступающий с потоком подаваемого воздуха. Бактерии склеиваются в хлопья и выделяют ферменты, минерализующие органические загрязнители. Ил с хлопьями оседает, отделяясь от очищенной воды. Микроскопические животные (инфузории, жгутиковые, амёбы и др.) пожирая не слипающиеся в хлопья бактерий, омолаживают бактериальную массу ила.

В целом, содержание органического вещества в результате прохождения через аэротенки сокращается на 90%.

После биологической очистки воды обеззараживают (дезинфицируют) с помощью соединений хлора. Хлорирование уничтожает патогенных микроорганизмов, но хлор вступает в реакцию с аммиаком. Поэтому наиболее эффективными и безопасными методами обеззараживания вод являются озонирование и обработка ультрафиолетовым излучением.

При всех методах очистки сточных вод с экологической точки зрения весьма важна обработка и *утилизация образующихся осадков* (особенно при очистке токсичных промстоков).

На очистных сооружениях накопление осадков (твёрдой фазы) составляет до 3% от общего объема сточных вод. Осадки обезвоживают на иловых площадках, центрифугах и вакуум-фильтрах с последующей сушкой.

Осадки, избыточный ил и биопленку сбрасывают в метатенках с получением биогаза. В качестве удобрений органические осадки могут использоваться только после компостирования с добавлением в них листвы, соломы или торфа. Осадки также перерабатывают с помощью растений (гиацинты, тростник и др.) на специальных полигонах.

Утилизацию осадков производственных сточных вод проводят с учетом их класса опасности. Шламы 1-го и 2-го классов хоронят на полигонах промышленных отходов после их обработки цементом, битумом, полимерными связующими материалами. Шламы 4-го класса опасности используют в производстве строительной керамики, кирпича, черепицы, шлакоблоков.

Одним из перспективных *способов уменьшения загрязнения поверхностных вод* является *закачка сточных вод в глубокие водоносные горизонты (подземное захоронение)*. Осуществляется оно через систему поглощающих скважин. При этом отпадает необходимость в дорогостоящей очистке и обеззараживании сточных вод и в сооружении очистных сооружений.

Агролесомелиорация и гидротехнические мероприятия защищают поверхностные воды от загрязнения и засорения. Они предотвращают эвтрофикацию озер, водохранилищ и малых рек, возникновение эрозии, оползней, обрушение берегов, уменьшают загрязненный поверхностный сток.

Водоохранные зоны защищают поверхностные воды от загрязнения, засорения и истощения. Они создаются на всех водных объектах. Их ширина на реках составляет от 0,1 до 1,5-2,0 км, включая пойму реки, террасы и береговой склон. В пределах этих зон запрещается распашка земель, выпас скота, применение пестицидов и удобрений, строительные работы и др.

Подземные воды охраняют от загрязнения и истощения. Для защиты *от истощения* применяют:

- регулирование режима водозабора подземных вод;
- рациональное размещение водозаборов по площади;
- определение величины эксплуатационных запасов как предела их рационального использования;
- введение кранового режима эксплуатации самоизливающихся артезианских скважин и др.

Для защиты подземных вод *от загрязнения* применяют две группы мероприятий: профилактические и специальные.

Профилактические мероприятия направлены на предупреждение загрязнения. Они предусматривают устройство зон санитарной охраны (ЗСО) – территорий вокруг источников централизованного питьевого водоснабжения, создаваемых для исключения возможности загрязнения подземных вод.

Специальные мероприятия направлены на локализацию или ликвидацию очага загрязнения. Они предусматривают изоляцию источников загрязнения от остальной части водоносного горизонта (завесы, противofильтрующие стенки), а также на перехват загрязненных подземных вод с помощью дренажа. Для ликвидации локальных очагов загрязнения ведут длительные откачки загрязненных подземных вод.

5. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Основами водного законодательства запрещены проектирование, строительство и ввод в эксплуатацию предприятий, не обеспеченных водоочистными устройствами. Сброс отработанных вод допускается только с разрешения органов, контролирующих качество воды.

Параметрами оценки качества воды служат:

- запах и окраска;
- привкус и содержание взвешенных и плавающих веществ;
- температура и рН;
- наличие кислорода и органических веществ;
- содержание вредных и токсических примесей.

По виду водопользования и нормам качества воды все водоемы подразделены на две категории:

- 1) *питьевого и культурно-бытового назначения;*
- 2) *рыбохозяйственного назначения.*

Для оценки качества вод существуют нормативы к составу воды и содержанию определенных концентраций веществ в соответствии с видом водопользования. Распространенными методами контроля за состоянием загрязнения вод служат санитарно-гигиенические и производственно-хозяйственные нормативы.

Санитарно-гигиенические нормативы:

ПДК (мг/м³) загрязняющих веществ. В России для водоемов питьевого назначения установлены ПДК более 1625 вредных веществ, для водоемов рыбохозяйственного назначения – более 1050 соединений

Для оценки содержания органических веществ используют показатели, характеризующие способность воды окислять органические вещества. При этом определяют две группы веществ: трудноокисляемые (гумус) и легкоокисляемые.

Наиболее полное окисление трудноокисляемых веществ достигается при использовании бихромата калия; этот показатель называют химическим потреблением кислорода (ХПК). ХПК – это количество кислорода, необходимое для окисления органических и восстановления неорганических (NH₄, сульфиды) веществ.

Количество биологически легкоокисляемых органических веществ определяют по показателю биохимического потребления кислорода (БПК). БПК – это количество кислорода, которое требуется для полного

микробного окисления легкоокисляемых органических веществ в расчете на 1 л за 5, 10 или 20 суток, а также для полного окисления (БПК₅, БПК₁₀, БПК₂₀, БПК_{пол}).

Общие требования к воде:

- вредные вещества не должны превышать ПДК более чем на 0,25 мг/л;
- ХПК не должно превышать 5 мг/л кислорода;
- БПК₅ не должен превышать, мг/л для водоемов хозяйственно-питьевого водопользования - 2; для водоемов культурно-бытового водопользования – 4. Допустимое значение БПК_{пол}, мг/л: для водоемов хозяйственно-питьевого назначения – 3; для водоемов культурно-бытового назначения – 6.

- рН=6,5÷8,5;

- на поверхности нет пленок нефтепродуктов и масел;

- нет посторонних запахов и привкусов;

- взвешенные вещества – не более 5-14 мг/л.

Производственно-хозяйственные нормативы:

ПДС – норматив предельно допустимого сброса загрязняющего вещества в поверхностный водоем.

Контроль загрязнения водных объектов регламентирован ГОСТом. Наблюдения ведут по установленным пунктам наблюдений различных категорий. Обязательно определяют расход, уровень и скорость течения воды; ее органолептические показатели (прозрачность, цветность, запах); взвешенные вещества; содержание кислорода и оксида углерода; рН; сумму ионов; содержание нефтепродуктов; синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ); пестициды; тяжелые металлы; БПК, ХПК.

Вопросы

1. Какие изменения в современной гидросфере связаны с хозяйственной деятельностью человека?
2. Каковы последствия антропогенной эвтрофикации водоемов?
3. Какие экологические последствия развиваются при истощении вод?
4. В чем сущность следующих мер по защите гидросферы:
 - а) развитие безотходных и безводных технологий и оборотного водоснабжения;
 - б) очистка сточных вод;
 - в) очистка и обеззараживание поверхностных вод, используемых для водоснабжения и других целей;
 - г) закачка сточных вод в глубокие водоносные горизонты (подземное захоронение)?
5. Как организуется защита подземных вод от загрязнения?

ЛЕКЦИЯ 11 – 12. ПЕДОСФЕРА И ПРОБЛЕМЫ ЕЁ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Вопросы:

1. *Педосфера как часть биосферы. Экологические функции почвы.*
2. *Воздействие агроэкосистем на педосферу (почвенный покров).*
 - 2.1. *Деградация почв.*
 - 2.2. *Проблема пестицидов.*
 - 2.3. *Проблема рационального использования удобрений.*
 - 2.4. *Животноводство и окружающая природная среда.*
3. *Экологичные методы ведения сельского хозяйства.*
 - 3.1. *Адаптивное растениеводство.*
 - 3.2. *Альтернативные системы земледелия.*

Агроэкология (сельскохозяйственная экология) – изучает взаимоотношения культивируемых организмов, популяций и сообществ с окружающей средой. Она решает вопросы экологизации технологий и рационального использования природных ресурсов в процессе аграрного производства. Основные понятия сельскохозяйственной экологии – агроэкосистема.

1. ПЕДОСФЕРА КАК ЧАСТЬ БИОСФЕРЫ. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ПОЧВЫ

Педосфера (почвенный покров) – оболочка Земли, образуемая почвенным покровом; верхняя (дневная) часть литосферы на суше.

Почва – это поверхностный горизонт земной коры, который сформировался в результате взаимодействия таких факторов как климата, организмов, почвообразующих пород, рельефа местности, возраста страны (времени), хозяйственной деятельности человека. Так как эти факторы почвообразования и их сочетания неодинаковы в различных частях Земли, то и мир почв также отличается широким разнообразием. Каждая почва отличается особым строением и отражает местные природные условия.

Академик В.И. Вернадский назвал почвы «благородной ржавчиной Земли». Это тончайшая поверхностная оболочка суши. Верхняя граница почвы – поверхность раздела между почвой и атмосферой, нижняя граница – глубина проникновения почвообразовательных процессов. Толщина (мощность) почвы в среднем составляет 18-20 см с колебаниями от нескольких мм (арктические, пустынные) до 1,5-2,0 м (черноземы типичные). В лесостепной и лесной зоне мощность почвы в среднем 0,5-1,5 м.

Почва – уникальное по сложности вещественного состава природное образование. Вещество почвы представлено четырьмя фазами: твер-

дой (минеральные и органические частицы), жидкой (почвенный раствор), газообразной (почвенный воздух) и живой (организмы).

Важнейшее свойство почв – *плодородие* – способность почв удовлетворять потребность растений в элементах питания и воде, обеспечивать их корневые системы достаточным количеством тепла и воздуха для нормальной деятельности и создания урожая.

Почва является неотъемлемой частью любого наземного биогеоценоза и биосферы в целом. При этом она выполняет ряд экологических функций. Экологические функции почвы можно разделить на *глобальные (биосферные)* (табл. 13) функции почвенного покрова и *экосистемные (биогеоценозические)* (рис. 16) функции почвы.

Таблица 13 – Глобальные функции почв (педосферы)

Сферы влияния			
Литосфера	Гидросфера	Атмосфера	Биосфера в целом
Биохимическое преобразование верхних слоев литосферы	Трансформация поверхностных вод в грунтовые	Поглощение и отражение солнечной радиации	Среда обитания, аккумулятор и источник вещества и энергии для организмов суши
Источник вещества для образования минералов, пород, полезных ископаемых		Регулирование влагооборота атмосферы	Связующее звено большого геологического и малого биологического круговоротов веществ на земной поверхности
Передача аккумулятивной солнечной энергии в глубокие части литосферы	Участие в формировании речного стока	Источник твердого вещества и микроорганизмов, поступающих в атмосферу	Регулирование химического состава атмосферы и гидросферы
	Фактор биопродуктивности водоемов за счет приносимых почвенных соединений	Поглощение и удержание некоторых газов от ухода в космическое пространство	Защитный барьер и условие нормального функционирования биосферы
Защита литосферы от чрезмерной эрозии и условие ее нормального развития	Сорбционный защищающий от загрязнения барьер акваторий	Регулирование газового режима атмосферы	Обеспечение существования жизни на Земле. Фактор биологической эволюции

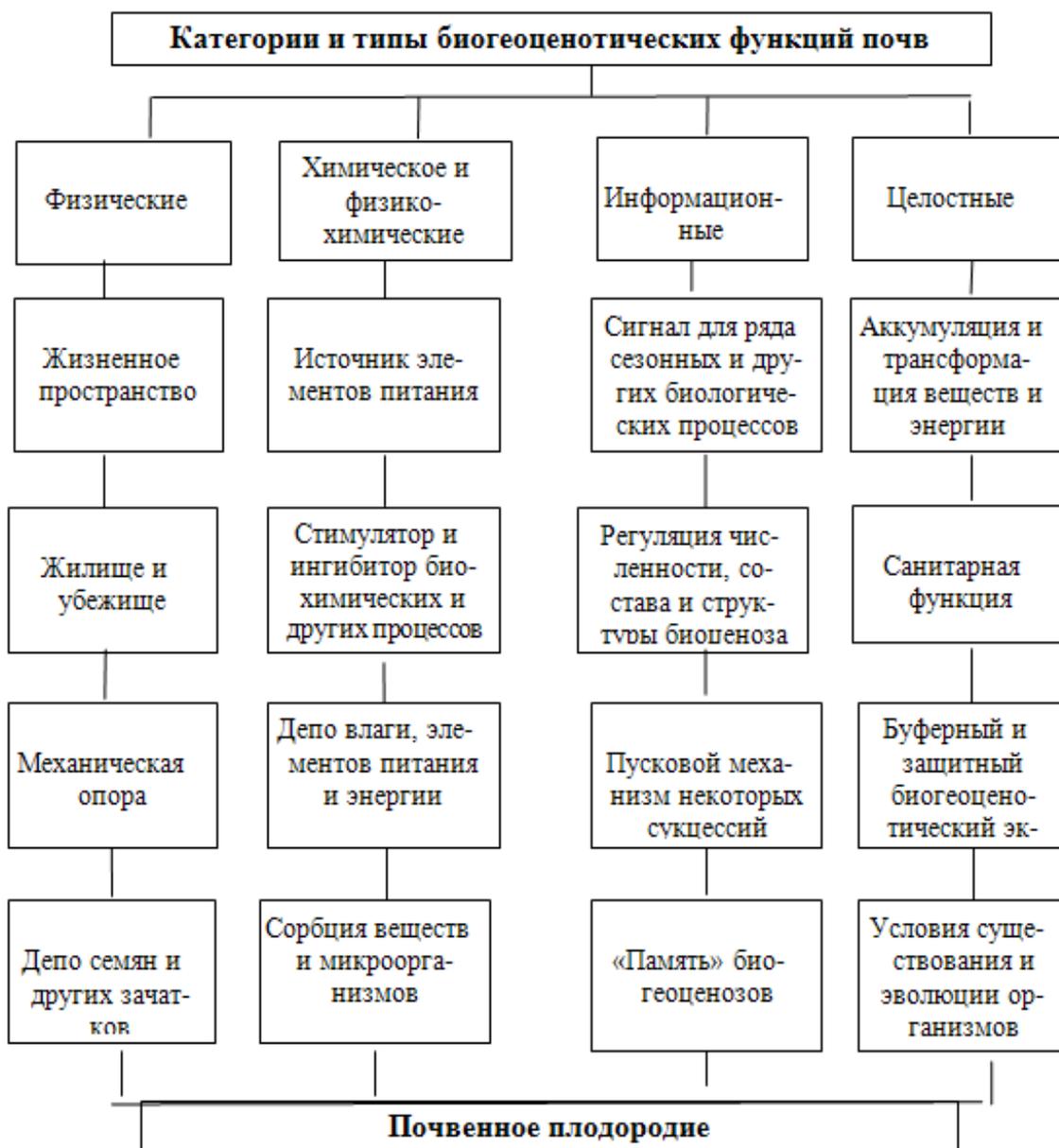


Рисунок 16 – Экосистемные (биогеоценотические) функции почвы

Кроме экологических функций по отношению непосредственно к человеку почва осуществляет еще одну функцию – сельскохозяйственную.

Прямо или косвенно в сельскохозяйственное производство вовлечены практически все виды природных ресурсов но, основой для сельскохозяйственной деятельности является почва – ценнейшее богатство человечества. Древние египтяне называли почву «даром великого Нила», древние греки – «женщиной и матерью», на Руси землю называли «матушка – кормилица», «целительница».

На основе почв реализуется растениеводство, которое является основой животноводства. Продукция растениеводства и животноводства обеспечивает человека пищей, сырьем частично легкую, биотехнологическую, частично химическую, фармацевтическую и

другие отрасли народного хозяйства. Человечество получает из почвы 95% всех продуктов питания.

В основе и экологических и сельскохозяйственных функций почвы лежит ее важнейшее свойство – *плодородие*. Забота о сохранении почвенного плодородия «здоровья» почвы должна быть приоритетной, т.к. она является главным средством в сельскохозяйственном производстве, базисом для создания любой агроэкосистемы.

2. ВОЗДЕЙСТВИЕ АГРОЭКОСИСТЕМ НА ПЕДОСФЕРУ (ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ)

Одной из форм проявления научно-технической революции (НТР) представляет «зеленая революция», т.е. интенсивное развитие сельского хозяйства путем:

- механизации сельского хозяйства (использование машин и техники);
- применения искусственно выведенных сортов растений и животных;
- химизации (использование удобрений и ядохимикатов);
- мелиорации (расширение орошаемых земель).

«*Зеленая революция*» - это преобразование сельского хозяйства на основе современной агротехники и селекции, это период кардинальной смены подходов к выращиванию растений и животных.

Различают *две «зеленые революции»*. *Первая* произошла в 60-70 гг. XX в., ее инициатором был мексиканский селекционер Норман Берлоуг. Он вывел сорт пшеницы «Мексикале», которая давала урожай в 3 раза выше, чем старые сорта. В результате этой революции урожайность зерновых культур возросла в 2-3 раза и вдвое увеличился ассортимент продукции. Более половины пищевых продуктов, которые производятся сейчас, до 1950 г. не производилось. Некоторые из развивающихся стран (например, Индия) стали удовлетворять свои потребности в зерне путем собственного производства.

Несмотря на то что «зеленая революция» позволила удовлетворить потребности растущего населения планеты в пище, она вызвала ряд отрицательных последствий: деградацию почв, снижение качества сельскохозяйственной продукции.

С середины 80-х гг. XX в. ученые заговорили о *второй «зеленой революции»*. В ее основе – адаптивный подход, т.е. сельскому хозяйству нужно переориентироваться на более экологичные технологии возделывания сельскохозяйственных культур и разведения сельскохозяйственных животных.

Селекционеры переключились с выведения сортов-«рекордсменов» на селекцию сортов-«тружеников», которые могут давать достаточно высокий (хотя и не рекордный) урожай в неблагоприятных условиях произрастания и при невысоких дозах удобрений, устойчивые к воздействию болезней, вредителей и сорняков. Для этого широ-

ко используются местные популяции культурных растений. При развитии скотоводства будет расширено использование растительности на землях, которые не могут быть распаханы – склоны, овраги, маломощные почвы.

Одним из направлений второй «зеленой революции» является применение методов «экологически чистой» борьбы с последствиями антропогенного вмешательства в экосистемы.

Таким образом, основные тенденции второй «зеленой революции» - это оказание минимального воздействия на окружающую природную среду, снижение вложений антропогенной энергии, использование биологических методов борьбы с вредителями растений.

Итак, хотя основной целью «зеленой революции» было увеличение производства сельскохозяйственной продукции, но активное вмешательство человека в жизнедеятельность природных экосистем и создание агроэкосистем привело к ряду негативных последствий, таких как деградация почв, загрязнение биосферы агрохимикатами (ядохимикатами и удобрениями), нарушение природного равновесия экосистемы.

2.1. Деградация почв

В результате хозяйственной деятельности почва часто теряет свое плодородие, деградирует или даже полностью разрушается.

Деградация – постепенное ухудшение свойств почвы, которое сопровождается уменьшением содержания гумуса и снижением плодородия. Выделяют несколько основных причин деградации почв: *эрозия, дегумификация, почвоутомление и истощение почв, нарушение водного и химического режима, загрязнение и химическое отравление.*

1. Эрозия почв. Механическое разрушение почвы под воздействием воды, ветра или в результате воздействия человека при нерациональном поливе, перевыпасе скота, применение тяжелой техники, промышленная деятельность человека.

