

**ТЕКСТЫ ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»
ДЛЯ СТУДЕНТОВ 4 КУРСА БИОЛОГИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА**

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

ЛЕКЦИЯ 1 ВВЕДЕНИЕ В ЭКОЛОГИЮ. ЭКОЛОГИЯ КАК НАУКА

1. Содержание, предмет и задачи экологии.
2. История экологии.
3. Структура современной экологии.
4. Разделы экологии.

1. Содержание, предмет и задачи экологии.

Термин «экология» («ойкос» - дом, жилище; «логос» - наука) ввел Э. Геккель. Экология – наука, изучающая взаимоотношения организмов с окружающей их органической и неорганической средами.

- взаимоотношения организмов между собой и окружающей их средой, с учетом изменений, вносимых деятельностью человека.

Современная экология изучает организмы не только как отдельные виды, но и их взаимоотношения между собой и со средой на популяционно-биоценотическом уровне.

Содержание экологии: исследования взаимоотношений организмов друг с другом и со средой на макросистемном (популяционно-биоценотическом) уровне: уровне популяций, сообществ, биогеоценозов, экосистем и, наконец, биосферы.

Определения:

Популяция – любая совокупность особей одного вида, способная обмениваться генетической информацией, обладающая особой внутренней структурой и существующая неопределённо длительное время на данной территории.

Биоценоз (сообщество) – любая совокупность организмов различных видов, существующая в одном и той же местообитании и взаимодействующая посредством пищевых (трофических) и пространственных взаимоотношений.

Биогеоценоз (экосистема) – биоценоз (сообщество) + биотоп (окружающая среда).

Биосфера – область распространения жизни на планете Земля; область, заселенная живыми организмами в настоящем или прошлом.

Предмет экологии: биологические макросистемы (популяции, биоценозы, биогеоценозы, экосистемы), их динамика во времени и пространстве.

Задачи экологии:

- 1) Изучение структуры и динамики популяций и биогеоценозов;
- 2) Раскрытие сущности процессов, протекающих в биологических макросистемах;
- 3) Умение ими управлять с максимальной пользой для человека, без нанесения ущерба системе.

2. История экологии.

Как дисциплина биологии выделилась в середине 19 века, как отдельная наука – конец 19 - начало 20 века.

1) Первые экологические сведения – древнеегипетские, древне индийские, древнекитайские и древнеевропейские источники – 6-4 вв. до н.э. – сведения об образе жизни и изменениях численности животных и растений.

2) Древняя Греция и Древний Рим: Гиппократ – влияние факторов среды на здоровье людей; Аристотель – классификация животных по образу жизни и питанию; Плиний Старший – труд «Естественная история». Все сведения носили сумбурный характер.

3) Средние века и эпоха Возрождения:

В связи с накопившимися данными в ходе путешествий и исследований – ряд трудов:

Карл Линней – основы научной систематики (бинарная номенклатура);

Жан Бюффон – «Естественная история» (13 томов) – связи организма с внешней средой, влияние климатических факторов на организмы.

Жан-Батист Ламарк – значение внешних условий в эволюции животных и растений

Русские естествоиспытатели:

М.В. Ломоносов – влияние среды на организмы.

А. Каверзнев – «О перерождении животных» - изучал изменчивость животных под влиянием внешних и внутренних факторов.

А. Болотов – классификация местообитаний растений.

4) 19 век:

Выделение самостоятельных биологических дисциплин – география животных и география растений.

А. Гумбольдт – «Идеи о географии растений» - использовал экологическую терминологию – жизненные формы растений, ассоциации, изолинии и т.д.

Карл Рулье – основоположник экологии животных (более 160 работ). Доказывал, что развитие органического мира обусловлено воздействием изменяющейся внешней среды.

Северцов – ученик Рулье. 1855г. – диссертация «Периодические явления в жизни зверей, птиц и гад Воронежской губернии» – первое детальное экологическое исследование в мировой зоологической литературе.

Бекетов – ученик Рулье – создал школу русских фитогеографов. 1896г. – «География растений».

Э.Геккель (1866г.) – ввел термин экология.

К. Мебиус – учение о биоценозах (1877г.)

Е. Варминг (1895г.) – ввел термин «экология» в ботанику.

5) Конец 19 – начало 20 вв.:

В.В. Докучаев – создал учение о природных зонах, основы геоботанических исследований, учение о ландшафтах – изучал взаимоотношения растительности и почвы.

Г.Ф. Морозов – «Учение о лесе» (1920г.) – впервые применил экосистемный подход к изучению природных биоккомплексов.

Д.Н. Кашкаров и В.В. Станчинский – «Среда и общество», «Основы экологии животных».

А. Тенсли (1935г.) – учение об экосистемах.