В результате *водной эрозии* сокращается или уничтожается гумусовый горизонт почвы, что приводит к уменьшению содержания питательных элементов, к ухудшению структуры и уплотнению почвы. Помимо потери плодородия, водная эрозия сопровождается уменьшением запасов воды в почве, расчленением полей, заилением рек и других водоемов.

Развитие водной эрозии зависит от ряда факторов: мощность снегового покрова и интенсивность его таяния; количество, интенсивность и величина капель дождевых осадков, характер рельефа; гранулометрический состав и структура почв; наличие и характер растительности.

Ветровая эрозия (дефляция) – процесс разрушения почвенного покрова под действием ветра. Развитие ветровой эрозии зависит от сле-

дующих факторов: характер рельефа; гранулометрический состав и структура почв; наличие и характер растительного покрова.

Промышленная эрозия почв – разрушение почвенного покрова промышленной деятельностью человека: отчуждение почв городами, поселками, дорогами, линиями электропередач и связи, трубопроводами, карьерами, свалками, водохранилищами и т.д.

Защита почв от водной и ветровой эрозии включает организационно-хозяйственные, агротехнические, лесомелиоративные и гидротехнические мероприятия.

Организационно-хозяйственные мероприятия – обоснование и составление плана противоэрозионных мероприятий и обеспечение его выполнения (рациональное распределение земельных угодий, почвозащитные севообороты, регулирование выпаса и др.).

Агротехнические мероприятия включают приемы фитомелиорации (севообороты с многолетними травами, замена чистых паров на занятые, сидеральные, кулисные), противоэрозионную обработку почвы (обработка почв по горизонтали, щелевание и кротование почв, безотвальная вспашка с сохранением стерни и пожнивных остатков, обвалование), снегозадержание и регулирование снеготаяния (лесные полосы и кулисы, пахота снега, прикатывание).

Лесомелиоративные мероприятия основаны на создании лесных защитных насаждений (ветрозащитные и приовражные лесные полосы, полезащитные кустарниковые полосы поперек склонов и т.д.).

Гидротехнические мероприятия применяют в тех случаях, когда другие приемы не в состоянии предотвратить эрозию. Они основаны на создании гидротехнических сооружений, обеспечивающих задержание или регулирование склонового стока (террасирование склонов, выполаживание оврагов бульдозерами, засыпка промоин, закрепление склонов оврагов).

2. Дегумификация почв – уменьшение содержания и запасов органического вещества. Развитие дегумификации определяется соотношением в севооборотах пропашных культур и культур сплошного сева, удельным весом многолетних трав, применением органических и минеральных удобрений.

3. Почвоутомление и истощение почв. Внешне проявляется в резком снижении урожайности сельскохозяйственных культур, что наблюдается при бессменном возделывании (или частом возвращении на прежнее поле севооборота) растений одного вида. Наиболее часто проявляется при повторных посевах льна, подсолнечника, сахарной свеклы и др. Основные причины - накопление в почве токсических веществ, размножение специфических вредителей, возбудителей болезней и сорняков.

Защита почв от дегумификации, почвоутомления и истощения включает следующие мероприятия:

- применение органических удобрений;
- известкование кислых почв;
- использование в севообороте пропашных культур и культур сплошного сева;
- использование щадящей обработки почвы (облегчение машин, минимизация обработки).

4. Нарушение водного и химического режима почв:

а) опустынивание – резкое изменение водного режима, приводящие к иссушению и большой потере влаги. В экстремальных случаях может привести к потере сплошного растительного покрова, полному разрушению биосферного равновесия и превращению территории в пустыню. Главные причины: перегрузка ландшафта сельскохозяйственными культурами, неумеренный выпас скота, вырубка лесов, выделение земель под всевозможные застройки.

Потери продуктивных земель в результате опустынивания на всей планете ныне составляют 50-70 тыс. км² в год, а общая площадь «искусственных пустынь» - более 8 млн. км². Пустыни ведут наступление на степи, степи в свою очередь – на саванны, саванны – на тропические леса.

б) вторичное засоление – засоление почв при орошении минерализованными или пресными водами в результате подъема уровня минерализованных грунтовых вод. Соли содержащиеся в воде, накапливаются в почвенном профиле.

в) вторичная кислотность – кислотность почв ниже оптимальной реакции почв, которая для многих сельскохозяйственных растений находится в интервале рН 5,5-8,0; вторичная кислотность возникает в результате выбросов в атмосферу соединений кислот промышленного, транспортного и других происхождений, при внесении физиологически кислых минеральных удобрений.

5. Загрязнение и химическое отравление почв:

а) промышленное – результат осаждения паров, аэрозолей, пыли и других веществ на поверхности почвы с атмосферными осадками;

б) радиоактивные – накопление в почве радионуклидов в результате ядерных взрывов, аварийных выбросов на АЭС, утечки радиоактивных материалов, захоронение отходов атомной промышленности;

в) сельскохозяйственное – результат неправильного применения пестицидов, внесение сверх нормативных доз минеральных и органических удобрений, отходами животноводческих ферм.

Аграрно-животноводческий комплекс в современных условиях продолжает быть основным загрязнителем земель и других элементов окружающей среды. Отходы и сточные воды животноводческих комплексов, ферм и птицефабрик, перерабатывающая промышленность, использование ядохимикатов и удобрений, ослабление производственной и технологической дисциплины, трудности осуществления контроля на сельскохозяйственных объектах, разбросанных на обширных территории

ях – все это приводит к тому, что состояние земли и всей окружающей среды в сельской местности остается тревожным.

2.2. Проблема пестицидов

Особую опасность для экосистем и для здоровья людей представляют многочисленные *пестициды* - *ядохимикаты*, применяемые в полеводстве и лесном хозяйстве для борьбы с грибковыми и вирусными заболеваниями растений, с насекомыми-вредителями, грызунами, сорными растениями. К пестицидам относятся и вещества, используемые для регуляции роста и развития растений. Многие из них высокотоксичны для гораздо более высокого круга организмов, чем грибы или насекомые. Очень опасны многие из них и для человека (табл. 14).

Пестициды подразделяются следующим образом:

- гербициды – уничтожают сорную растительность;
- арборициды – уничтожает кустарники и деревья;
- инсектициды – уничтожает насекомых;
- зооциды – уничтожает грызунов- мышей, сусликов и др.;
- фунгициды – уничтожают грибки;
- бактерициды – уничтожают возбудителей бактериальных заболеваний;
- лимациды – уничтожают слизней и иных моллюсков;
- акарициды – уничтожают клещей;
- нематоциды – уничтожают круглых червей и др.

Кроме этого выделяют: ауксины, ретарданты (регулируют рост и развитие растений); дефолианты (удаление листьев); десиканты (высушивание растений); дефлоранты (удаление цветков и завязей); реппеленты (отпугивание животных); аттрактанты (привлечение животных); хемотрепеллизаторы (стерилизация животных) и др.

Таблица 14 – **Классификация пестицидов по их токсичности для теплокровных животных (ГОСТ 12.1.007-76)**

Показатель	Класс опасности			
	1 - чрезвычайно опасные	2 - высоко опасные	3 - умеренно опасные	4 - мало-опасные
ЛД ₅₀ (при введении в желудок), мг/кг	менее 50	50-150	150-5000	свыше 5000
ЛД ₅₀ (через кожные покровы), мг/кг	менее 100	100-500	500-2500	свыше 2500
ПДК _{раз} (концентрация в воздухе разовая), мг/м ³	менее 0,1	0,1-1	1-10	свыше 10

Современное сельское и лесное хозяйство трудно представить себе без пестицидов. Их применение резко снижает потери урожая, в 2-3 раза сокращает затраты на производство продукции. Масштабы применения пестицидов неуклонно растут, их годовое производство в мире превысило 2 млрд. т., а ассортимент насчитывает более 100 тыс. наименований. Несмотря на высокий экономический эффект использования пестицидов, необходимо учитывать их экологическое воздействие.

Негативные последствия применения пестицидов связаны с их особенностями поведения в окружающей среде. К таким особенностям относятся:

- эффект биологического усиления (хлор- и ртутьсодержащие соединения могут накапливаться в живых организмах, проникая из загрязненной почвы через корневую систему в растения – животные и т.д., вызывают нарушения циклов биологического круговорота веществ и снижение продуктивности. Накапливаясь в организмах, оказывают канцерогенное, мутагенное, гонадотоксичное, эмбриотропное, тератогенное и др. действия.);

- высокая продолжительность сохранения в объектах окружающей среды (почва, донные отложения, растения), так как большинство пестицидов представляют собой устойчивые трудноразлагающиеся соединения, из которых используется по назначению примерно 4-5% внесенного количества;

- комплексное действие на биоту почвы (изменение видового и численного составов). При распылении пестицидов наблюдается интоксикация птиц, особенно страдают популяция певчих и перелетных дроздов, жаворонков и других воробьиных. Значительны потери из-за уничтожения пестицидами насекомых опылителей, опыляющих до 80% цветковых растений;

- приобретение вредителями резистентности к длительно применяемым препаратам. В 1938 г. было известно всего 7 видов насекомых-вредителей, устойчивых к пестицидам, однако к 1984 г. резистентность была отмечена почти у 450 видов. Зарегистрировано более 150 фитопатогенных организмов, 50 видов сорняков и 10 видов мелких млекопитающих устойчивых к пестицидам.

Повышение устойчивости к пестицидам ведет к увеличению доз при обработке полей и введению все более токсичных ядохимикатов. Это привело уже к тому, что сельское хозяйство стало одним из наиболее опасных для здоровья видов деятельности. По числу мутагенов (а именно пестициды являются основными мутагенами в сельском хозяйстве) оно занимает второе место после отходов промышленности, опережая по этому показателю бытовую химию, медицину, транспорт, и «поставляет» людям 21% всех химических мутагенов. Мутагенное и канцерогенное действие пестицидов – не единственная опасность для здоровья людей, связанная с ними. Специальными исследованиями по-

казано, что пестициды вызывают многочисленные нарушения деятельности нервной системы, органов чувств, системы пищеварения, генеративных функций.

Примерно 70% применяемых пестицидов попадает в организм человека с мясом, молоком, рыбой и яйцами, т.е. с животноводческой продукцией, а 30% - с растительной пищей.

Причинами накопления остаточных количеств пестицидов в продукции могут быть:

- нарушение правил и регламентов применения препаратов;
- завышение рекомендуемых доз;
- нарушение правил обработки сельскохозяйственных культур;
- неправильный выбор препаративной формы и способа применения пестицида.

Согласно данным ВОЗ ежегодно у 1 млн. человек регистрируется отравление пестицидами, применяемыми при возделывании сельскохозяйственных культур, из них свыше 40 тыс. человек погибают.

Большую опасность представляют пестициды, хранящиеся в нетиповых складах. Пестициды, потерявшие годность в результате длительного хранения, должны возвращать на заводы для переработки. Захоронение и сжигание их недопустимо.

Список химических препаратов, разрешенных для применения в сельском и лесном хозяйствах, периодически пересматривается и утверждается приказом главного санитарного врача, который публикуется в журнале «Защита растений».

Анализ эффективности пестицидов и прогноз результатов перехода к биологическим методам защиты растений позволяют рассчитывать на постепенное избавление от опасного насыщения пестицидами экосистем.

Биологические методы борьбы с вредителями принципиально ориентируются не на полное их уничтожение, а только на удержание численности вредителей на уровне минимального вреда. Более того, большинству растений свойственна реакция активизации роста и ветвления в ответ на умеренное повреждение, что делает относительно полезной низкую численность вредителей.

К *биологическим средствам* защиты растений относят использование:

- энтомофагов, гербифагов, акарифагов;
- биологически активных веществ;
- микробиологических препаратов.

Энтомофаги – хищные насекомые, используемые для борьбы с вредителями – хищные клещи, размножаемые с той же целью.

Гербифаги – насекомые, клещи, рыбы и даже грибы используемые для борьбы с сорняками.

В качестве *биологически активных веществ* в сельскохозяйственной практике используются:

- *феромоны* – привлекают на запах биологически активных веществ представителей противоположного пола для сбора в ловушки. Известно примерно 700 видов насекомых, для которых выделены феромоны;

- *аттрактанты* – привлекают на кормовые запасы насекомых в специальные ловушки;

- *репелленты* – естественные или полученные химическим путем отпугивающие вещества. Используют для отпугивания кровососущих насекомых, для обмазки стволов деревьев для защиты от грызунов.

Для защиты растений от болезней и вредителей в качестве *микробиологических препаратов* используются:

- *вирусные препараты* – вирион-ГЯП, вирион-ЭКС и др.;

- *микробные средства* – гомелин, бактокулицид, бактослеин и др.;

- *грибные препараты* – боверин, битоксибацилин, энтобактерин и др.

Новое направление в биологическом методе борьбы представляет *генетический метод*, который разделяется на 2 направления.

В основе *первого* направления – насыщение популяции вредного организма генетически неполноценными и бесплодными особями того же вида, что способствует сокращению процессов размножения у вредителей.

Второе направление в биологическом методе – создание устойчивых к болезням и вредителям сортов методом геной инженерии. Такие виды называют трансгенными (генетически модифицированными).

Трансгенные растения – это растения, в собственно генетический материал которых, встроены чужеродные гены, делающие растения устойчивыми к вредителям и болезням.

2.3. Проблема рационального использования удобрений

Удобрениями называют вещества, содержащие питательные элементы в усвояемой растениями форме, внесение которых или в почву, или в форме подкормок приводит к повышению урожайности культурных растений.

По происхождению различают органические, неорганические и органо-минеральные смеси.

По количеству питательного элемента, который необходим растениям, удобрения разделяют на: макроудобрения – нужны в больших количествах (азотные, фосфорные, калийные); микроудобрения – необходимы в очень малых количествах (это соединения, содержащие Cu, Fe, Mn, J, Zn и т.д).

В экологическом отношении удобрения только тогда будут эффективными, когда их использование будет оптимальным – нельзя вносить ни малые ни очень большие дозы удобрений. Кроме того,

большое значение имеет срок и способ внесения. Избыточное внесение приводит к получению некачественной продукции, загрязняет окружающую среду, и, кроме того, увеличивается расход на единицу получаемой продукции.

Основными причинами загрязнения окружающей среды удобрениями считают несовершенство технологий транспортировки, хранения, применения удобрений, нарушение технологии их внесения в севообороте и под отдельные культуры, несовершенство самих удобрений, их химических, физических, механических свойств.

Так, например, при доставке до хозяйства минеральные удобрения 2-3 раза перегружаются, что дает от 0,5-3% потерь или загрязнения почвы и поверхности вод. Большое значение имеет использование тары. По данным И.П. Дерюгина (1991), при транспортировке насыпью потери составляют до 3-5%, в бумажной – до 1%, в полиэтиленовой – до 0,5%. Потери при хранении и смешивании (дробление, просеивание) составляют до 1%. Потери увеличиваются при попадании влаги в склады. В результате расплывания происходит загрязнение почв и водоемов. В водоемах в связи с повышением содержания биогенных элементов развивается процесс эвтрофикации.

Неблагоприятное влияние удобрений на окружающую среду может проявляться в уплотнении почвы, нарушении круговорота и баланса питательных веществ, ухудшении агрохимических свойств и плодородия почвы, развития болезней сельскохозяйственных культур, снижение качества сельскохозяйственной продукции и т.д.

Большинство минеральных удобрений характеризуется физиологической кислотностью, поэтому их применение в избыточных количествах приводит к подкислению почв, что в свою очередь увеличивает расходы на использование нейтрализаторов (CaCO_3 на одну тонну удобрений). В кислых почвах фосфаты фиксируются, что нарушает фосфорное питание растений, высвобождаются ионы Al^{3+} , которые токсичны для почвенных микроорганизмов и растений.

Избыток удобрений нарушает процессы трансформации органического вещества. Кроме того, увеличивается доля микроскопических грибов (среди которых много патогенов) в структуре микробного биоценоза. Это грозит опасностью образования микотоксинов в почве, продуктах питания.

Азотные удобрения. Было обнаружено, что избыточное внесение минеральных азотных и органических (навоз, компост и др.) удобрений приводит к загрязнению почв и к получению экологически некачественной продукции, загрязненной нитратами. Оказалось, что нитраты находясь в избытке, снижают содержание кислорода в почве, а это способствует повышенному выделению в атмосферу двух парниковых газов – закиси азота и метана.

Проникая в организм нитратный азот, оказывает вредное воздействие на человека и животных.

Наибольшую опасность представляют не сами нитраты, а образующиеся из них нитриты и нитрозамины, вызывающие острые желудочно-кишечные расстройства, сильную головную боль, шум в ушах, головокружение, тошноту, нарушение координации движения. В крови возрастает содержание молочной кислоты, холестерина, лейкоцитов, разрушается гемоглобин, крови.

Возможное суточное потребление человеком нитратов, содержащихся в продуктах питания, не должно превышать 3,8 мг/кг веса человека, а по данным ВОЗ – 5 мг/кг, причем в эту величину входят нитраты питьевой воды и воздуха. Для взрослого человека смертельная доза нитратов составляет 8-14 г, доза возникновения острых отравлений – 1-4 г.

Токсичность нитратов зависит не только от дозы, но и от способности организма с помощью метгемоглобинредуктазы восстанавливать метгемоглобин в гемоглобин. Чем меньше возраст детей, тем тяжелее протекает нитратная интоксикация, так как в их эритроцитах частично или полностью отсутствует метгемоглобинредуктаза. Кроме того, эмбриональный гемоглобин быстрее окисляется нитратами.

Увеличение доз азотных удобрений приводит не только к повышению содержания нитратов в продукции, но и к снижению в ней витамина С, сахаров и др. веществ, а следовательно и ее биологической ценности.

Источники поступления нитратов в организме человека и животных:

1) Овощи и зеленые культуры, причем содержание различается в зависимости от органа растений. Их больше в частях, по которым осуществляется транспорт питательных веществ в растениях. Так, в корне, стебле и черешках листьев нитратов значительно больше, чем в листовой пластинке. В генеративных органах – отсутствуют или содержатся в малых количествах, чем в вегетативных.

Накопление нитратов различными культурами носит наследственно закрепленный характер. Зерновые культуры практически не накапливают нитратов. Среди овощей наибольшей способностью к накоплению нитратов обладают капустные, тыквенные, сельдерейные (редька – 1500-1800, свекла – 200-4500, капуста – 600-3000, салат – 400-2900, шпинат – 600-400, редис – 400-2700 мг/кг). Томаты, сладкий перец, баклажаны, чеснок, горох отличаются низким содержанием нитратов 20-300 мг/кг.

2) Природные воды. Ввиду опасности нитратного загрязнения питьевой воды ВОЗ установила для нее следующие ПДК нитратов: умеренные широты 22 мг/л, тропики – 10 мг/л, в России – 10 мг/л, но весной допускается до 35 мг/л, в Польше, США, ФРГ – 20 мг/л.

Фосфорные удобрения. Специфической особенностью фосфорных удобрений является то, что применение их в больших дозах приводит к накоплению в почве многочисленных токсических элементов, особенно:

стронция, кадмия, фтора, естественных радиоактивных соединений урана, радия, тория.

Степень загрязнения, прежде всего, зависит от химического состава сырья, используемого для получения удобрений. Самыми «чистыми» для производства удобрений является апатиты Кольского полуострова. Так, Cd в Хибинских апатитах содержится 0,5 мг/кг, в фосфатах, добываемых в США – 13 мг/кг, в Сенегале до – 70 мг/кг. Довольно высокими содержанием загрязняющих веществ отличаются: суперфосфат (содержит As – 1,2-2,2, Se – 4,5, Co – 9, Ni – 7-32, Cu – 4-79, Pb – 7-92, W – 20-180, Cd – 50-170, Cr – 66-243, Zn – 50-1430 мг/кг, до 1,5% F) и фосфогипс (при внесении в почву до 5-20 т/га с ним попадает от 100 до 400 кг/га Sr).

Калийные удобрения. К наиболее распространенным калийным удобрениям относятся: хлорид калия, сульфат калия, природные калийные соли, главным образом сильвинит. Эти удобрения также могут отрицательно воздействовать на окружающую среду. Например, при переработке сильвинита образуется галитовые отвалы, глинисто-солевые шламы, пилегазовые выбросы.

Солеотвалы являются источником засоления почв и подземных вод. Под действием атмосферных осадков образуется рассолы, содержание солей в которых достигает 300 г/л, попадают в подземные воды из которых, испаряясь, поступают в поверхностные слои почвы.

Калийные удобрения содержат и так называемые балластные элементы (хлор, натрий), которые, накапливаясь в почве, снижают ее плодородие, а, попадая в грунтовые воды, повышают в них концентрацию солей.

Немалую опасность вызывают содержащиеся в калийных удобрениях металлы (Cd, Hg, Pb, Al, Cr), которые могут накапливаться в живых организмах, проникать в грунтовые воды и т.д.

Защита почв от избытка удобрений включает следующие мероприятия:

- разработка новых длительно действующих гранулированных форм удобрений;
- применение комплексных форм;
- соблюдение правил хранения и транспортировки.
- выдерживать нормы и оптимальные сроки их внесения;
- равномерно распределять удобрения по площади поля;
- своевременно заделывать удобрения в почву на заданную глубину;
- применять передовые агротехнические приемы в растениеводстве (локальное внесение удобрений – строчное и ленточное).

2.4. Животноводство и окружающая природная среда

Воздействие животноводства на природную среду характеризуется рядом специфических особенностей. Первая заключается в том, что животноводство состоит из разнородных, но тесно связанных между собой частей, таких как пастбища, выгоны, фермы, зоны утилизации отходов и т.д. Вторая особенность – меньшее территориальное распространение по сравнению с земледелием.

В сельском хозяйстве разводят преимущественно растительноядных животных, поэтому для них создают растительную кормовую базу (луга, пастбища и т.д.). Современный домашний скот, особенно высокопродуктивных пород, очень разборчив к качеству корма, поэтому на пастбищах происходит *выборочное поедание* отдельных растений, что изменяет видовой состав растительного сообщества и без коррекции может сделать данное пастбище непригодным для дальнейшего использования.

При особо длительном или чрезмерном (в расчете на животное) выпасе *почва уплотняется, поверхность пастбищ оголяется*, что усиливает испарение, образуются скотопрогонные тропы, что способствует развитию пастбищной эрозии. Максимальный вред наносят козы и овцы, меньшее влияние оказывает выпас крупного рогатого скота. А свиньи, например, приносят пользу, поедая часть опавших желудей дуба и разрыхляя при поисках их почву, способствуя возобновлению этих пород. Это делает необходимым рациональное использование сельскохозяйственных угодий, отводимых под пастбища. Нагрузка на 1 га пастбища при выпасе коров и свиней должна составлять 10 голов.

Использование земель под пастбища сопряжено также с *выносом питательных веществ* из почв в составе подножных кормов и сена. Чтобы компенсировать потери питательных веществ, в земли пастбищ вносят удобрения, двоякость воздействия которых рассмотрена выше.

Кроме влияния животноводства на природу как кормовую базу, большую роль в негативном воздействии на природную среду оказывают и продукты жизнедеятельности животных (помет, навоз и т.д.).

Парадокс – навоз, известный спутник плодородия, в неумелых руках на долгое время выводит из строя поля вблизи ферм. Отходы животноводства содержат различные формы P, K, N, S и другие соединения, обладающих высокой токсичностью. В почву так же поступают многие организмы, в основном, патогенные – бактерии, вирусы, нематоды, простейшие насекомые, которые не теряют жизнеспособность в почве долгое время.

В животноводческих помещениях в атмосферу поступает аммиак, сероводород, наблюдается повышение содержания углекислого газа. Общее загрязнение в районе расположения комплексов в 8-10 раз превышает естественный фон.

Особую опасность представляет свиной навоз, который содержит 1,5% аммиака. Кроме того, свежий не продезинфицированный ил и сточные воды от свиноводческих комплексов служат источником заражения почв, а, следовательно, возможно и человека сальмонеллой, бактериями тифа, яйцами гельминтов, аскарид свиного цепня и др.

Наиболее негативная сторона воздействия животноводства на ландшафт – загрязнение природных вод стоками животноводческих ферм. Многократное превышение концентрации органических веществ в пресноводных водоемах, а затем в прибрежной зоне морской акватории существенно уменьшает содержание кислорода в воде, приводит к изменению сообщества водных микроорганизмов, нарушению пищевых цепей. Может вызвать гибель рыбы и другие последствия.

Развитие животноводства на промышленной основе, создание кормовой базы, расширение пастбищ, большая концентрация поголовья скота на ограниченной площади, изменение традиционных форм его содержания обуславливает необходимость использования большого количества воды из рек, озер, и других водных объектов, что оказывает существенное влияние на состояние самих водоемов и окружающей среды в целом.

В России нет законов, ограничивающих строительство крупных животноводческих комплексов, загрязняющих окружающую среду. На западе для ферм с поголовьем выше 100 животных единиц требуется специальное разрешение (животная единица равна 1 взрослой корове или 10 свиньям или 100 курам).

Охрана окружающей среды в животноводстве

В животноводческих помещениях, благополучных по инфекционным заболеваниям, *охрана воздуха* от загрязнителей (пыль, газы, микроорганизмы) осуществляется: механической очисткой стен, пола, потолка и оборудования; поддержанием в рабочем состоянии приточно-вытяжной вентиляционной сети; содержанием территории в необходимом санитарном состоянии при наличии насаждений деревьев и кустарников.

Нарушение технологии отраслей животноводства приводит к появлению больших масс навоза. Большие массы навоза создают проблемы с их удалением из производственных помещений. Удаление навоза мокрым способом приводит к резкому усилению развития микроорганизмов в жидком навозе, создает угрозу эпидемии. Применение жидкого навоза в качестве удобрения малоэффективно и опасно с экологической точки зрения, поэтому данная проблема требует решения с позиций охраны окружающей среды.

Существуют различные технологии переработки и утилизации навоза:

- многоступенчатая очистка с разделением на жидкую (карантирование в полевых хранилищах и обеззараживание – в аэротенках) и твердую (помещается в штабеля) фракции;
- производство торфо-компостных или торфо-навозных удобрений с биотермическим обеззараживанием;
- утилизация на полях орошения;
- компостирование навоза (получение гумифицированного продукта биологического окисления, содержащего органические соединения, продукты распада, биомассу мертвых микроорганизмов и др.);
- переработка навоза на кормовые добавки (выделение сырого протеина, углеводного вещества и биогенных элементов);
- анаэробная переработка навоза в особых аппаратах, где в процессе анаэробного сбраживания образуется биогаз (смесь метана, углекислого газа и других газообразных веществ) и смесь органических соединений, которые могут использоваться как органическое удобрение. Теплотворная способность 1 м³ биогаза соответствует 0,6 л мазута. Для сравнения: 1 корова производит в сутки навоза достаточное для получения 1,7 м³ биогаза.

Проблемой промышленного животноводства является *борьба с грызунами* – переносчиками инфекционных заболеваний животных (туберкулез, бруцеллез, сальмонеллез, лептоспироз и др.). Для этой цели применяют: отравленные пищевые и водные приманки, опыливание и пенные обработки специальными препаратами.

Необходимое условие сохранения природной среды – *захоронение трупов* животных в биотермических ямах (яма Беккари, чешская яма и др.), сжигание трупов, инфицированных сибирской язвой и иными спорообразующими возбудителями.

Для защиты населения от влияния вредных факторов производства животноводческие фермы и комплексы от жилой застройки сельских населенных пунктов отделяют *санитарно-защитными зонами* (СЗЗ).

Санитарно-защитная зона – это лесная полоса, отделяющая источники загрязнения от жилых или общественных зданий. Ширину СЗЗ устанавливают в зависимости от степени вредности и количества выделенных загрязняющих веществ. Санитарно-защитные зоны (СЗЗ) устраивают по границам животноводческих предприятий. Ширина СЗЗ до границы жилой зоны приведена в таблице 15. Со стороны жилой зоны СЗЗ должны иметь лесные полосы шириной не менее 50 м.

Кроме того, лесные насаждения создают и на территории фермы и комплексов для отдаления живой защитой навозохранилищ, буртов навоза, очистных сооружений, площадок компостирования и т.п. от животноводческих и служебных помещений, пунктов осеменения, складов кормов. Насаждения размещают так, чтобы не затруднять циркуляцию воздуха на территории ферм и комплексов.

Таблица 15 – Ширина санитарно-защитных зон до границы жилой зоны

Предприятия и объекты	Ширина зоны, м
Животноводческие фермы КРС (производство молока и говядины; выращивание нетелей и молодняка): до 1000 голов 1000...5000 голов более 5000 голов	300 500 1000
Свиноводческие фермы: до 12 тыс. голов в год 12...54 тыс. голов в год более 54 тыс. голов в год	500 1200 2000
Овцеводческие и звероводческие фермы	300
Коневодческие и кролиководческие фермы	100
Птицеводческие фермы: до 100 тыс. кур-несушек и до 1 млн. бройлеров в год от 100 до 400 тыс. кур-несушек и 1...3 млн. бройлеров более 400 тыс. кур-несушек и более 3 млн. бройлеров в год	300 1000 1200
Сооружения для обработки жидкого свиного навоза (от 12 до 54 тыс. голов в год)	500...1500
То же для навоза крупного рогатого скота	300...1000
Хранилища жидкого навоза (открытые)	500...2000
Хранилища отработанной жидкой фракции навоза	500
Площадки для компостов, буртов твердой фракции навоза, карантинирования подстилочного навоза	300
Пруды-накопители осветленных стоков, буферные и биологические пруды	200

3. ЭКОЛОГИЧНЫЕ МЕТОДЫ ВЕДЕНИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

3.1. Адаптивное растениеводство

В настоящее время техногенная интенсификация растениеводства поддерживается все возрастающим применением средств механизации, сортов и гибридов, высоких доз минеральных удобрений и пестицидов, расширением площадей орошаемых и осушаемых земель. Все это приводит к увеличению затрат невозполнимой энергии и природных ресурсов на единицу продукции при загрязнении и разрушении окружающей среды.

При адаптивном (приспособительном) растениеводстве дифференцируют сорта и гибриды культур по конкретным регионам, районам, хозяйствам и даже полям севооборота. При этом соблюдается соответствие агроценоза экотопу (эдафическим, геоморфологическим и климатическим экологическим факторам).

Сорта и гибриды должны характеризоваться высокой продуктивностью и устойчивостью (к болезням и вредителям, засухам и суховеям,

морозам и заморозкам), при почвозащитных и почвоулучшающих способностях.

Адаптивное растениеводство предполагает дозированное применение средств техногенной интенсификации:

- орошение и осушение при соблюдении экологических ограничений;
- удобрения соответственно потребностям культивируемых растений и без потерь в технологических цепях;
- защита растений борьба с сорняками на основе агротехнических, биологических, генетических и микробиологических методов;
- пестициды регулируют популяции вредителей при сохранении их естественных врагов, т.е. соблюдая биологический контроль;
- системы машин без деградации природной среды и при высоком качестве агротехники.

Одновременно в агроэкосистемах рационально используют почвенно-земельные, водные, климатические ресурсы, управляют популяциями дикой флоры и фауны; повышают биоразнообразие и ярусность при увеличении числа культивируемых видов, повторных, промежуточных и уплотняющих культур; максимально утилизируют солнечную энергию при сокращении удельных затрат дополнительно вкладываемой энергии.

В целом адаптивное растениеводство обеспечивает высокую продуктивность агроэкосистем при сохранении окружающей среды и рациональном использовании природных ресурсов.

3.2. Альтернативные системы земледелия

Наряду с традиционными приемами ведения сельского хозяйства во многих странах развивается альтернативное (биологическое) земледелие, которому во многом способствовали отрицательные последствия интенсификация земледелия.

Альтернативное (биологическое) земледелие основано на:

- строгом соблюдении научных рекомендаций по освоению природно-ресурсного потенциала (ПРП) сельскохозяйственных угодий;
- умеренном использовании факторов интенсификации (агрохимикатов, регуляторов роста, кормовых добавок) с целью уменьшения негативных последствий;
- сохранении динамического равновесия, составляющих агроэкосистемы.

Агротехнические мероприятия основываются на:

- строгом соблюдении севооборотов;
- сохранении растительных остатков;
- применении навоза, компостов, сидератов;
- использовании биологических методов защиты растений;
- проведении механических культиваций.

Четко разграничить альтернативное (биологическое) земледелие и традиционное достаточно сложно. Тем не менее, *основные цели альтернативного земледелия* можно свести к следующим:

- сохранение и повышение плодородия почвы;
- защита окружающей природной среды;
- получение экологически безопасной продукции;
- производство гарантированного количества продукции;
- обеспечение устойчивости агроэкосистем.

Альтернативное земледелие развивается в следующих направлениях:

- органическое;
- биодинамическое;
- органно-биологическое.

Сущность *органической* системы – почти полный отказ от химических средств защиты растений и ограниченное применение минеральных удобрений. В земледелии делается упор на применение органических удобрений, компостов с добавлением фосфорных и калийных удобрений, мульчирования, обработка почвы без оборота пласта. Большое внимание уделяется севооборотам, где бобовые чередуются с культурами, характеризующимися высокой потребностью в азоте. Борьба с сорняками ведется с помощью культур севооборота, уплотненных посевов, покровных культур. От насекомых растения защищают энтомофаги (златоглазка, трихограмма), хищные клещи (фитосейлиус), биопрепараты (боверин, аттрактанты).

При *биодинамической* системе проблема земледелия рассматривается комплексно, то есть сельское хозяйство, человек, окружающая среда, космос, их взаимовлияние. Оптимальные сроки посева и посадки связываются с космобиотическими факторами (лунные календари), которые не отражают погодные условия и климатические особенности различных регионов. В качестве удобрений используются различные компосты и специальные минеральные добавки (кремний, костяная мука, известняки и др.). В защите растений применяются препараты на основе кремния, биологические препараты на растительной основе.

Главное в *органно-биологическом* земледелии – повышение плодородия почвы за счет управления питанием путем активизации почвенной микрофлоры. Для этого компосты вносятся поверхностно, а при обработке почвы стремятся сохранить ее структуру. Применяются бактериальные удобрения (нитрагин, азотобактерин, агрофил). Защита растений от вредителей осуществляется так же, как и в органическом земледелии. Свойства почвы улучшают возделыванием травосмесей в севооборотах при максимальном насыщении бобовыми культурами (например, чина, гречиха, вика, горчица, клевер пунцовый, донник, горох).

Один из важнейших аспектов альтернативных систем земледелия – *вермикультивирование*, то есть разведение червей в неволе для получения биомассы и биогумуса. Биогумус формирует структуру почвы и

снижает ее токсичность Кроме того, пищеварительные ферменты червей придают почве, прошедшей через их кишечник, способность удерживать больше воды и минеральных веществ.

Следует отметить, что при использовании данных систем альтернативного земледелия не исключена возможность применения удобрений, содержащих в составе минеральные элементы в труднорастворимой форме – известняк, фосфаты, костяная мука, бентониты и др.

К числу недостатков альтернативного земледелия относят:

- повышенная зависимость от природных факторов;
- необходимость возделывания на больших площадях кормовых культур для нужд животноводства и сокращение площадей под другими важными культурами;
- более низкий уровень урожайности сельскохозяйственных культур;
- повышение трудозатрат на производство продукции сельскохозяйственных культур за счет приготовления и внесения компостов.

Из-за недостатков многие ученые и практики считают, что широкомасштабное применение альтернативного земледелия в чистом виде в России вряд ли возможно.

Реальной является разработка *интегрированного земледелия*, которое включало бы лучшие черты альтернативных систем, и в то же время допускало бы в разумных размерах применение минеральных удобрений и пестицидов. Такое земледелие отвечало бы требованиям интенсивного ведения растениеводства и соответствовало бы экологическим задачам и максимальной реутилизации всех отходов сельскохозяйственного производства.

Вопросы

1. Что такое почва? Какое значение имеет плодородие почвы?
2. Что такое «деградация почв» и каковы ее причины?
3. Какой экологический ущерб наносит эрозия почв?
4. Объясните, почему эрозию называют недугом ландшафта, а опустынивание – его смертью.
5. Каковы основные загрязнители почв?
6. Что больше – экологического вреда или пользы от применения пестицидов?
7. Что больше – экологического вреда или пользы от применения удобрений?
8. Какое влияние оказывает животноводство на окружающую среду?
9. Что такое адаптивное растениеводство?
10. Альтернативное земледелие и в чем его экологическое значение?

ЛЕКЦИЯ 13.

ПУТИ СОХРАНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ И ГЕНОФОНДА БИОСФЕРЫ

Вопросы:

1. *Значение растительного и животного мира в биосфере.*
2. *Причины утраты биологического разнообразия.*
3. *Особо охраняемые природные территории (ООПТ).*
4. *Красная книга.*

Органический мир Земли образован совокупностью видов животных, растений, грибов, микроорганизмов. Каждый компонент органического мира взаимосвязан с другим, справедлив закон «все связано со всем». Изменение и тем более уничтожение одного из компонентов системы влечет за собой изменение, а в предельном случае гибель всей системы.

Для сохранения биологического разнообразия России в соответствии с ее обязательствами в рамках Конвенции о биологическом разнообразии (Рио-де-Жанейро, 1992 г.) разработаны Национальная Стратегия и План действий по сохранению биоразнообразия.

1. ЗНАЧЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО МИРА В БИОСФЕРЕ

Растения являются первоисточником существования, процветания и развития жизни на Земле и в первую очередь благодаря их свойству осуществлять фотосинтез. В процессе фотосинтеза зеленые растения из углекислого газа и воды создают органические вещества (более 177 млрд. т в год).

В прямой зависимости от растений находится формирование газового состава атмосферного воздуха. Весь кислород атмосферы проходит через зеленое вещество примерно за 2000 лет. За 300 лет растения усваивают столько углерода, сколько его содержится в атмосфере и водах.

Животный мир представляет собой важную часть биосферы нашей планеты. Без животного мира нормальное функционирование биосферной оболочки невозможно. *Главнейшая экологическая функция животных – участие в биотическом круговороте веществ и энергии.* Устойчивость экосистемы обеспечивается в первую очередь животными как наиболее мобильным элементом.

Основные экономические и социальные функции биоразнообразия представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Основные экономические и социальные функции биологического разнообразия

Функции	Пример
Регулирование газового состава атмосферы	Поддержание баланса углекислого газа и кислорода
Регулирование климата на Земле	Сток «избытка» углекислого газа в естественные экосистемы
Регулирование водных ресурсов	Накопление снега в лесах и на полях
Предотвращение эрозии почв	Сомкнутый растительный покров препятствует смыву и сдуванию верхнего слоя почвы
Восстановление плодородия почв	Под сообществами многолетних растений накапливается гумус и восстанавливается структура почва. Биологическая азотфиксация, снижение выноса фосфора в водоемы
Снижение уровня загрязнения среды	Способность водных и лесных экосистем к самоочищению, Вынос растениями радиоактивных изотопов из почвы.
Концентрирование минеральных веществ	Извлечение полезных ископаемых (золота, меди и др.) путем биологической концентрации
Повышение семенной продуктивности растений	Опыление цветковых растений насекомыми
Поддержание экологического равновесия	Регулирование отношений в звеньях пищевых цепей «растение-фитофаг», «жертва-хищник»
Производство продуктов питания	Растениеводство, животноводство, дикие пищевые растения, промысловые животные
Производство сырья	Древесина, технические растения, лекарственное сырье
Источник генетических ресурсов	Генетический материал для селекции растений и животных, устойчивых к неблагоприятным условиям среды (с использованием методов генной инженерии или без них). Введение в культуру технических, пищевых, лекарственных, декоративных растений, аквариумных рыб и т.д.
Условия для рекреации	Экотуризм, спортивная рыбная ловля фотоохота и другие формы досуга на природе
Духовные и культурные ценности	Ценность существования, научная, художественная и образовательная ценность

2. ПРИЧИНЫ УТРАТЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ

Планета Земля населена различными живыми организмами. Формировались они миллионы лет и медленно изменялись соответственно геологических эпох. В процессе эволюции биосферы за 4,6 млрд. лет Земля стала домом для 500 млн. видов. 99% из них вымерли или эволюционировали в новые виды. За это время произошло 5-6 массовых вымираний многочисленных видов, господствовавших в свое время на планете. Но это был процесс естественного вымирания.