В.Н. Сукачев (1942г.) – понятие о биогеоценозе как о едином комплексе организмов и абиотического (неживого) окружения.

В.И. Вернадский – учение о биосфере как о глобальной экосистеме.

Г.И. Поплавская – «Краткий курс экологии растений» (1937г., 1948г.)

б) Современные экологические исследования:

Б.Г. Иоганзен – «Основы экологии» (1959г.)

А.П. Шенников – «Экология растений» (1950г.), «Ведение в геоботанику» (1964г.)

Н.П. Наумов – «Экология животных» (1955г, 1963г.)

С.С. Шварц – «Эволюционная экология животных» (1969г.)

Г.А. Новиков – «Экология животных» (1980г.), «Основы общей экологии и охраны природы» (1979г.)

Т.А. Работнов – «Фитоценология» (1978г.)

Т.К. Горышина – «Экология растений» (1978г.)

7) Экологические исследования в Беларуси:

Начались с 20-х годов 20-го века. Развитием экологии занимались:

Соловьев, Радкевич, Федюшин, Сержанин, Макушок, Спичаков и др.

На базе Белорусского института с/х и л/х экологией растений занимались: Васильков, Адамов, Полянская, Савич и др.

На базе БГУ экологией животных занимались: Винберг, Сущеня, Федюшин, Сержанин, Ляхнович, Камлюк и др.

В 1947г. в БГУ на биологическом факультете открыта кафедра общей экологии.

На современном этапе в Беларуси проблемами экологии заняты:

а) Экология животных: Пикулик, Сущеня, Долбик, Савицкий, Лопатин и др. (институт зоологии при НАНБ).

б) Экология растений: Парфенов, Ипатьев, Голод, Новиков, Валетов и др. (институт Леса при НАНБ).

3. Структура современной экологии.

Современная экология подразделяется на 3 структурные части:

1) Экология растений:

а) Ботаническая экология – изучает взаимодействия растений с неорганической средой (воздействие физико-химических факторов на отдельные виды растений).

б) Фитоценология – изучает взаимоотношения между растениями, связи в растительном сообществе.

2) Экология животных:

а) Экология особей – изучает взаимодействия животных с неорганической средой (воздействие физико-химических факторов на отдельные виды животных).

б) Экология популяций – изучает совокупности особей одного вида, структуру, динамику и отношения в популяциях.

3) Биогеоценология – объединяет экологию животных и растений, т.к. занимается изучением многочисленных отношений в животном-растительных сообществах.

4. Разделы экологии.

В экологии четко выделяются разделы, основывающиеся на следующей схеме:

Особь → популяция → вид → сообщество (биоценоз) → биогеоценоз (экосистема) → биосфера.

В связи с этими уровнями организации живой материи выделяют следующие разделы:

1) Аутэкология – экология особей. 1896г. – Шретер.

- изучает взаимоотношения особей с внешней средой; морфофизиологические реакции и приспособления организмов к физико-химическим условиям окружающей среды.

Пример: изучение отдельного экземпляра вида дуб в лесу – аутэкологическое исследование.

2) Демэкология – экология популяций.

- изучает естественные группировки особей 1 вида (популяции). Задачи: выяснение условий, при которых формируются популяции; изучение взаимоотношений между особями в популяции, их организации, динамики, численности.

3) Эйдэкология – экология видов.

- наименее разработанный раздел современной экологии, т.к. с аут- и демэкологических исследований традиционно переключаются на синэкологию (т.е. особь → популяция → биоценоз).

4) Синэкология – экология сообществ и экосистем.

- изучает ассоциации популяций разных видов растений, животных и микроорганизмов, образующих биоценозы и экосистемы, их структуру, взаимоотношения между собой и окружающей средой. Являются общебиологическими исследованиям и объединяют аут-, дем- и эйдэкологию.

5) Глобальная экология – экология биосферы.

Мало изученный раздел, т.к. на современном этапе трудно осуществим глобальные исследования и мониторинг планетарного масштаба.

АУТЭКОЛОГИЯ (ЭКОЛОГИЯ ОСОБЕЙ) ЛЕКЦИЯ 2 ФАКОРЫ СРЕДЫ, ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДЕЙСТВИЯ НА ОРГАНИЗМЫ

1. Понятие среды и экологических факторов.
2. Классификация экологических факторов.
3. Влияние на организм абиотических факторов.
4. Совместное действие экологических факторов.
5. Принципы экологической классификации организмов.

1. Понятие среды и экологических факторов.

Среда и условия существования организмов – разные понятия.

Среда – все, что окружает организм и прямо или косвенно на него воздействует. Среда складывается из множества элементов органической и неорганической природы и элементов, вносимых деятельностью человека.

Элементы среды могут быть:

- 1) необходимыми организму;
- 2) безразличными для него;
- 3) оказывать на организм вредное воздействие.