С развитием человеческой деятельности условия обитания организмов на Земле стали меняться. Идет интенсивная трансформация всех компонентов биосферы – гидросферы, атмосферы, педосферы и биотических сообществ (растительного и животного мира).

Сейчас каждые 60 минут (в среднем) на планете исчезает 1 вид. Если исчезновение видов будет идти такими же темпами, то через 25 лет исчезнет, по подсчетам ученых, от 500 тыс. до 1 млн. видов. (Сейчас систематизировано 1,8 млн. видов, из них более половины насекомые, 350 тыс. растения).

Снижение биоразнообразия отмечается на всех уровнях – генетическом, видовом и экосистемном.

Генетическое – отображает генетическую информацию, содержащуюся в живом веществе Земли конкретной территории.

Видовое – отображает число видов и встречаемость их особей на конкретной территории.

Экосистемное (структурное) – отображает состав и структуру биогеоценозов (экосистем). Со структурным разнообразием связано разнообразие экосистем.

Главные причины утраты биологического разнообразия, сокращения численности и вымирания растений и животных следующие:

- нарушение среды обитания;
- чрезмерное добывание, промысел в запрещенных зонах;
- интродукция (акклиматизация) чуждых видов;
- прямое уничтожение с целью защиты продукции;
- случайное (непреднамеренное) уничтожение;
- загрязнение среды.

Нарушение среды обитания, вследствие вырубki и выжигания лесов, распашки степей, осушения болот, зарегулирование стока, создания водохранилищ и других антропогенных воздействий, коренным образом меняют условия обитания растений, размножения диких животных, пути их миграции, что весьма негативно отражается на их численности и выживании. Разрушение местообитаний признается главной причиной исчезновения видов или сокращения их численности. Оно поставило в угрожающее состояние более 390 видов позвоночных животных, что, без

учета факторов загрязнения, составляет 50% среди всех прочих причин их вымирания.

Под чрезмерным добыванием имеется в виду как прямое преследование и нарушение структуры популяций, так и любое другое изъятие животных и растений из природной среды для различных целей (пищевых, хозяйственных, медицинских и др.)

В России отмечается заметное снижение численности ряда охотничьих видов животных, что связано с возросшей их незаконной добычей вследствие. Чрезмерная добыча с целью получения высокой прибыли - главная причина сокращения видов и численности крупных млекопитающих (слонов, носорогов и др.) в Африке, Азии: из-за искателей слоновой кости ежегодно гибнет 60 тыс. слонов. В невообразимых масштабах уничтожаются и мелкие животные: объем международной торговли дикими птицами превышает 7 млн. экземпляров, большая часть которых погибают либо в дороге, либо вскоре после прибытия. До весьма низкого уровня упала численность многих видов промысловых рыб.

Третий по важности причиной сокращения численности и исчезновения видов является *интродукция (акклиматизация)* чуждых видов. Многочисленные случаи вымирания аборигенных (коренных) видов или их угнетения из-за влияния на них завезенных видов животных или растений. К вселению новых видов в сложившиеся экосистемы следует подходить с особой осторожностью. Лишь в обеденные антропогенные экосистемы с пустующими экологическими нишами возможно введение новых видов для сбалансирования экологической системы.

Другие причины снижения численности и исчезновения видов:

- *прямое уничтожение для защиты* сельскохозяйственной продукции и промысловых объектов (хищные птицы, суслики, ластоногие и др.);
- *случайное (непреднамеренное) уничтожение* (на автомобильных дорогах, в ходе военных действий, при кошени трав, на линиях электропередач, при зарегулировании водного стока и т.д.);
- *загрязнение среды* пестицидами, нефтью и нефтепродуктами, атмосферными загрязнителями, другими токсикантами.

Данные наблюдений свидетельствуют о том, что в природе, как правило, действуют одновременно несколько факторов, вызывающих гибель особей, видов и популяций в целом. При взаимодействии они могут приводить к серьезным негативным результатам даже при малой степени выраженности каждого из них.

3. ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ (ООПТ)

Каждый биологический вид неповторим, он содержит в себе информацию о развитии растительного и животного мира, которая имеет огромное научное и прикладное значение. Поскольку все возможности использования данного организма в отделенной перспективе зачастую непредсказуемы, генофонд нашей планеты (за исключением, может быть некоторых опасных для человека болезнетворных организмов) подлежит строгой охране. Необходимость охраны генофонда с позиций концепции устойчивого развития («коэволюции») диктуется не столько хозяйственными, сколько моральными и этическими соображениями. Человечество в одиночку не выживет.

Поэтому главной задачей охраны природы является охрана биологического разнообразия, а именно генофонда – совокупности генов, которые имеются у всех особей популяций. Однако только рационального природопользования недостаточно. Нужна специальная организация охраны живой природы. Сейчас такая охрана организована на двух уровнях:

- популяционно-видовом, когда сохраняются отдельные виды животных и растений (содержание и разведение организмов в питомниках, зоопарках, ботанических садах, генофондных фермах);
- экосистемном, рассматривающем экологические системы разного уровня.

Наиболее эффективной мерой охраны биологического разнообразия (биотических сообществ), а также всех природных экосистем является сохранение местообитаний, что достигается организацией системы особо охраняемых природных территорий (ООПТ).

Согласно федеральному закону «Об особо охраняемых природных территориях» от 14.03.1995 г. **ООПТ** – это участки суши водной поверхности и воздушного пространства над ними, которые в силу своего природоохранного, научного, культурного, этического, рекреационного и оздоровительного значения полностью или частично изъяты из хозяйственного использования и для которых установлен режим особой охраны. За нарушение режима особо охраняемых природных территорий законодательством России установлена административная и уголовная ответственность.

ООПТ относятся к объектам общенационального достояния. Государственное управление в области организации и функционирования ООПТ федерального значения осуществляет Министерство природных ресурсов РФ.

Считается, что от общей площади физико-географического региона средняя оптимальная доля охраняемых природных территорий должна составлять 5-6%, что обеспечит:

- стабильное состояние биологических ресурсов;
- поддержание биологического разнообразия;
- укрепление системы саморегулирования биосферы;
- сохранение природных ландшафтов, редких видов растений и животных;
- постижение природных механизмов само поддержания экосистем.

Кроме того, существуют духовные, эстетические и этические ценности охраняемых природных территорий, познание которых необходимо для культурного развития общества.

В соответствии с Федеральным законом «Об охраняемых территориях» от 15.02.1995г., ООПТ России подразделяются на 7 категорий:

- государственные природные заповедники, включая биосферные;
- национальные парки;
- природные парки;
- государственные природные заказники;
- памятники природы;
- дендрологические парки и ботанические сады;
- лечебно-оздоровительные местности и курорты.

Статус ООПТ может иметь международный, федеральный, региональный или местный (табл. 17).

Таблица 17 - Уровни значения и категории ООПТ России

Категории	Уровни значения		
	федеральный	региональный	местный
Заповедник	+		
Национальный парк	+		
Природный парк		+	
Заказник	+	+	
Памятник природы	+	+	
Ботанические сады и дендрологические парки	+	+	+
Лечебно-оздоровительные местности и курорты	+	+	+

На территории УР под особой охраной находятся более 350 объектов, в т.ч. 4 федерального значения (санатории Варзи-Ятчи и Metallург, национальный парк «Нечкинский», памятник природы «Дом музей П.И. Чайковского»).

Государственные природные заповедники – это участки территории, которые полностью изымаются из хозяйственного использования с целью сохранения в естественном состоянии природного комплекса.

Они являются некоммерческими организациями и финансируются за счет средств федерального бюджета. Режим охраны строгий.

Заповедники решают следующие задачи:

- сохранение биологического разнообразия и поддержание в естественном состоянии охраняемых природных объектов;
- организация и проведение научных исследований;
- экологический мониторинг;
- экологическое просвещение;
- участие в государственной экологической экспертизе проектов;
- подготовка научных кадров в области охраны природной среды.

Заповедники стали базой сохранения, воспроизводства и ликвидации угрозы исчезновения многих редких видов растений и животных. Только благодаря заповедникам восстановлена численность: зубра (1927 г. 48 особей – сейчас более 2000); степного бизона (1893 г. 20 особей – сейчас более 10000); дальневосточного моржа (50-е гг. 30 тыс. особей – сейчас около 200 тыс.); европейского бобра (20-е гг. около 200 особей – сейчас около 200 тыс.). Только благодаря заповедникам удастся сохранять виды, которые не могут приспособиться к антропогенно измененным ландшафтам: гориллы, львы, носороги, зубры, бизоны, бегемоты и др. Только в заповедниках сохранились: женьшень; лотос, рододендрон, фисташка и др.

На территории России насчитывается более 102 заповедников с общей площадью 33,77 млн. га (1,6% площади государства). Самые крупные из них - Таймырский и Усть-Ленский (площадь каждого более 1,5 млн. га). Уникальны по разнообразию растительного и животного мира нетронутые человеком уголки природы в Тебердинском, Алтайском, Кроноцком заповедниках. В целях нейтрализации техногенного влияния прилегающих территорий, особенно в зонах с развитой промышленностью, вокруг заповедников создают охранные зоны, где хозяйственная деятельность ограничена.

Биосферные заповедники входят в состав государственных природных заповедников. Они осуществляют глобальный экологический мониторинг в соответствии с программой ЮНЕСКО «Человек и биосфера» Для их создания выбираются типичные ландшафты, которые не должны испытывать воздействий от окружающих ее территорий, освоенных человеком. Функции биосферных заповедников шире, чем функции ООПТ любого иного типа. Они служат своеобразными стандартами, эталонами окружающей среды.

В мире ныне создана единая глобальная сеть из более чем 350 биосферных заповедников (в России – 34: Кавказский, Приокско-Тerrasный, Астраханский, Саяно-Сушенский, Сихоте-Алинский, Тебердинский, Байкальский и др.), которые работают по согласованной про-

грамме ЮНЕСКО и ведут постоянные наблюдения за изменением природной среды под влиянием антропогенной деятельности.

Заповедники Костомукшский, Даурский, Ханкайский, Пасвик, Куршская коса входят в состав международных трансграничных ООПТ.

Национальные парки – это относительно большие природные территории и акватории (от нескольких тысяч до нескольких млн. га), где обеспечивается выполнение 3 основных целей:

- экологической (поддержанием экологического баланса и сохранение природных экосистем);
- рекреационный (регулируемый туризм и отдых людей);
- научной (разработка и внедрение методов сохранения природного комплекса в условиях массового допуска посетителей).

Территория национальных парков делится на зоны с различным режимом эксплуатации – заповедную, рекреационную, хозяйственную. Режим охраны - дифференцированный.

В России насчитывается 42 национальных парков, общей площадью около 9,3 млн. га (0,54% всей ее территории).

В Удмуртии в пределах Воткинского, Завьяловского, Сарапульского районов на реке Кама в 1997 г. создан национальный парк «Нечкинский» федерального значения. Площадь национального парка 20,75 тыс. га.

Природные парки – территории, обладающие особой экологической, и эстетической ценностью с относительно мягким режимом охраны.

Используются преимущественно для организованного отдыха населения. Находятся в ведении субъектов Федерации. На территории природных парков выделяются зоны с различными режимами охраны: природоохранная, рекреационная, агрохозяйственная, охраны исторических и культурных комплексов и объектов.

В России настоящее время насчитывается 30 ООПТ, попадающих под статус природных парков. В Удмуртии – 2 республиканского значения. Природный парк «Шаркан» в междуречье реки Ита и реки Шаркан на Тыловайской возвышенности. Площадь парка 16,5 тыс. га.

Природный парк «Усть-Бельск» находится в Каракулинском районе на правом берегу реки Камы. Площадь парка 1770 га.

Заказники – территории, созданные на определенный срок (в ряде случаев постоянно) для сохранения или восстановления одного или нескольких видов животных, растений, при ограниченном использовании других или природных комплексов и поддержания экологического равновесия. Земельные участки природных заказников могут находиться в пользовании, владении у юридических и физических лиц.

По целям заказники могут быть разнообразны: охотничьи, ландшафтные, лесные, ихтиологические, орнитологические, комплексные и др.

Хозяйственная деятельность в заказниках допускается только в той мере, в какой она не нарушает и не наносит вред охраняемым объектам. После восстановления плотности популяции видов животных и растений, природного ландшафта и т.д. заказники закрываются.

В настоящее время в России насчитывается более 1600 государственных природных заказников общей площадью свыше 60 млн. га. В лесном фонде выделено 800 заказников на площади 6 млн. га. В Удмуртии создано 33 заказника республиканского значения: 12 охотничьих, 2 ботанических, 19 комплексных.

Во многих зарубежных странах, там, где вид сохранился в единственном месте на планете создаются охраняемые территории по назначению близкие к заказникам, а по задачам к заповедникам – *резерваты*. Они обычно небольшой площади, где охраняется весь природный комплекс. Предназначены исключительно для научных исследований. Режим охраны строгий, иногда военизированная охрана.

Резерваты созданы в Австралии для охраны редких сумчатых млекопитающих (ехидна, утконос), в Африке – для охраны горной гориллы, черного носорога. Есть резерваты в Индии, Бирме, Индонезии.

Памятники природы – отдельные природные объекты, отличающиеся уникальностью и невозпроизводимостью, имеющие научное, эстетическое, культурное или воспитательное значение. Это могут быть очень старые деревья, бывшие «свидетелями» каких-то исторических событий, пещеры, скалы, водопады, старые усадьбы и др. Иногда для сохранения ценнейших памятников природы вокруг них создаются специальные заповедники. Например, для сохранения красивейшего каскадного водопада Кивач на реке Суна (Карелия) создан заповедник «Кивач», площадью 102 км².

На территории где расположены памятники природы, запрещена любая деятельность, которая способна их разрушить. Охрана возлагается на землепользователей, а контроль за соблюдением режима охраны – на органы охраны природы республики, края или области.

В России памятников природы около 8000, в том числе в лесном фонде – 2000. На территории Удмуртии более 299 объектов попадающих под статус памятников природы. Группы памятников природы Удмуртии:

- гидрологические: родники – истоки рек Камы, Вятки, Удмуртский ключ и др. озеро Дикое, озеро Заборное; искусственно созданные пруды – Ижевский, Воткинский; торфоболота – с разнотипной торфяной залежью, с месторождениями лечебного торфа и др.;

- геологические: гора Байгурезь в Дебесском районе, г. Сарапул «Камский берег», где видны обнажения Казанского и Татарского яруса Пермской системы и др.;

- редкие деревья (15 объектов): Екатерининские дубы вдоль старого Сибирского тракта в деревнях Пугачево и Байтеряково Алнашского района; Екатерининские березы вдоль старого Сибирского тракта в Селтинском и Сюзьминском районах; Липа «Седая старушка» в Увинском районе и др.;

- старые усадьбы: дом-музей П.И. Чайковского в г. Воткинске, дача Башенина в г. Сарапуле;

- ценные лесные массивы: Сосновый бор в Глазовском районе, Андреевский сосновый бор в Красногорском районе, насаждения лиственницы, ели, сосны в Воткинском районе «Степановская дача», Заякинская кедровая роща в Игринском районе и др.

Памятники природы всемирного значения входят в список Всемирного наследия ЮНЕСКО наиболее ценных объектов Земного шара. В список Всемирного наследия от России включены: «Девственные леса Коми», «Остров Врангеля», «Озеро Байкал», «Вулканы Камчатки», «Золотые горы Алтая», «Западный Кавказ», «Плато Путорана» «Куршская коса» (российско-литовский объект).

Дендрологические парки и ботанические сады – созданные человеком коллекции растений дикой флоры высаженные на значительных территориях в целях как сохранения биоразнообразия и обогащения растительного мира, так и в интересах науки, учебы и культурно-просветительской работы. В них часто проводят работы, связанные с интродукцией и акклиматизацией новых растений. Территории дендрологических парков и ботанических садов могут быть разделены на зоны, имеющие различные режимы использования.

В России функционируют 80 ботанических садов. Ведущими из них являются: ботанический сад МГУ (в г. Москве площадью 40 га), 2 ботанических сада РАН (в г. Москве площадью 230 га и в г. Санкт-Петербурге площадью 23 га).

В Удмуртии функционируют ботанический сад УдГУ (на СХВ), ботанический сад академии наук (Завьяловский район дер. Казмаска.).

Насаждения дендрария обычно формируют в стиле ландшафтного парка. Могут быть самостоятельными или, чаще, входят в состав ботанического сада.

Лечебно-оздоровительные местности и курорты – это местности, обладающие природными лечебными ресурсами (лечебные грязи, минеральные источники, воздух с избытком фитонцидов и др.) и уникальными лечебно-оздоровительными факторами.

На базе минеральных источников и лечебных грязей Удмуртии действуют 2 санатория федерального значения «Варзи-Ятчи» и «Металлург».

В Удмуртии выявлено 5 лечебных минеральных источников (Увинский, Кизнерский, Варзи-Ятчинский, Ижевский, Ново-Ижевский) и 4 месторождения лечебных минеральных грязей (Варзи-Ятчи, Юськи, Бизек, Безымяное).

4. КРАСНАЯ КНИГА

В 1948 году для избегания дальнейшего обеднения флоры и фауны Земли был создан Международный Союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП). Созданная этим союзом комиссия собирала на протяжении многих лет информацию о редких и исчезающих видах растений и животных, а в 1966 г. составила и издала Красную книгу.

Красная книга – это официальный документ, который содержит список редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений и животных с указанием численности, причин сокращения, особенностей воспроизводства уже принятые и необходимые меры по охране живых организмов. Ежегодно в Красные книги вносятся изменения и новые виды нуждающиеся, в особой заботе. Существуют международный, национальные и региональные (областная) варианты Красной книги, которые ведутся отдельно для растений и для животных. В б. СССР Красная книга была утверждена в 1974 году. Издание Красной книги должно осуществляться не реже, чем один раз в 10 лет. В России в 2001 г. вышло 2-е издание, в 2002 г. издана Красная книга Удмуртии. В настоящее время готовится 2-е издание Красной книги Удмуртии.

Международная Красная книга составлена международным союзом охраны природы и природных ресурсов (МСОП). В нее включено: 5205 видов животных, находящихся в угрожаемом состоянии: 1096 видов млекопитающих (лошадь Пржевальского, карликовый бегемот, носороги, орангутанг, сумчатый волк, дикий азиатский буйвол, горалл и др.); 1107- птиц (белоспинный альбатрос, гигантский ибис, средиземноморская чайка, тетерев (степной, вересковый), журавль (японский, канадский), фазан (китайский, императорский) и др.); 253- рептилий, 124- амфибий (земноводные и пресмыкающиеся: черная жаба, леопардовая лягушка, сосновая квакша, зеленая черепаха, слоновая черепаха, гигантский варан, кубинский крокодил и др.); 734- рыб, 1891- беспозвоночных (бабочек, жуков, шмелей и др.).

Для дифференцированного подхода к определению очередности применения охранных мер в Красной книге РФ приняты 6 категорий редкости таксонов и популяций по степени угрозы их исчезновения: 0 – вероятно исчезнувшие, 1 – находящиеся под угрозой исчезновения, 2 – сокращающиеся в численности, 3 – редкие, 4 – неопределенные по статусу, 5 – восстанавливаемые и восстанавливающиеся.

К *вероятно исчезнувшим* отнесены популяции, известные ранее с территории (акватории) РФ, нахождение представителей которых в природе не подтверждено (для беспозвоночных – в последние 100 лет, для позвоночных – в последние 50 лет). Категория *находящееся под угрозой исчезновения* объединяет популяции, у которых численность сократи-

ласть до критического уровня таким образом, что в ближайшее время они могут исчезнуть. К *сокращающимся в численности* отнесены популяции со стабильно сокращающейся численностью, которые могут в короткие сроки попасть в категорию находящихся под угрозой исчезновения. *Редкими* являются популяции, которые имеют малую численность или распространены на ограниченной территории (акватории). К *неопределенным по статусу* отнесены те популяции, которые требуют специальных мер охраны, но по которым нет достаточных сведений в настоящее время, либо они не в полной мере соответствуют критериям всех остальных категорий. *Восстанавливаемые и восстанавливающиеся* – это те популяции, численность и распространение которых под воздействием естественных причин или в результате принятых мер охраны начали восстанавливаться и приближаются к состоянию, когда не будут нуждаться в срочных мерах по сохранению и восстановлению.

Состоит Красная книга РФ из 2-х частей. В первую часть Красной книги России внесены:

- 94 вида млекопитающих: выхухоль, амурский тигр, лесной кот, снежный барс, белый медведь, туркестанская рысь, пятнистый олень и др.;
- 80 видов птиц: розовый пеликан, степной орел, сапсан, дрофа, розовая чайка, японский журавль, стерх, лебедь малый и др.;
- 9 видов рыб: лосось, севанская форель, атлантический осетер и др.;
- 37 видов пресмыкающихся: серый варан, большеглазый полоз и т.д..

Во вторую часть включены:

- 803 вида высших сосудистых растений: железное дерево, береза Максимовича, береза Шмидта, тисс ягодный, хурма кавказская, женьшень, прострел раскрытый, венерин башмачок, кубышка, кувшинка, эдельвейс, водяной орех, альдрованда, железное дерево, шелковая акация, дуб каштанолистный, самшит гигантский, платан пальчатколистный, туранга, фисташка, падуб гирканский, земляничное дерево и др.;
- 29 видов лишайников;
- 32 формы мохообразных.

Некоторые из вышеперечисленных видов растений и животных включены в Международную красную книгу (статус 1 категория): амурский тигр, журавль (японский, канадский), тетерев (степной, вересковый), лошадь Пржевальского, амурский горалл.

В наши дни Красная книга РФ и Красные книги субъектов РФ ведутся в соответствии с Федеральным законом РФ от 24,04,95 №52-ФЗ «О животном мире» и Постановлением Правительства РФ от 19,02,96 №158 «О Красной книге РФ».

Согласно Федеральному закону №7-ФЗ от 10.01.2002 г. «Об охране окружающей среды» включение животного или растения в Красную книгу означает повсеместное изъятие данного вида из хозяйственного оборота и торговли. Закон обязывает природопользователя принять меры по охране и воспроизводству этих видов растений и животных.

В случае, когда исчерпаны все резервы сохранения видов создают специальные хранилища – генетические банки.

Генетический банк – это хранилище семян, замороженных тканей, половых клеток растений и животных, пригодных для последующего воспроизводства живых организмов (видов, сортов, пород).

Всего в мире насчитывается 40 семенных банков. Создаются также банки для сохранения генофонда животных. Такие банки замороженных клеток исчезающих видов животных созданы в Техасском медицинском центре (США), в зоопарке Сан-Диего (США), в научном центре биологических исследований в городе Пущине (Россия). Национальное хранилище мировых растительных ресурсов нашей страны размещено на Кубанской станции ВНИИ растениеводства.

Вопросы

1. Какую роль играют растения в круговороте веществ в природе и в жизни людей?
2. Какую роль играют животные в круговороте веществ в природе и в жизни людей?
3. Назовите редкие виды растений и животных, занесенных в Красную Книгу.
4. Как охраняют редкие и исчезающие виды растений и животных в нашей стране?
5. Красная книга и что означает включение в нее разных видов.
6. Что такое особо охраняемые природные территории (ООПТ)? Назовите категории ООПТ России.
7. Какие задачи выполняют особо охраняемые природные территории?
8. Что такое генетический банк? В каких случаях создаются генетические банки?
9. Какой закон регулирует отношения в области организации, охраны и использования ООПТ?
10. Назовите категории ООПТ на территории УР. Цель их создания.

ЛЕКЦИЯ 14.

КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Вопросы:

1. *Экологическое право и его основные источники*
2. *Государственные органы охраны окружающей среды*
3. *Система экологического контроля*
4. *Экологическая стандартизация и паспортизация*
5. *Юридическая ответственность за экологические правонарушения.*

1. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРАВО И ЕГО ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ

Экологическое право – совокупность эколого-правовых норм (правил поведения), регулирующих общественные (экологические) отношения в сфере взаимодействия общества и природы с целью охраны окружающей природной среды, предупреждения вредных экологических последствий, оздоровления и улучшения качества окружающей человека природной среды. Соблюдение правил (норм), в том числе экологических, обеспечивается государством в принудительном порядке.

Источниками экологического права являются следующие нормативно-правовые акты: 1) Конституция; 2) законы и кодексы в области охраны природы; 3) указы и распоряжения президента по вопросам экологии и природопользования; 4) правительственные природоохранные акты; 5) нормативные акты природоохранительных министерств и ведомств; 6) нормативные решения органов местного самоуправления.

1. *Конституция РФ* – провозглашает права граждан на землю и другие природные ресурсы, на благоприятную окружающую среду (экологическую безопасность), на возмещение ущерба, причиненного их здоровью, на участие в экологических организациях и общественных движениях, на получение информации о состоянии окружающей природной среды и мерах по ее охране. Одновременно Конституция РФ устанавливает обязанности граждан соблюдать требования природоохранного законодательства, принимать участие в охране окружающей природной среды, повышать уровень знаний о природе и экологическую культуру. Конституция РФ также определяет организационные и контрольные функции высших и местных органов власти по рациональному использованию и охране природных ресурсов.

2. *Законы и кодексы в области охраны окружающей среды* составляют природоресурсную правовую основу. В их число входят законы о земле, недрах, охране атмосферного воздуха, охране и использованию животного мира и др.

Систему экологического законодательства возглавляет *Федеральный закон №7-ФЗ от 10.01.2002 г. «Об охране окружающей среды»*).

Настоящий закон охватывает все аспекты природопользования и охраны окружающей среды. Нормы других законов в области охраны окружающей среды не должны противоречить Конституции РФ и Федеральному закону РФ «Об охране окружающей среды».

Закон включает 16 глав: общие положения (гл. 1); основы управления в области охраны окружающей среды (гл. 2); права и обязанности граждан, общественных и иных некоммерческих организаций (гл. 3); экологическое регулирование (гл. 4); нормирование (гл. 5); оценка воздействия на окружающую среду и экологическая экспертиза (гл. 6); требования в области охраны окружающей среды при осуществлении хозяйственной и иной деятельности (гл. 7); зоны экологического бедствия, зоны чрезвычайных ситуаций (гл. 8); природные объекты, находящиеся под особой охраной (гл. 9); государственный мониторинг окружающей среды (гл. 10); контроль в области охраны окружающей среды (экологический контроль) (гл. 11); научные исследования (гл. 12); основы формирования экологической культуры (гл. 13); ответственность за нарушение законодательства (гл. 14); международное сотрудничество (гл. 15); заключительные положения (гл. 16).

Важнейшие экологические требования отражены также в *Федеральном законе «Об экологической экспертизе» (1995)*, *Федеральном законе «Об особо охраняемых природных территориях» (1995)*, *Закоме РФ «Об охране атмосферного воздуха» (1999)*, *Закоме РФ «О радиационной безопасности населения» (1995)*, *Закоме РФ «Об отходах производства и потребления» (1998)*, *Основах законодательства РФ об охране здоровья (1993)*, *Земельном кодексе РФ (2001)*, *Водном кодексе РФ (1995)*, *Лесном кодексе (2006)*, *Закоме РФ «О животном мире» (1995)* и др.

Задачей на перспективу является написание Экологического кодекса РФ, который будет представлять собой кодификацию всего законодательстве в области охраны окружающей среды и природопользования и не только регулировать природоохранные проблемы, но и корректировать все законы, касающиеся природопользования.

3. *Указы и распоряжения Президента РФ*, а так же *постановления Правительства РФ* затрагивают широкий круг экологических вопросов. Примером могут служить Указы Президента РФ от 16.12.1993 г. № 2144 «О федеральных природных ресурсах» или от 1.04.1996 №440 «О концепции перехода РФ к устойчивому развитию».

4. *Нормативные акты природоохранных министерств и ведомств* издаются по самым разнообразным вопросам рационального использования и охраны окружающей среды в виде постановлений,

инструкций, приказов и т.д. Они считаются обязательными для министерств и ведомств, физических и юридических лиц.

5. *Нормативные решения местной администрации* (мэрий, сельских и поселковых органов) дополняют и конкретизируют действующие нормативно-правовые акты в области охраны окружающей среды.

2. ГОСУДАРСТВЕННЫЕ ОРГАНЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Государственные органы управления, контроля и надзора в области охраны окружающей природной среды подразделяются на две категории: общей и специальной компетенции.

К государственным органам *общей компетенции* относятся президент, Государственная Дума, Федеральное собрание, правительство, представительные и исполнительные органы власти субъектов федерации, муниципальные органы. Эти органы определяют основные направления природоохранной политики, утверждают экологические программы, обеспечивают экологическую безопасность, устанавливают правовые основы и нормы в пределах своей компетенции и т.п.

Государственные органы *специальной компетенции* подразделяются на комплексные, отраслевые и функциональные.

Комплексные органы выполняют все природоохранные задачи или какой-либо их блок. На базе Министерства природных ресурсов РФ 12 мая 2008 г. было образовано Министерство природных ресурсов и экологии РФ (Минприроды России) (Указ Президента РФ от 12 мая 2008 г. № 724 «Вопросы системы и структуры федеральных органов исполнительной власти»).

К комплексным органам управления относятся также:

- Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор);

- Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) – осуществляет экологический контроль за состоянием окружающей среды, информирует население об изменениях в окружающей среде с помощью широкой сети наблюдательных пунктов и др.

- Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) – обеспечивает безопасность людей в условиях экстремальной ситуации, стихийных бедствий, производственных аварий и катастроф.

Отраслевые органы (Роскомзем, Рослесхоз, Госкомрыболовство, Минсельхоз России) выполняют функции управления и надзора по охране и использованию отдельных видов природных ресурсов и объектов.

Функциональные органы выполняют одну или несколько родственных функций в отношении природных объектов: Росатом России (обеспечение ядерной и радиационной безопасности); Минздравсоцразвития России (санитарно-эпидемиологический контроль) МВД России (охрана атмосферного воздуха от загрязнения транспортными средствами, санитарно-экологическая служба муниципальной полиции).

Процесс реорганизации государственных органов управления, контроля и надзора в области окружающей среды продолжает совершенствоваться.

В середине 1980-х гг. в связи с возросшей социально-политической активностью населения во многих регионах страны начали формироваться массовые общественные экологические организации. Среди них – Социально-экологический союз, ассоциация «Экология и мир», Центр экологической политики России, Общественный комитет спасения Волги, Благотворительный фонд защиты озера Байкал и др.

3. СИСТЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

В нашей стране действует общегосударственная система контроля за состоянием окружающей среды. Результаты отражаются в так называемой Белой книге – это «Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды РФ (УР)» за каждый год.

Экологический контроль – это проверка соблюдения предприятиями и гражданами экологических требований по охране окружающей природной среды и обеспечению экологической безопасности. Контроль осуществляют законодательные и исполнительные органы, а также специально уполномоченные органы.

Цель экологического контроля – охрана окружающей природной среды путем предупреждения и устранения экологических правонарушений для обеспечения устойчивого развития.

Объектами экологического контроля являются

- состояние окружающей природной среды;
- выполнение обязательных мер по охране;
- соблюдение экологического законодательства юридическими и физическими лицами.

В систему экологического контроля входят *государственный, производственный, муниципальный и общественный* виды контроля.

Под *государственным экологическим контролем* понимают один из видов государственной административной деятельности, призванной обеспечить соблюдение экологического законодательства и выполнение природоохранных мероприятий.

Объектами государственного экологического контроля являются земля, недра, леса, животный мир, атмосферный воздух, природно-

заповедный фонд, континентальный шельф, а также окружающая среда в целом.

Должностные лица органов *государственного экологического контроля* (государственные инспекторы) согласно закону РФ «Об охране окружающей среды» (2002 г., ст. 66), в частности, имеют право:

- принимать решения об ограничении, приостановлении и запрещении хозяйственной деятельности юридических и физических лиц при нарушении ими экологического законодательства;
- привлекать к административной ответственности лиц, допустивших нарушение экологического законодательства.

Производственный экологический контроль осуществляется экологической службой предприятия, которая проверяет выполнение планов и мероприятий по выполнению требований природоохранного законодательства на самом предприятии.

Специфической формой производственного экологического контроля являются экологический менеджмент и экологический аудит.

Экологический менеджмент – это система управления природными процессами, которая включает в себя регулирование законов взаимодействия природы и человека для избегания экологического кризиса.

Задачи экологического менеджмента заключаются в:

- формировании стратегии человека, которая рассчитана на то, чтобы предотвратить глобальный экологический кризис;
- диагностике состояния окружающей среды;
- достижении экологической безопасности общества путем повышения уровня культуры.

Основными *инструментами* экологического менеджмента являются:

- экологическая экспертиза и оценка воздействия на окружающую природную среду;
- экологический аудит;
- экологический контроль;
- экологическая сертификация;
- экологическая отчетность;
- экологический мониторинг;
- экологическая маркировка и реклама.

Система экологического менеджмента входит в число основных предметов международных стандартов ISO 14000, определяющих экологическую политику в системе управления качеством охраны среды.

В связи с ужесточением экологического законодательства в странах рыночной экономики в начале 70-х гг. 20 в. получил развитие *экологический аудит*.

Экологический аудит – это независимая, комплексная проверка (ревизия) соответствия деятельности предприятия природоохранным нормам и правилам и оценка эффективности существующей системы

управления охраной окружающей природной среды с подготовкой рекомендаций.

Экоаудит носит комплексный характер, он сочетает в себе административные и экономические признаки, коммерческую (рыночную) направленность и полные информационные материалы об аудируемом объекте.

Экоаудит проводится по инициативе самих предприятий (на коммерческой основе). В состав экоаудита входят:

- анализ бухучета предприятия по экологическим показателям;
- прогноз экологических рисков и ущербов;
- инструментальные измерения различных экологических параметров аудируемого объекта и окружающей среды;
- разработка рекомендаций и др.

Руководящие указания по экоаудиту, процедуры аудита и квалификационные критерии для аудиторов в области экологии регламентированы ГОСТ Р ИСО 14011-98 и ГОСТ Р ИСО 14012-98.

В последнее время в границах муниципальных образований органами местного самоуправления осуществляется *муниципальный экологический контроль*. Соответствующими законодательными актами закреплены полномочия, права и обязанности муниципальных инспекторов в области охраны окружающей среды.

Общественный экологический контроль следит за выполнением требований «Закона об охране окружающей среды» со стороны профсоюзов, общественных экологических объединений, трудовых коллективов и отдельных граждан. Общественный экологический контроль неразрывно связан с общественным экологическим движением.

Различают следующие формы экологического контроля:

- *предупредительный* (предотвращение наступления вредных последствий);
- *информационный* (сбор и обобщение экологической информации);
- *карательный* (применение мер государственного принуждения к эконарушителям).

Формой предупредительного контроля является *экспертиза*.

Под государственной экологической экспертизой (ГЭЭ) понимают предварительную проверку представленных материалов специальной комиссией, назначаемой Ростехнадзором, оценки уровня возможных негативных воздействий намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую природную среду, природные ресурсы и здоровье людей

Ее задача – оценить соответствие намечаемой хозяйственной и иной деятельности экологическим требованиям, нормам и регламентам.

Государственная экологическая экспертиза проводится на федеральном уровне и на уровне субъектов РФ. На федеральном уровне ГЭЭ проводит Министерство природных ресурсов РФ, на уровне субъектов РФ - Министерства природных ресурсов субъектов РФ (областей и краев) и их подразделения – Комитеты по охране окружающей среды (областные и краевые).

Объектами государственной экологической экспертизы являются любые проектные и предпроектные материалы, документация по созданию новой техники и технологий, выпуск новых видов продукции, сырья, веществ, а также проекты стандартов и нормативов и др.

В соответствии с законом РФ «Об экологической экспертизе» она должна осуществляться на принципах обязательности ее проведения, научной обоснованности и законности выводов, независимости, невещности в организации и проведении, широкой гласности и участия общественности.

ГЭЭ предшествует принятию хозяйственного решения. Это позволяет на стадии планирования и проектирования выявить допущенные ошибки, оценить их последствия и дать рекомендации по их устранению.

Основным документом экологической экспертизы является *заключение экологической экспертизы* – документ, содержащий обоснованные выводы о допустимости воздействия на окружающую среду объекта и о возможности реализации, одобренной большинством списочного состава экспертной комиссии. В случае отрицательного заключения при условии переработки с учетом заключений, заказчик вправе предоставить материалы на повторную экспертизу.

Финансирование и осуществление работ по всем проектам и программам открывается только при наличии положительного заключения ГЭЭ.

Кроме государственной существуют и другие виды экспертизы - *общественная, научная и др.*, которые проводятся на добровольной основе и носят рекомендательный или информационный характер.

Правовой основой экологической экспертизы служит Федеральный закон «Об экологической экспертизе» (1995 г.), законодательные постановления, указы и другие природоохранные акты субъектов федерации (республики, края, области). *Нормативной базой* – являются стандарты, нормы, правила, обобщенные в специальных справочниках для экспертов.

Еще более глубоким и объемным вариантом проведения экологической экспертизы служит *оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС)*.

ОВОС проводят при разработке всех вариантов предпроектной и проектной документации. Процедура ОВОС предшествует проведению ГЭЭ и выполняется для предварительной оценки прямого или косвенно-

го воздействия, которое может оказать хозяйственная или иная деятельность на окружающую среду. Организует и обеспечивает ОВОС заказчик проекта, привлекая для этих целей компетентные организации и специалистов.

В полном объеме ОВОС проводится для крупных экологически опасных объектов (АЭС мощностью более 300 МгВт, нефтеочистительные заводы, тепловые электростанции и др.).

Перед началом проектирования и проведения ОВОС заказчик готовит «Уведомление о намерениях». Итогом ОВОС служит официальное «заявление о воздействиях на окружающую среду». Результаты ОВОС являются составной частью раздела «Охрана окружающей среды» в проектной документации.

Информационной формой экологического контроля является *экологический мониторинг*.

Мониторинг происходит от английского *monitoring*, от латинского *monitor* – следящий, слежение, предостерегающий. *Экологический мониторинг* – это система наблюдений, оценки и прогноза состояния окружающей среды. Основным принцип мониторинга – *непрерывное слежение*.

Мониторинг – это не только слежение и оценка фактов, но и экспериментальное моделирование, прогноз и рекомендации по управлению состоянием окружающей среды.

По *территориальному охвату* различают 3 ступени (блока) экологического мониторинга: *локальный* (биоэкологический, санитарно-гигиенический), *региональный* (геосистемный, природнохозяйственный), *глобальный* (биосферный, фоновый).

В программу *биоэкологического (санитарно-гигиенического) мониторинга*, проводимого на *локальном уровне* входят наблюдения за изменением в разных сферах содержания загрязняющих веществ обладающих канцерогенными, мутагенными и иными неблагоприятными свойствами. Постоянным наблюдениям подвергаются следующие загрязняющие вещества, наиболее опасные для природных экосистем и человека:

- в *поверхностных водах* – радионуклиды, тяжелые металлы, пестициды, бенз(а)рен, рН, минерализация, азот, нефтепродукты, фенолы, фосфор;

- в *атмосферном воздухе* - оксиды углерода, азота, диоксиды серы, озон, пыль, аэрозоли, тяжелые металлы, радионуклиды, пестициды, бенз(а)рен, азот, фосфор, углеводороды;

- в *почве* - тяжелые металлы, пестициды, радионуклиды, нефтепродукты, азот, фосфор, бенз(а)пирен;

- в *биоте* - тяжелые металлы, пестициды, радионуклиды, азот, фосфор, бензапирен.

- за уровнем вредных *физических воздействий*: радиация, шум, вибрация, электромагнитные поля и др.;

- за *динамикой заболеваемости*, вследствие загрязнения биосферы, в частности врожденных дефектов.

На *региональном (геосистемном) уровне* наблюдения ведутся за состоянием экосистем крупных природно-территориальных комплексов (бассейнов рек, лесных экосистем, агроэкосистем и т.д.), где имеются отличия параметров от базового фона ввиду антропогенных воздействий. Например, ведут контроль за популяционным состоянием исчезающих видов животных в пределах какого-либо региона.

На уровне *глобального (фонового, биосферного)* мониторинга отслеживаются изменения в биосфере в целом. Объектами глобального мониторинга являются атмосфера, гидросфера, почвенный покров, растительный и животный мир и биосфера в целом как среда жизни всего человечества. Разработка и координация глобального мониторинга осуществляется в рамках ЮНЭП (программа ООН по окружающей среде) и Всемирной метеорологической организации (ВМО).

По методам ведения выделяют *биологический* (с помощью биоиндикаторов), *дистанционный* (авиационный и космический) и *аналитический* (химический и физико-химический анализ) виды мониторинга.

Биоиндикация – это обнаружение и определение антропогенных нагрузок по реакциям на них живых организмов и их сообществ.

Биоиндикация позволяет вовремя выявить еще не опасный уровень загрязнения и принять меры по восстановлению экологического равновесия окружающей среды.

Дистанционные методы используются в основном для ведения глобального мониторинга. Например, аэрофотосъемка является эффективным методом для определения масштабов и степени загрязнения при разливе нефти в море или на суше. Другие методы в этих экстремальных ситуациях не дают исчерпывающей информации. *Космический мониторинг* позволяет получить уникальную информацию о функционировании экосистем как на региональном, так и на глобальном уровне.

Физико-химические методы используются для мониторинга отдельных компонентов окружающей природной среды: почвы, воды, воздуха и основаны на анализе отдельных проб.

В России функционирует разветвленная общегосударственная служба наблюдения по всем ступеням мониторинга – локальном, региональном и глобальном.

Основной объем наблюдений выполняют Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет России). В Удмуртской Республике наблюдения за состоянием окружающей среды осуществляет аккредитованная комплексная лаборатория мониторинга окружающей среды (КЛМС) Удмуртского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УЦГМС). Наблю-

дения проводят 4 стационарных и 2 маршрутных поста. В Сарапале ежемесячные экспедиционные наблюдения проводятся в 5 точках.

С 1995 г. в России с целью радикального повышения эффективности службы наблюдения введена Единая государственная система экологического мониторинга (ЕГСЭМ) (рис. 17).

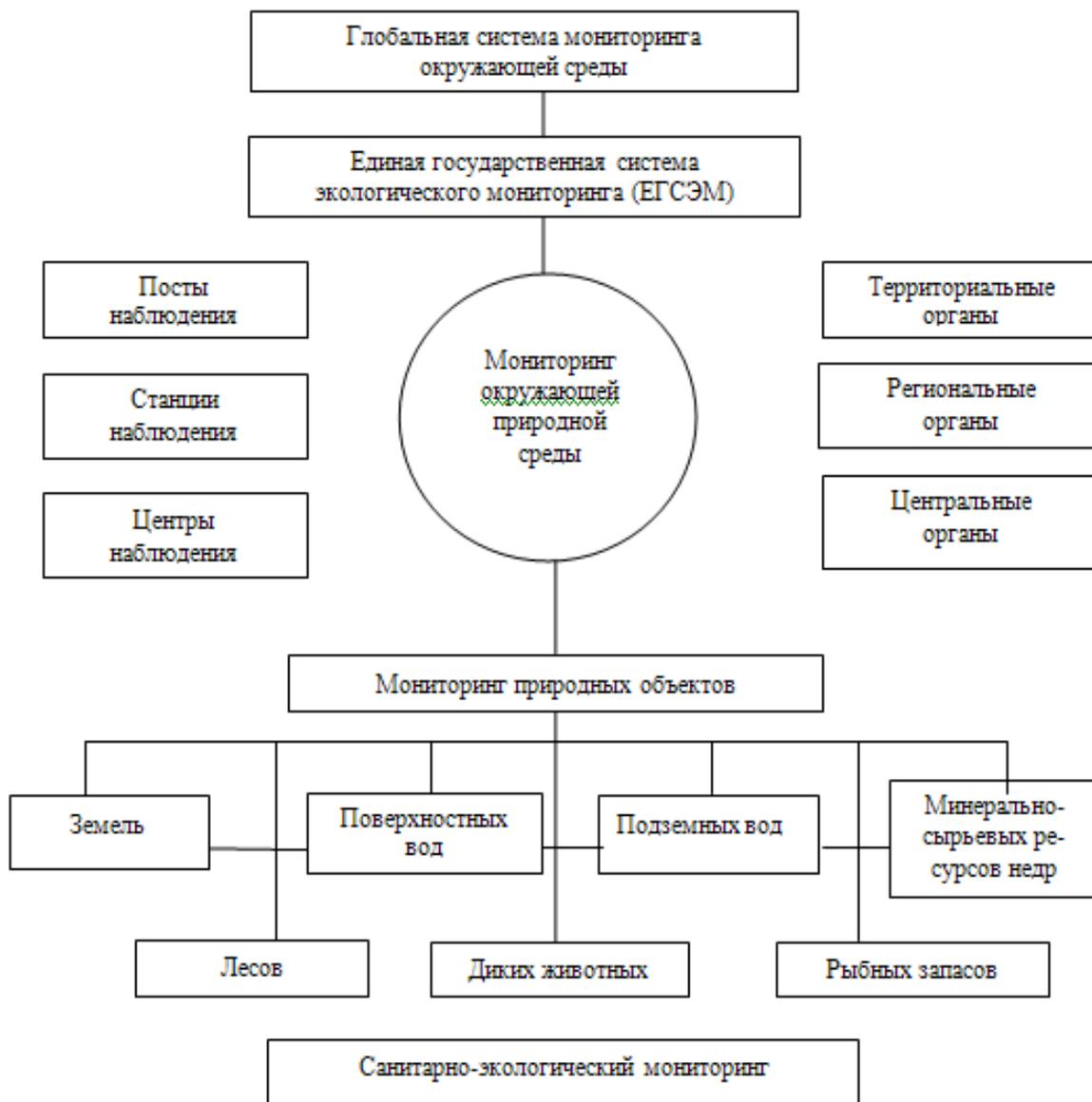


Рисунок 17 – Государственная система экологического контроля

К основным задачам ЕГСЭМ, в частности, относятся ведение специальных банков данных, характеризующих экологическую обстановку, гармонизация их с международными эколого-информационными системами, оценка и прогноз состояния объектов, антропогенных воздействий на них, отклик экосистем и здоровья населения на изменения состояния окружающей среды.

4. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ПАСПОРТИЗАЦИЯ

Общее положение экологического законодательства России конкретизируется в государственных стандартах (ГОСТ). *Стандарт* (англ. standart – норма) – нормативно-технический документ, устанавливающий комплекс норм, правил, требований, обязательных для исполнения. *Генеральным стандартом для природоохранной деятельности является ГОСТ 17.0.0.01-76 «Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов. Основные положения».*

ССОП разрабатывается с учетом экологических, санитарно-гигиенических, технических и экономических требований.

Система стандартов в области охраны природы (ССОП) имеет следующие подсистемы (группы): 0 – основные положения; 1 – гидросфера; 2 – атмосфера; 3 – почвы; 4 – земли; 5 – флора; 6 – фауна; 7 – недра.

В полное обозначение стандарта СООП входят индекс (ГОСТ), номер системы (17), номер стандарта и год издания.

Например, если требуется выяснить какие существуют нормы и методы измерения выбросов вредных веществ в отработанных газах тракторных и комбайновых двигателей, то следует обратиться к ГОСТ 17.2.2.05-86.

В данном примере, 2 – номер подсистемы (группы) – атмосферу, 2 – вид стандарта – нормы и методы измерений, 05 – номер стандарта и 86 – год издания.

Экологическая паспортизация.

В соответствии с ГОСТ 17.0.0.06-2000 каждое предприятие в обязательном порядке разрабатывает *экологический паспорт*.

Цель паспортизации:

- прогноз экологической ситуации на предприятии, так и вокруг него;
- контроль за выполнением природоохранных мероприятий.

Экологический паспорт предприятия – это нормативно-технический документ, включающий данные об использовании предприятием природных ресурсов и воздействии его производства на окружающую среду.

Отдельно, в виде справки с указанием времени, объемов и составов в экологическом паспорте, должны быть приведены данные о залповых и аварийных выбросах (сливах) загрязняющих веществ.

Экологические паспорта разрабатываются за счет собственных средств предприятия и утверждаются его руководителем по согласованию с территориальным природоохранным органом, где он регистрируется. При отсутствии экологического паспорта предприятие лишается права на природопользование и хозяйственную деятельность, либо подвергается крупному штрафу.

5. ЮРИДИЧЕСКАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРАВОНАРУШЕНИЯ

Юридическая ответственность за экологические правонарушения является одной из форм государственного принуждения: *ее задача* – обеспечить реализацию экологических интересов в принудительном порядке.

Экологические правонарушения различны по своему составу, но всегда складываются в сфере природы: будь то загрязнение природной среды, незаконная прорубка леса или нарушение законодательства о континентальном шельфе. Наибольшее число экологических правонарушений связано с охраной и использованием животного мира (охота и рыболовство) и с охраной атмосферного воздуха.

Общий критерий всех экологических нарушений – причинение вреда окружающей среде. В тех случаях, когда вред наносят среде обитания человека, говорят о санитарных правонарушениях.

Экологические правонарушения, не относящиеся к категории общественно опасных, именуют *экологическими проступками*. Если же они представляют общественную опасность, посягают на экологическую безопасность общества, причиняют ощутимый вред окружающей природной среде и здоровью человека, их относят к категории *экологических преступлений*.

Согласно закону РФ «Об охране окружающей среды» (2002 г., ст. 75): «За нарушение законодательства в области охраны окружающей среды устанавливается имущественная, дисциплинарная, административная и уголовная ответственность в соответствии с законодательством».

Предприятия и граждане, причинившие вред окружающей природной среде, здоровью и имуществу других граждан и народному хозяйству, обязаны возместить его в полном объеме. Должностные лица, по вине которых предприятие понесло расходы по возмещению вреда, несут *материальную ответственность (имущественную)*.

Дисциплинарные наказания (предупреждение, выговор, понижение в должности и в окладе, увольнение с работы) налагаются на должностных лиц, рабочих и служащих руководителей предприятия, организации, учреждения за невыполнение ими своих производственных обязанностей, связанных с охраной окружающей природной среды.

Административная ответственность устанавливается за противоправное действие или бездействие, нарушающие законодательство об охране окружающей природной среды. К их числу относятся порча, повреждение природных объектов, несоблюдение экологических требований при захоронении вредных веществ и т.д. Наиболее распространенная мера административного взыскания – денежный штраф.

За экологические правонарушения, которые отличаются наивысшей степенью общественной опасности и тяжелыми последствиями, предусмотрена *уголовная ответственность* (лишение свободы, конфискация имущества, крупный денежный штраф и т.п.). Применение мер этого вида ответственности за экологические преступления определяется Уголовным кодексом РФ от 13.06.96 № 63-ФЗ глава 26.

К тяжелым экологическим преступлениям относится, например, умышленное уничтожение или повреждение лесных массивов путем поджога. Оно наказывается лишением свободы сроком от 3 до 8 лет. Менее тяжкими преступлениями считаются загрязнения водоемов и атмосферного воздуха, незаконная порубка леса, незаконная хота и некоторые другие.

Вопросы

1. Что такое «экологическое право» и каковы его основные источники?
2. Какова государственная система управления охраной окружающей среды в России?
3. Каковы цели, формы и объекты экологического контроля?
4. Что такое «экологический мониторинг» и каковы его задачи?
5. Какие задачи решает экологическая экспертиза и ОВОС?
6. Что такое экологический паспорт природопользователя?
7. Что такое «государственные экологические стандарты»?
8. Каково значение экологического менеджмента и аудита в управлении качеством окружающей среды?
9. Каковы экологические права и обязанности граждан?
10. Какова юридическая ответственность за экологические правонарушения?

ЛЕКЦИЯ 15.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (ЭКОЛОГИЯ И ЭКОНОМИКА)

Вопросы:

1. *Экономическое регулирование в области охраны окружающей среды.*
2. *Эколого-экономический учет природных ресурсов и загрязнителей (кадастры).*
3. *Лицензия, договор и лимиты на природопользование.*
4. *Плата за использование природных ресурсов и за загрязнение окружающей среды.*
5. *Финансирование природоохранной деятельности.*
6. *Понятие о концепции устойчивого развития.*

1. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

России создан и функционирует *экономический механизм охраны окружающей среды*, ориентированный на рыночную экономику. Его главная особенность – ориентация на неплановое финансирование из государственного бюджета, а в основном на экономические методы регулирования.

Новая структура экономического механизма сочетает как ранее действующие нормы (природно-ресурсные кадастры, материально-техническое обеспечение и др.), так новые экономические стимулы (экологические фонды, плата за пользование природными ресурсами, экологическое страхование, и др.). (рис. 18). В качестве обязательных элементов предусматривается включение экологических требований в процедуру оценки принимаемых хозяйственных решений.

Согласно Закону РФ «Об охране окружающей среды» (2002 г.) основными задачами экономического механизма являются:

- установление платы за негативное воздействие на окружающую среду (выбросы, сбросы загрязняющих веществ, размещение отходов производства и другие виды вредного воздействия);
- установление лимитов на выбросы и сбросы загрязняющих веществ, размещение отходов и на другие виды негативного воздействия;
- проведение экономической оценки воздействий хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду;
- предоставление налоговых, кредитных и иных льгот при внедрении малоотходных и ресурсосберегающих технологий и нетрадицион-

ных видов энергии, осуществлении других эффективных мер по охране окружающей среды;

- возмещение вреда, причиненного природной среды и здоровью человека.

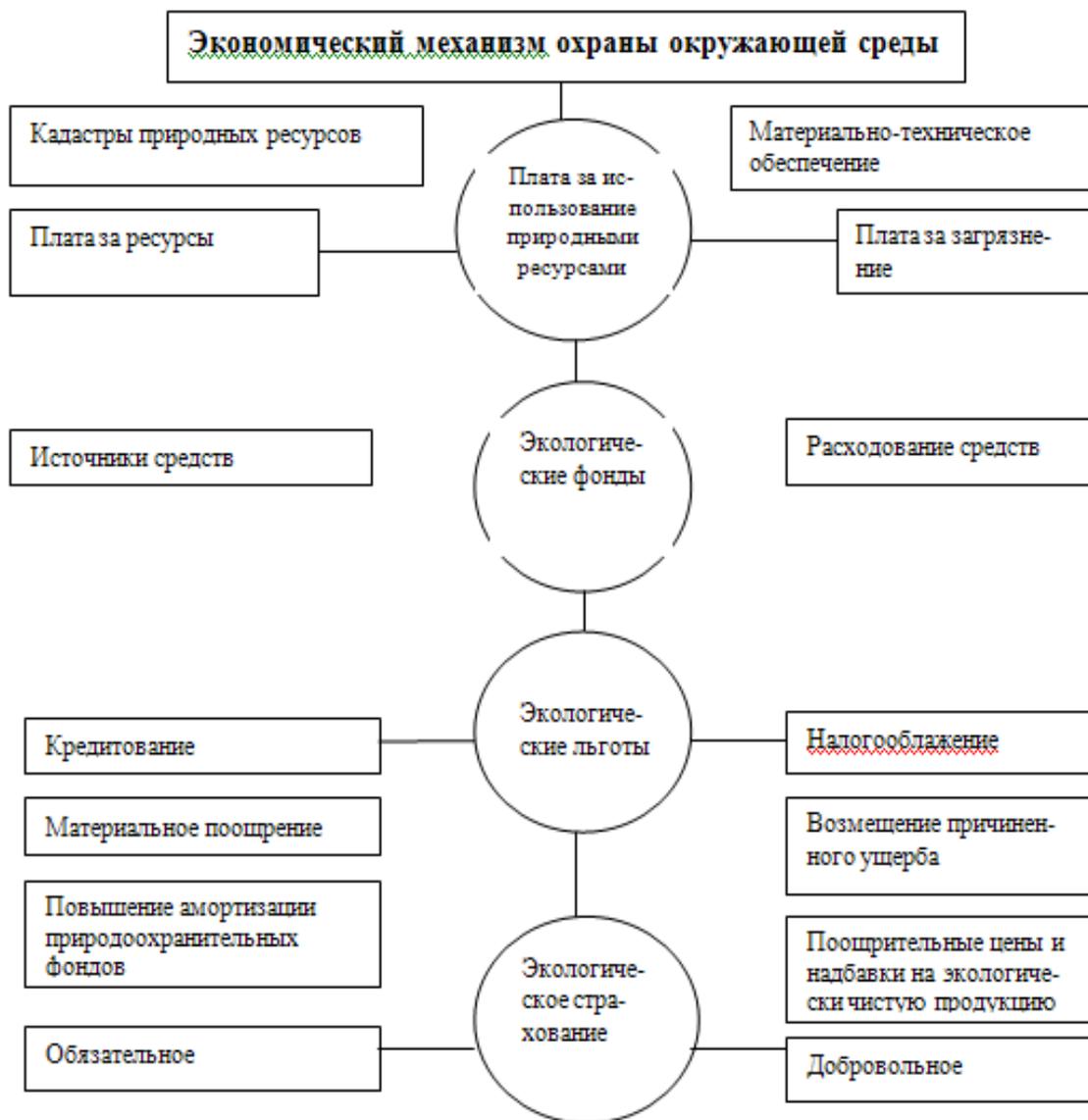


Рисунок 18 – Структура экономического механизма охраны окружающей среды (по В.В. Петрову)

Важнейшая задача нового экономического механизма – сделать охрану окружающей среды составной частью производственно-коммерческой деятельности, чтобы хозяйственник, предприниматель были заинтересованы в охране окружающей среды не меньше, чем он заинтересован в выпуске конкурентно-способной продукции.

2. ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УЧЕТ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ

Экономические, экологические и некоторые другие показатели природных ресурсов обычно обобщают в виде кадастров.

Кадастр природных ресурсов – систематизированный свод сведений, количественно и качественно характеризующих определенный вид природных ресурсов или явлений, в ряде случаев с их социально-экономической оценкой. Кадастры составляют специально уполномоченные органы Минприроды России для комплексного учета природных ресурсов на территории республик, краев и областей, рационального их использования, дифференциации платы за ресурсы и т.д.

Кадастры представлены по видам природных ресурсов. Различают кадастры земельный, водный, лесной, животного мира, медико-биологический, промысловый и др. виды

Земельный кадастр включает данные о регистрации землепользователей (собственники, пользователи, арендаторы), учете количества и качества земель, бонитировке (качественной оценке земель).

Водный кадастр - свод систематизированных данных о водных объектах, водных ресурсах, режиме, качестве и использовании вод, а также о водопользователях. Он включает 3 раздела:

- 1 – поверхностные воды;
- 2 – подземные воды;
- 3 – использование вод.

Источником сведений для составления и пополнения водного кадастра служит сеть наблюдательных гидрологических постов и режимных станций. Полученные данные обрабатывают с помощью специальной автоматизированной информационной системы и доводят до потребителя.

Лесной кадастр свод данных о лесах, степени их вовлечения в эксплуатацию, качественном составе, запасах древесины, ежегодном ее приросте и т.д. С помощью кадастра оценивают эколого-экономическое значение лесов, решают вопросы охраны лесных ресурсов, другие практические вопросы (выбор лесосырьевых баз и др.).

Своеобразным кадастром редких животных и растений являются Красная книга Российской Федерации, а также Красные книги республик, краев и областей.

В последнее время в связи с обострением экологической ситуации возникла необходимость учета размещения отходов по составу и степени токсичности, а также регистрации загрязнителей окружающей среды.

Объектом регистрации служат все опасные и потенциально опасные вещества, независимо от их происхождения, производимые как на территории России, так и вводимые из-за рубежа.

3. ЛИЦЕНЗИЯ, ДОГОВОР И ЛИМИТЫ НА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Порядок пользования природной средой и природными ресурсами основывается на принципах охраны окружающей среды и неистощимости использования природных ресурсов, создания нормальных экологических и экономических условий для ныне живущих и будущих поколений, обеспечения приоритетных направлений природопользования, учета, а также контроля за состоянием окружающей среды. Эффективными средствами охраны окружающей среды и рационального природопользования служат такие экономические рычаги, как лицензии, договор и лимиты.

Лицензия (разрешение) на комплексное природопользование – документ, удостоверяющий право его владельца на использование в фиксированный период времени природного ресурса (земель, вод, и др.), а также на размещение отходов, выбросы и сбросы.

В лицензию на комплексное природопользование включают:

1- перечень используемых природных ресурсов, лимиты и нормативы их расхода и изъятия;

2 - нормативы платы на охрану и воспроизводство природных ресурсов;

3 – перечень, нормативы и лимиты выбросов (сбросов) загрязняющих веществ и размещение отходов;

4 – нормативы платы за выбросы (сбросы) загрязняющих веществ и размещение отходов;

5 – экологические требования и ограничения, при которых допускается хозяйственная или иная деятельность.

Лицензия на *комплексное природопользование* выдается органами Минприроды России сроком *на один год*, но в ряде случаев право пользования лицензией может быть досрочно прекращено, если возникает угроза экологической безопасности населению. Лицензия на комплексное природопользование не может передаваться инициатором разрешаемой в ней хозяйственной или иной деятельности другим юридическим и физическим лицам.

Лицензия имеет существенное значение не только как средство защиты окружающей среды, но и как один из способов регулирования природопользования.

Принципы неистощимости использования природных ресурсов и охраны природной среды могут быть соблюдены лишь при комплексном природопользовании, т.е. тех случаях, когда использование одного ресурса не оказывает вредного воздействия на другие ресурсы. Поэтому, получив лицензию и пройдя соответствующую экспертизу на предполагаемую деятельность, природопользователь должен заключить *договор о комплексном природопользовании*.

Договор предусматривает условия и порядок использования природных ресурсов, права и обязанности природопользователя, размеры платежей за пользование природными ресурсами, ответственность сторон и возмещение вреда.

Составной частью экономического механизма охраны окружающей среды является так же лимитирование природопользования

Лимиты (ограничения) на природопользование – предельные объемы природных ресурсов, выбросов (сбросов) загрязняющих веществ, размещения отходов производства, которые устанавливаются для предприятий-природопользователей на определенный срок.

Так, например, устанавливают лимиты на потребление вод промышленного использования, нормы отвода земель для автомобильных дорог, лимиты по отлову животных, расчетную лесосеку и т.д.

Лимиты, как система экологических ограничений, побуждают природопользователя бережно относиться к природной среде, сокращать отходы, уменьшить выбросы (сбросы) загрязняющих веществ, переходить к малоотходным и ресурсосберегающим технологиям. Поэтому понятно, что лимиты, а также лицензии и договоры на комплексное природопользование выполняют не только экономические, но и природоохранные функции.

4. ПЛАТА ЗА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЗА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Важнейшим элементом нового механизма финансирования, ориентированного на рыночные реформы является платность природных ресурсов. Установление такой платы стало возможным после отмены исключительной государственной монополии на землю и другие природные ресурсы, превращения земель и других ресурсов в объект купли-продажи и гражданско-правовых сделок. При установлении платности за пользование природными ресурсами ставились следующие задачи:

- повышение заинтересованности производителя в эффективном использовании природных ресурсов и земель;
- повышение заинтересованности в сохранении и воспроизводстве материальных ресурсов;
- получение дополнительных средств на восстановление и воспроизводство природных ресурсов.

Общее природопользование осуществляется гражданами бесплатно.

Система платежей согласно Закона РФ «Об охране окружающей среды» (2002 г.) предусматривает два вида платежей:

- за право пользования природными ресурсами;
- за загрязнение окружающей среды.

Плата за природные ресурсы является издержками предприятия, связанными с использованием ресурсов и рассчитанными в соответствии с действующей в стране методикой. Она включает плату за:

- право пользования ресурсами;
- выплаты за сверхлимитное и нерациональное использование природных ресурсов;
- выплаты на воспроизводство и охрану природных ресурсов.

Платежи устанавливаются с учетом кадастровой оценки природных ресурсов, а при ее отсутствии – используют другие показатели, характеризующие качество природных ресурсов, их местоположение и продуктивность.

Формы платежей за природные ресурсы в зависимости от их вида и назначения могут быть различными.

Таблица 18 – Платежи за природные ресурсы, вздымаемые в РФ

Объект	Вид платежа
Земля	Земельный налог Арендная плата Нормативная цена земли
Недра	Платежи за пользование недрами Отчисления на воспроизводство минерально-сырьевой базы Акцизы Сбор за участие в конкурсе (аукционе) и выдачу лицензий Плата за геологическую информацию о недрах, полученную за счет государственных средств
Вода	Плата за пользование водными объектами (водный налог) Плата, направляемая на восстановление и охрану водных объектов Сбор за выдачу лицензий на водопользование
Лес	Лесные подати (налог) Арендная плата
Растительные ресурсы	За сбор лекарственных трав и сырья За сбор недревесных ресурсов За заготовку технического сырья
Ресурсы животного мира	Плата за право пользования животным миром Арендная плата за пользование охотничьими угодьями

Платежи за природные ресурсы поступают в местный бюджет (города или района), в фонды воспроизводства и охраны природных ресурсов. Эти платежи повышают материальную заинтересованность природопользователя в сохранении ресурсов и их рациональном использовании.

Плата за загрязнение окружающей природной среды. В соответствии с Федеральным Законом РФ «Об охране окружающей среды» (2002 г.) предусмотрено три вида платы за загрязнение:

- выбросы, сбросы вредных веществ и физических воздействий в пределах установленных лимитов;

- выбросы, сбросы вредных веществ и физических воздействий сверх установленных норм либо без разрешения компетентных органов;
- плата за размещение отходов.

Платежи за выбросы (сбросы) загрязнений производятся за счет *себестоимости* продукции предприятия, а в случае повышения лимитов загрязнений – за счет *прибыли*, которая получена предприятием-загрязнителем. В случае убыточности предприятия-загрязнителя платежи производятся за счет всех имеющихся у него средств, на которые может быть обращено взыскание.

Перечисление средств предприятием производится в сроки, которые согласовываются с территориальными органами охраны окружающей среды. Из общей суммы 10% платежей подлежит перечислению в доход федерального бюджета, 90% - в экологические фонды согласно установленному порядку зачисления.

Очень важно отметить следующие два обстоятельства. Во-первых, платежи за загрязнение носят налоговый характер, поэтому их неуплата дает право органам Минприроды взыскивать с предприятий в безакцептном порядке. Во-вторых, если платежи равны или превышают размер прибыли, оставляемую в их распоряжении, территориальные органы Минприроды России и органы санэпиднадзора вправе приостановить (или прекратить) деятельность предприятия.

5. ФИНАНСИРОВАНИЕ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Финансирование затрат на восстановление и охрану окружающей природной среды осуществляется за счет государственных и внебюджетных средств.

Государственное (бюджетное) финансирование направлено главным образом на выполнение целевых программ, ликвидацию последствий техногенных катастроф и стихийных бедствий, строительство крупных природоохранных сооружений. Доходная часть госбюджета (регионального и местного уровней) пополняется за счет платежей и отчислений за пользование природными ресурсами и загрязнение окружающей среды.

Внебюджетное финансирование осуществляется за счет собственных средств природопользователей, экологических фондов и экологического страхования. Финансирование за счет собственных средств природопользователей является основным. Согласно Закону РФ «Об охране окружающей среды» (2002 г.) природопользователь обязан принимать не только все меры по предотвращению вредного воздействия на окружающую среду и здоровье человека, но и за собственный счет компенсировать причинный экологический ущерб в полном объеме.

Для реализации различных природоохранных задач: восстановления потерь в природной среде, компенсации вреда здоровью граждан, строительства очистных сооружений и т.д. была создана единая система внебюджетных *государственных экологических фондов*.

Федеральный экологический фонд (внебюджетная государственная организация) предназначен для финансирования природоохранной деятельности межрегионального и общенационального масштаба. Он формируется за счет отчислений из бюджета и региональных экологических фондов, собственной коммерческой, банковской и иной деятельности.

Субъектов Федерации (республиканские, краевые и областные) экологические фонды служат дополнительными источниками финансирования и кредитования для строительства, реконструкции и ремонта очистных сооружений и других объектов природоохранного назначения; создания систем мониторинга и ОПТ, проведения работ по экологической экспертизе и т.п. Эти фонды формируются за счет платежей за загрязнение окружающей природной среды, штрафов за нарушение природоохранного законодательства и сверхлимитное использование и потери природных ресурсов, реализации конфискованных орудий охоты, рыболовства и других средств.

Экологические фонды предприятий могут создаваться для осуществления природоохранных мероприятий с целью достижения предельно допустимых выбросов (сбросов). Они формируются за счет отчислений от прибыли предприятий. Подобные отчисления не подлежат налогообложению.

В соответствии с Положением о порядке добровольного экологического страхования в РФ введено *экологическое страхование*. По Закону Российской Федерации (2002 г.) предприятия, а также граждане имеют право на получение страхового возмещения в случае техногенных катастроф, аварий и стихийного бедствия. Непременным *условием выдачи* страхового вознаграждения являются внезапность страхового события и непреднамеренность, т.е. отсутствие умысла со стороны предприятия. Однако предприятие может быть лишено права на страховое возмещение, если оно неоднократно предупреждалось о возможности аварии, но не приняло никаких предупредительных мер. Таким образом, экологическое страхование выполняет (экономически) стимулирующие функции, побуждая предприятия к сохранению природных ресурсов и охране природной среды.

Помимо экологического страхования, все более актуальными становятся и такие важные природоохранные проблемы, как страхование риска загрязнения окружающей природной среды, страхование инвестиций в экологически рискованные проекты, выбор приоритетных объектов экологического страхования. Развиваются и другие формы экологического страхования.

6. ПОНЯТИЕ О КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Развитие Человечества в прошлом было ориентировано на быстрый рост экономики, что привело к беспрецедентному по масштабам вредному воздействию на биосферу. Возникли противоречия между все возрастающими потребностями мирового сообщества и ограниченными возможностями биосферы по их удовлетворению.

Было доказано, что устранение возникших противоречий и дальнейшее улучшение качества жизни людей возможно только в рамках стабильного социально-экономического развития, не разрушающего механизмы саморегуляции Природы.

Термин «*устойчивое развитие*» впервые был применен в 1980 г. В природоохранный лексикон Концепция устойчивого развития вошла после конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.).

Устойчивое развитие – возможность экономического роста без ущерба комфортности проживания будущих поколений.

В широком смысле стратегия устойчивого развития направлена на достижение гармонии между людьми и между Обществом и Природой».

На глобальном экологическом форуме неправительственных организаций, который проходил параллельно с Конференцией ООН (Рио-де-Жанейро, 1992 г.) были сформулированы *принципы о неразрывности эколого-экономических связей*:

- экономическое развитие в отрыве от экологии ведет к превращению планеты в пустыню;
- упор на экологию без экономического развития закрепляет нищету и справедливость.

В целях осуществления последовательного перехода РФ к устойчивому развитию был принят Указ Президента РФ от 1.04.1996 г. «О концепции перехода РФ к устойчивому развитию». В 1997 году на заседании Правительства РФ одобрена «Государственная стратегия устойчивого развития РФ». Руководствуясь ими, представляется необходимым и возможным осуществить в РФ последовательный переход к устойчивому развитию.

Решение этих задач возможно лишь в рамках такого экономического развития страны, при котором не будет происходить разрушения естественного биотического механизма регуляции окружающей среды, а улучшение качества жизни людей будет обеспечиваться в пределах допустимой хозяйственной емкости биосферы.

Основные направления перехода России к устойчивому развитию:

- создание правовой основы перехода к устойчивому развитию, включая совершенствование действующего законодательства;
- разработка системы стимулирования хозяйственной деятельности и установление пределов ответственности за ее экономические ре-

зультаты, при которых биосфера воспринимается уже не только как поставщик ресурсов, но и как фундамент жизни, сохранение которого должно быть неизменным условием;

- оценка хозяйственной емкости локальных и региональных экосистем страны, определение допустимого антропогенного воздействия на них;
- формирование эффективной системы организации устойчивого развития и создания соответствующей системы воспитания и обучения.

Переход нашей страны к устойчивому развитию – длительный процесс, который потребует решения огромных по масштабу эколого-экономических и социальных задач, поэтому он будет осуществляться поэтапно. *Основные вехи на этом пути:*

- решение социальных и экономических проблем оздоровления окружающей среды, в первую очередь в зонах экологического бедствия;
- экологизация всего процесса экономического развития;
- гармонизация взаимодействия с природой всего мирового сообщества и др.

Переход к устойчивому развитию потребует искоренения стереотипов мышления, пренебрегающих безответственное отношение к обеспечению экологической безопасности. Как считают многие ученые и специалисты, именно движение человечества к устойчивому развитию, в конечном счете, должно привести к формированию ноосферы, к достижению гармонии между Обществом и Природой.

Вопросы

1. Каковы особенности экономического механизма охраны природы?
2. Как учитываются государством природные ресурсы и загрязнители?
3. Что такое «лицензии», «договоры», и «лимиты на природопользование»?
4. Что такое «платность природных ресурсов» и каковы ее виды?
5. Как осуществляется финансирование природоохранной деятельности?
6. Экологическое страхование и какова роль его в охране окружающей среды?
7. В чем суть концепции устойчивого развития?
8. Каковы основные направления перехода России к устойчивому развитию?
9. Какова роль экологического сознания в условиях перехода к устойчивому развитию?
10. Какова роль воспитания и образования в развитии экологического сознания?

ЛЕКЦИЯ 16.

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГИИ

Вопросы:

- 1. Международные объекты охраны окружающей среды.*
- 2. Основные принципы международного экологического сотрудничества.*
- 3. Механизм международного сотрудничества по охране природы.*
- 4. Участие России в международном экологическом сотрудничестве.*

Гармонизация международных экологических отношений – один из основных путей выхода мирового сообщества из экологического кризиса. Сегодня ни одна страна не в состоянии решить свои экологические проблемы в одиночку или сотрудничая лишь с небольшой группой стран. Необходимы согласованные усилия всех государств, координация их действий на строгой международной основе.

Высокая приоритетность экологического фактора в международных отношениях постоянно возрастает, что связано с прогрессирующим ухудшением биосферы. Все основные слагаемые экологического кризиса (парниковый эффект, разрушение озонового слоя, сведение лесов, деградация почв, снижение биологического разнообразия биосферы, радиоактивное и другие виды загрязнений, истощение полезных ископаемых, трансграничный перенос загрязнений и т.д.) носят глобальный характер и определяют новые правила и нормы взаимодействия государств. Есть все основания полагать, что в 21 веке экология будет в ряду высших приоритетов глобальной системы международных отношений.

1. МЕЖДУНАРОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Объекты охраны окружающей среды подразделяются на национальные (внутригосударственные) и международные (общемировые).

К национальным (внутригосударственным) объектам относятся земля, воды, недра, дикие животные и другие элементы природной среды, которые находятся на территории государства. Национальными объектами государства распоряжаются свободно, охраняют их и управляют ими на основании собственных законов в интересах своих народов.

Международные объекты охраны окружающей среды – это все природные объекты, по поводу которых у государств и международных организаций возникают и развиваются экологические отношения. Они

охраняются и используются в соответствии с нормами международного права.

Среди международных объектов охраны окружающей среды выделяют две категории:

1. Объекты, *вне юрисдикции государств*:

- Космос;
- Мировой океан;
- Атмосферный воздух;
- Антарктида;
- Мигрирующие виды животных.

Их осваивают и охраняют на основании различных договоров, конвенций, протоколов, отражающих совместные усилия международного сообщества.

2. Объекты, *входящие в юрисдикцию государств*:

- разделяемые природные ресурсы, находящиеся в пользовании двух и более государств (реки Дунай, Рейн, моря Балтийское, Черное, и др.);
- редкие и исчезающие растения и животные, занесенные в Международную Красную книгу;
- уникальные природные объекты, принятые на международный контроль (заповедники, национальные парки, памятники природы, резерваты), на содержание и охрану которых выделяются средства международными организациями за счет специальных фондов.

Эти объекты охраняются и управляются государствами, но взяты на международный контроль.

2. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ МЕЖДУНАРОДНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды регулируется *международным экологическим правом*, в основе которого лежат общепризнанные принципы и нормы.

В истории развития (кодификации) основных экологических принципов международного сотрудничества обычно выделяют три этапа (периода).

1. 1972 г. *Стокгольмская конференция ООН по окружающей среде*. По итогам работы конференции при участии 113 стран были приняты два основных документа:

- *декларация принципов*, включающую 26 принципов охраны окружающей человека среды;
- *план мероприятий*, где обозначены пути решения организационных, экономических и политических задач взаимоотношений государств при сотрудничестве в области охраны окружающей среды;

Стокгольмская конференция провозгласила 5 июня *Всемирным днем окружающей среды*. Был образован постоянно действующий орган

ООН по окружающей среде (ЮНЕП) со штаб-квартирой в г. Найроби (Кения).

Программа ЮНЕП предусматривает организацию и планирование природоохранных действий в пределах трех функциональных направлений:

- 1 – оценка окружающей среды – глобальная система наблюдений;
- 2 – управление окружающей средой;
- 3 – вспомогательные меры (образование в области окружающей среды и подготовка кадров).

2. 1982 г. *Всемирная хартия природы* (ВХП) принята Генеральной Ассамблеей ООН. Всемирная хартия природы наметила приоритетные направления экологической деятельности международного сообщества на тот период. В ней вновь были подтверждены и развиты важнейшие принципы международного сотрудничества в области охраны окружающей среды. Таких принципов стало 27.

В Хартии провозглашались следующие основные принципы:

1 – человечество осознает, что является частью природы. Поэтому к природе следует относиться с уважением и не нарушать ее основных принципов;

2 – генетическая основа жизни на Земле не должна подвергаться опасности. Популяция каждой формы жизни, дикой или одомашненной, должна сохраняться, необходимую для этого среду обитания следует беречь;

3 – все регионы Земли, как на суше, так и на морях, должны быть подчинены охране окружающей среды в соответствии с этими требованиями, особая защита должна обеспечиваться уникальным районам - типичным представителям всех экосистем и среды обитания редких или исчезающих видов;

4 – природные ресурсы должны не расточаться, а использоваться умеренно, как того требуют принципы, изложенные в Хартии; биологические ресурсы расходуются лишь в пределах их природной способности к восстановлению; ресурсы многократного пользования, включая воду, применяются повторно или рециркулируются.

Согласно Хартии, деградация природных систем в результате чрезмерного и нерационального использования природных ресурсов, так же как и неспособность установить прочный экологический порядок между странами и народами, ведут к подрыву основ цивилизации.

3. 1992 г. Рио-де-Жанейро - *Международная Конференция ООН по окружающей среде и развитию*. Это крупнейший экологический форум в истории человечества, организованный для подведения итогов 20-летней деятельности после Стокгольмской конференции. В Конференции участвовали 179 государств и более 30 международных организаций.

Важнейшими достижениями Конференции ООН было признание следующих фактов:

1 – проблемы окружающей среды и экономического развития не могут рассматриваться раздельно (принцип 4);

2 – государства должны сотрудничать в духе всемерного партнерства с целью сохранить, защитить и восстановить здоровье и целостность экосистемы Земли (принцип 7);

3 – мир, развитие и защита окружающей среды взаимосвязаны и неразделимы (принцип 25).

На конференции были обсуждены и приняты пять документов:

- *декларация РИО по окружающей среде и развитию*, 27 принципов которой определяют права и обязанности стран в деле обеспечения развития и благосостояния людей;

- *программа действий ООН «Повестка дня на XXI век»* — программа того, как сделать развитие устойчивым. Под устойчивым развитием понимается одновременное решение проблем экономики и экологии.

- *заявление «О принципах в отношении лесов»*, касающееся управления, защиты и устойчивого развития всех видов лесов, жизненно необходимых для обеспечения экономического развития и сохранения всех форм жизни;

- *рамочная конвенция «Об изменении климата»*, цель которой — стабилизация концентрации в атмосфере газов, вызывающих парниковый эффект, на таких уровнях, которые не вызовут опасного дисбаланса климата планеты;

- *конвенция (лат. convention - договор, соглашение) «О биологическом разнообразии»*, требующая, чтобы страны приняли меры для сохранения разнообразия живых существ и обеспечили справедливое распределение выгод от использования биологического разнообразия.

В основу разработки экологической стратегии государствам мирового сообщества рекомендовалось положить *концепцию устойчивого развития*.

В 2002 г. в Йоханнесбурге (ЮАР) состоялся *Всемирный саммит по устойчивому развитию «Рио+10»*. На саммите были проведены итоги первого десятилетия движения мирового сообщества по пути устойчивого развития.

Спустя 20 лет с 20-23 июня 2012 г. в г. Рио-де-Жанейро прошла *конференция ООН по окружающей среде и развитию «Рио+20»*. В конференции «Рио+20» участвовали более 100 глав государств и правительств. Она приняла итоговый документ под названием *«Будущее, которое мы хотим»*, который определяет основные принципы перехода к устойчивому развитию, подразумевающему экономический и социальный прогресс при условии сохранения окружающей среды. В итоговом документе закреплено понятие *«зеленой экономики»* как инструмента

устойчивого развития, выделены задачи борьбы с бедностью и создания новых рабочих мест. Опираясь на этот документ, можно продвигаться в выработке конкретных целей устойчивого развития, основанного на принципах экономического прогресса, социальной справедливости и охраны окружающей среды.

В настоящее время общепризнанными являются следующие принципы международного экологического сотрудничества:

- приоритетность экологических прав человека;
- суверенитет государства на природные ресурсы своей территории;
- недопустимость экологического благополучия одного государства за счет экологического вреда другому;
- экологический контроль на всех уровнях;
- свободный обмен международной экологической информацией;
- сотрудничество государств в чрезвычайных экологических ситуациях;
- разрешение экологических споров мирными средствами.

3. МЕХАНИЗМ МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА ПО ОХРАНЕ ПРИРОДЫ

Механизм международного сотрудничества в области охраны окружающей среды представлен следующими структурами:

- международными экологическими организациями под эгидой ООН;
- неправительственными международными организациями;
- документами (соглашениями и решениями двухсторонних и многосторонних межправительственных организаций).

В мире функционирует более 100 различных международных организаций, занимающихся вопросами экологии. Наиболее авторитетная из них *Организация Объединенных Наций ООН*. Одно из важнейших направлений ее деятельности – сотрудничество в области охраны природы. ООН рассматривает важные вопросы на Генеральной Ассамблее, принимает резолюции и декларации, приводит международные совещания и конвенции.

При ООН функционируют *межправительственные* специализированные международные организации по охране окружающей среды.

Специальный орган ООН по окружающей среде (ЮНЕП) осуществляет долгосрочную программу по охране окружающей среды, для финансирования которой Генеральная Ассамблея ООН создала Фонд окружающей среды.

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) осуществляет программу «Ядерная безопасность и защита окружающей среды».

Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) занимается организацией исследования окружающей среды и ее ресурсов, ею оформлены программы «Человек и биосфера», «Человек и его окружающая среда».

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) занимается вопросами здравоохранения в аспекте воздействия на здоровье загрязнения природной среды;

Всемирная организация продовольствия (ФАО) занимается вопросами продовольственных ресурсов и развития сельского хозяйства в целях улучшения условий жизни народов мира;

Международная организация труда (МОТ) занимается вопросами охраны труда и техники безопасности;

Всемирная метеорологическая организация (ВМО) осуществляет глобальный мониторинг окружающей среды и, в том числе трансграничный перенос загрязняющих веществ и воздействие загрязнения на озоновый слой.

Кроме межправительственных международных организаций функционируют *неправительственные* международные организации, включающие в свою деятельность природоохранные мероприятия, а также проявляющие интерес к экологическим проблемам.

Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП) содействует сотрудничеству между правительствами, национальными и международными организациями, а также отдельными лицами по вопросам защиты природы и охраны природных ресурсов. МСОП подготовил Международную «Красную книгу» (10 томов).

Всемирный фонд охраны дикой природы (WWF) – создан в 1961 г., объединяет 27 национальных объединений во всем мире. Деятельность фонда заключается в оказании финансовой поддержки природоохранным мероприятиям.

Римский клуб (РК) – организация, которая внесла значительный вклад в изучение перспектив развития биосферы и пропаганды идеи необходимости гармонизации отношений Человека и Природы.

Международная юридическая организация (МЮО) уделяет большое внимание разработке правовых вопросов охраны окружающей среды.

Международный экологический суд (МЭС). Состав судей включает 29 юристов экологов из 24 стран, в том числе представителя России.

ГРИНПИС – независимая международная общественная организация. Создана в Канаде в 1971 г., насчитывает около 1,5 млн. членов. Гринпис имеет статус официального наблюдателя или полноправного или полноправного члена в ряде международных структур. Ведет про-

пагандистскую, просветительскую и информационную работу природоохранного содержания.

Международные договоры, соглашения, конвенции. Различаются договоры общие и специальные, многосторонние и двухсторонние, глобальные и региональные. Готовятся и рассматриваются они по инициативе отдельной страны (стран) или международной организации.

Общие международно-правовые договоры могут затрагивать и вопросы окружающей природной среды, например, в договорах о режиме государственной границы, как правило, имеются статьи, посвященные режиму приграничных водоемов, охране растительности, животного мира.

Специальные природоохранные международные договоры содержат статьи только об охране окружающей среды.

К *глобальным* договорам относятся Конвенция о запрещении военного или любого враждебного использования средств воздействия на природную среду (1977 г.), Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (1979 г.), Конвенция об охране мигрирующих видов диких животных (1979 г.).

В числе *региональных* договоров можно назвать договоры такие как об использовании и охране Дуная, Черного моря; договоры европейских стран; Африканскую конвенцию по охране природы и природных ресурсов (1968 г.); Конвенцию по охране Средиземного моря от загрязнений (1976 г.); Конвенцию об охране морских живых ресурсов Антарктики (1980 г.); Соглашение об охране полярного медведя (1974 г.); Конвенцию о рыболовстве в северо-восточной части Атлантического океана (1959 г.); Конвенцию о рыболовстве и сохранении живых ресурсов в Балтийском море и Датских проливах (1973 г.); Соглашение о сотрудничестве по борьбе с загрязнением Северного моря нефтью (1969 г.).

Особое значение имеют *международные* договоры об ограничении, сокращении и запрещении испытаний ядерного, бактериологического, химического оружия в различных средах и регионах. В 1996 г. в ООН торжественно подписан Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний.

4. УЧАСТИЕ РОССИИ В МЕЖДУНАРОДНОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ СОТРУДНИЧЕСТВЕ

Наша страна играет значительную роль в решении глобальных и региональных экологических проблем. Российская Федерация взяла на себя договорные обязательства бывшего СССР по предотвращению экологической катастрофы, сохранению биосферы и обеспечению развития человечества.

Основные направления международного сотрудничества России в области охраны окружающей среды следующие:

- 1 – государственные инициативы;
- 2 – международные организации;
- 3 – международные конвенции и соглашения;
- 4 – двустороннее сотрудничество.

Государственные инициативы по международному сотрудничеству в области охраны окружающей среды имеют давнюю историю. Только в последние годы нашей страной был выдвинут целый ряд конструктивных предложений по международному сотрудничеству в целях экологической безопасности.

Международные организации по охране природы действуют почти во всех странах мира. Россия активно сотрудничает с ЮНЕП и другими организациями по вопросам выработки стратегии защиты от загрязнения, создания системы глобального мониторинга, борьбы с опустыниванием и др.

Россия является членом МСОП. В настоящее время МСОП стал одним из лидеров в разработке проблем биоразнообразия, по его инициативе выпущена Международная Красная книга.

Много внимания Россия уделяет работе и в других специализированных организациях ООН, в частности с ЮНЕСКО, ВОЗ, ФАО. Укрепляются научные связи с МАГАТЭ. Россия активно содействует реализации основных программ ВМО, в частности Всемирной климатической программы. По каналам ВМО в Россию поступает информация о состоянии Мирового океана, атмосферы, озонового слоя Земли и загрязнения окружающей среды.

Россия продолжает развивать и углублять экологическое сотрудничество по линии *международных конвенций (договоров) и соглашений* на многосторонней основе. Свыше 50 международных документов, подписанных РФ (а также бывшим СССР) и принятых ею к исполнению, регулируют ныне российское экологическое сотрудничество с другими государствами.

Продолжается сотрудничество в рамках Конвенции ООН по морскому праву и другим соглашениям и договорам об охране Мирового океана. Большая работа ведется по выполнению Конвенций: о рыболовстве и сохранении живых ресурсов в Балтийском море; о международ-

ной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения; о сохранении водно-болотных угодий, как местообитанию водоплавающих птиц; о биологическом разнообразии, а также о сокращении или устранении выбросов стойких органических загрязнителей и многих других.

На основе межправительственных соглашений развивается двустороннее сотрудничество со всеми пограничными странами, а также с США, Великобританией, Францией, Китаем и другими государствами.

Наиболее плодотворно в настоящее время развиваются российско-американское сотрудничество (проблема озера Байкал, мероприятия по регулированию качества воды, организация заповедников и др.), российско-германские связи (экологические проблемы в регионах, район озера Байкал, обмен радиологической информацией и др.), сотрудничество со Скандинавскими странами (экологически безопасные технологии, строительство водоочистных сооружений, охраняемые территории на Карельском перешейке).

Несмотря на достигнутые успехи, для выхода из экологического кризиса необходимо дальнейшее развитие и активизация международного сотрудничества как на двусторонней, так и на многосторонней основе, включая организации системы ООН.

Россия, на долю которой приходится значительная часть экосистем, практически не затронутых хозяйственной деятельностью (более 1/3 территории России, или 700-800 млн. га, в том числе опорный стабилизирующий блок биосферы – Сибирь), непременно будет играть все более возрастающую роль в решении экологических проблем всего мирового сообщества.

Вопросы

1. Каково значение международного сотрудничества в области экологии?
2. Что такое национальные и международные объекты охраны окружающей среды?
3. Какова роль Организации Объединенных наций и ее подразделений ЮНЕСКО, ЮНЕП и МСОП в деле охраны природы?
4. Какие существуют формы международного сотрудничества?
5. Какова роль России в международном экологическом сотрудничестве?

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГИИ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В Федеральном законе Российской Федерации «Об охране окружающей среды» используются следующие основные понятия и определения:

Окружающая среда – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных и антропогенных объектов.

Природная среда — совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов.

Компоненты природной среды – земля, недра, почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, растительный, животный мир и иные организмы, а также озоновый слой атмосферы и околоземное космическое пространство, обеспечивающие в совокупности благоприятные условия для существования жизни на Земле.

Природный объект – естественная экологическая система, природный ландшафт и составляющие их элементы, сохранившие свои природные свойства.

Природно-антропогенный объект – природный объект, измененный в результате хозяйственной и иной деятельности, и (или) объект, созданный человеком, обладающий свойствами природного объекта и имеющий рекреационное и защитное значение.

Антропогенный объект – объект, созданный человеком для обеспечения его социальных потребностей и не обладающий свойствами природных объектов.

Естественная экологическая система – объективно существующая часть природной среды, которая имеет пространственно-территориальные границы и в которой живые (растения, животные и другие организмы) и неживые ее элементы взаимодействуют как единое функциональное целое и связаны между собой обменом веществом и энергией.

Природный комплекс – комплекс функционально и естественно связанных между собой природных объектов, объединенных географическими и иными соответствующими признаками.

Природный ландшафт – территория, которая не подверглась изменению в результате хозяйственной и иной деятельности и характеризуется сочетанием определенных типов рельефа местности, почв, растительности, сформированных в единых климатических условиях.

Охрана окружающей среды – деятельность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, общественных и иных некоммерческих объединений, юридических и физических лиц, направленная на сохранение и восстановление природной среды, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, предотвращение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и ликвидацию ее последствий.

Качество окружающей среды – состояние окружающей среды, которое характеризуется физическими, химическими, биологическими и иными показателями и (или) их совокупностью.

Природные ресурсы – компоненты природной среды, природные объекты и природно-антропогенные объекты, которые используются или могут быть использованы при осуществлении хозяйственной и иной деятельности в качестве источников энергии, продуктов производства и предметов потребления и имеют потребительскую ценность.

Загрязнение окружающей среды – поступление в окружающую среду вещества и (или) энергии, свойства, местоположение или количество которых оказывают негативное воздействие на окружающую среду.

Загрязняющее вещество – вещество или смесь веществ, количество и (или) концентрация которых превышают установленные для химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов нормативы и оказывают негативное воздействие на окружающую среду.

Нормативы качества окружающей среды – нормативы, которые установлены в соответствии с физическими, химическими, биологическими и иными показателями для оценки состояния окружающей среды и при соблюдении которых обеспечивается благоприятная окружающая среда.

Нормативы допустимого воздействия на окружающую среду – нормативы, которые установлены в соответствии с показателями воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и при которых соблюдаются нормативы качества окружающей среды.

Нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду – нормативы, которые установлены в соответствии с величиной допустимого совокупного воздействия всех источников на окружающую среду и (или) отдельные компоненты природной среды в пределах конкретных территорий и (или) акваторий и при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие.

Нормативы допустимых выбросов и сбросов химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов – нормативы, которые установлены для субъектов хозяйственной и иной деятельности в соответствии с показателями массы химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов, допустимых для поступления в окружающую среду от стационарных, передвижных и иных источников в установленном режиме и с учетом технологических нормативов, и при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды.

Нормативы предельно допустимых концентраций химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов – нормативы, которые установлены в соответствии с показателями предельно допустимого содержания химических веществ, в том числе ра-

диоактивных, иных веществ и микроорганизмов в окружающей среде и несоблюдение которых может привести к загрязнению окружающей среды, деградации естественных экологических систем.

Нормативы допустимых физических воздействий – нормативы, которые установлены в соответствии с уровнями допустимого воздействия физических факторов на окружающую среду и при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды.

Лимиты на выбросы и сбросы загрязняющих веществ и микроорганизмов – ограничения выбросов и сбросов загрязняющих веществ и микроорганизмов в окружающую среду, установленные на период проведения мероприятий по охране окружающей среды, в том числе внедрения наилучших существующих технологий, в целях достижения нормативов в области охраны окружающей среды.

Оценка воздействия на окружающую среду – вид деятельности по выявлению, анализу и учету прямых, косвенных и иных последствий воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности в целях принятия решения о возможности или невозможности ее осуществления.

Мониторинг окружающей среды (экологический мониторинг) – комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов.

Контроль в области охраны окружающей среды (экологический контроль) – система мер, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушения законодательства в области охраны окружающей среды, обеспечение соблюдения субъектами хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды.

Экологический аудит – независимая, комплексная, документированная оценка соблюдения субъектом хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды, требований международных стандартов и подготовка рекомендаций по улучшению такой деятельности.

Вред окружающей среде – негативное изменение окружающей среды в результате ее загрязнения, повлекшее за собой деградацию естественных экологических систем и истощение природных ресурсов.

Экологический риск – вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера.

Экологическая безопасность – состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрэкология /В.А. Черников, А.В. Голубев и др.; Под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. – М.: Колос, 2000. – 536 с.
2. Агрэкология. Методология, технология, экономика /В.А. Черников, И.Г. Грингоф, В.Т. Емцов и др.; Под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. – М.: КолосС, 2004. – 400 с.
3. Акимова, Т.А. Экология. Человек – Экономика – Биота – Среда /Т.А.Акимова В.В, Хаскин. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 566 с.
4. Девятова, Т.А. Экология почв : учеб. пособие для вузов /Т.А. Девятова, Т.Н. Крамарева. - Воронеж: Изд-во Воронежского госуд. ун-та, 2012. – 77 с.
5. Бродский, А.К. Экология : учебник - М. : КноРус, 2012. - 269 с.
6. Денисов, В.В. Экология : учебное пособие для бакалавров технических вузов. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2013. - 407 с.:
7. Коробкин, В.И. Экология / В.И.Коробкин, Л.В. Передельский. – Ростов н/Д: изд-во Феникс, 2011. – 576 с.
8. Коробкин, В.И. Экология и охрана окружающей среды: учебник /В.И. Коробкин, Л.В. Передельский. – М.: КНОРУС, 2013. – 336 с.
9. Красная книга РФ. - Балашиха Моск. обл. изд-во «Астрель», 2001.
10. Красная книга УР. – Ижевск: изд-во «Удмуртский ун-т», 2001.
11. Лесной кодекс Российской Федерации (Федеральный закон от 04.12.2006 г. № 200 ФЗ)
12. Одум Ю. Экология /пер. с англ. Т. 1-2. – М.: Мир, 1986. – С. 328, 376.
13. Оноприенко, М.Г. Экология: учеб. пособие для бакалавров. – М.: Издательство «Омега-Л», 2015. – 429 с.
14. О состоянии окружающей природной среды УР: Государственный доклад. – Ижевск: Изд-во, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016. Режим доступа: <http://xn----7sblcqa0agdljmb0c.xn--p1ai/gosdoclad/index.php> (дата обращения 28.12.2016).
15. Особо охраняемые природные территории Удмуртской Республики: Сборник /Под ред. Н.П. Соловьевой. – Ижевск, 2002.—211 с.
16. Степановских, А.С. Экология : Учебник для вузов. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 703 с.
17. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г. №7-ФЗ.
Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/data2/1/4294847/4294847255.htm>
18. Уголовный кодекс РФ от 13.06.1996 № 63-ФЗ. Глава 26. Экологические преступления.
19. Шилов, И.А. Экология. – М.: Юрайт, 2011. –512 с.
20. Экология. Природа – Человек – Техника / Т.А. Акимова [и др.] - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 343 с.

Учебное издание

ЭКОЛОГИЯ

Курс лекций

Учебное пособие для студентов,
обучающихся по направлениям подготовки
«Лесное дело», «Землеустройство и кадастры»,
«Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции»,
«Технология продукции и организация общественного питания»,
«Теплоэнергетика и теплотехника», «Техносферная безопасность»

Составитель:

Бусоргина Нина Александровна

2-е изд. доп. и перераб.

Технический редактор Е.Ф. Николаева

Дата выхода в свет «18» мая 2017 г.

Гарнитура Times New Roman.

Уч.-изд. л. 11,51.

Системные требования:

Adobe Acrobat.

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11