Пример: для зайца необходимы пища, воздух, вода, свет; безразличны для него – ствол дерева, кочка (может вступать с ними во временные отношения – например, укрытие от непогоды); вредные – деятельность человека (вырубка лесов, охота и т.д.).

Условия существования – совокупность необходимых для организма элементов среды, с которыми он находится в неразрывном единстве и без которых существовать не может (пища, свет, кислород, химические элементы).

Элементы среды, необходимые организму, или отрицательно на него воздействующие – экологические факторы. Они действуют в виде единого комплекса.

Т.о. комплекс экологических факторов, без которых организм существовать не может – условия существования (жизни) организмов.

2. Классификация экологических факторов.

3 группы экологических факторов:

1) Абиотические – факторы неживой природы – комплекс условий неорганической среды, влияющих на организмы.

а) Химические – химический состав атмосферы, морских и пресных вод, почвы, донных отложений.

б) Физические (климатические) – температура, давление, влажность, освещенность, радиация и т.д.

в) Гидроэдафические – факторы почвы и водной среды.

г) Орографические – рельеф местности, перепады высот и др.

2) Биотические – факторы живой природы – совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на другие, т.е. внутривидовые и межвидовые отношения организмов.

Пример: взаимоотношения типа хищник-жертва, паразит-хозяин, организм как среда обитания, участие в распространении другого организма и т.д.

3) Антропоические – деятельность человека – совокупность влияний деятельности человека на органический мир.

а) Воздействие непосредственно своим существованием (потребность в кислороде, пище, пространстве и т.д.).

б) Воздействие производственной деятельностью (загрязнения, уничтожение живых организмов, создание агроценозов и т.д.).

Влияние антропоических факторов в настоящее время постоянно возрастает.

3. Влияние на организм абиотических факторов.

Абиотические факторы оказывают на организмы прямое и косвенное воздействие. Пример: температура – определяет тепловой баланс животных и растений (прямое воздействие); косвенно влияет на травоядных животных, обеспечивая условия для роста растений.

Эффект воздействия фактора зависит от его дозы. Как избыток, так и недостаток фактора ведет к угнетению жизнедеятельности организма.

Интенсивность экологического фактора, наиболее благоприятная для организма – зона (закон) оптимума; дающая наихудший эффект – зона (закон) пессимума. Границы, за которыми существование организма невозможно – нижний и верхний пределы выносливости.

Для каждого организма (вида) есть свой оптимум условий, т.е. степень выносливости организма к действию фактора. Пример: растения и животные умеренного пояса выносят большие колебания температур, чем растения и животные тропических зон.

Свойство вида (организма) адаптироваться к тому или иному диапазону факторов среды – экологическая валентность (экологическая пластичность).

Экологически непластичные, маловыносливые виды – стенобионтные (узкоспециализированные); более выносливые – эврибионтные (широкоприспособленные).

Виды, приспособленные к широкому колебанию температур – эвритермные, к узкому колебанию температур – стенотермные;

к широкому колебанию солености – эвригалинные, к узкому колебанию солености – стеногалинные;

к широкому диапазону пищи – эврифаги, к узкому диапазону пищи – стенофаги.

4. Совместное действие экологических факторов.

На любой организм оказывается совокупное воздействие экологических факторов – констелляция факторов.

Пример: при оптимальной температуре возрастает устойчивость к неблагоприятному влиянию недостаточности питания; при обилии пищи возрастает толерантность к неблагоприятным климатическим факторам.

Однако, компенсация одного фактора другим ограничена до отклонения фактора от пределов выносливости вида.

Фактор, уровень которого в качественном или количественном отношении оказывается близким к пределам выносливости данного организма – ограничивающий фактор.

Пример: лось в Скандинавии обитает севернее, чем в Сибири, что объясняется ограничивающим фактором температуры (в Сибири зимние температуры значительно ниже, чем в Скандинавии).

Степень ограничивающего действия фактора зависит от стадии развития организма и степени оптимальности других факторов.

Пример: в период размножения все организмы чувствительнее к неблагоприятным условиям, т.е. фактор, являющийся ограничивающим в одних условиях, будет неограничивающим в других.

Правило минимума (закон Либиха):

Вещество, которое находится в минимуме, управляет урожаем и определяет величину и устойчивость последнего, т.е. фактор, имеющий жизненно важное значение, является основным, независимо от его концентрации.

5. Принципы экологической классификации организмов.

1) В соответствии с положением в пищевой цепи:

- а) продуценты – производители органики;
- б) консументы – потребители органики;
- в) редуценты – разрушители мертвых остатков.

2) По размерам:

- а) микробиота – размеры до 3 мм;
- б) мезобиота – от 3 мм до 1 см;
- в) макробиота – от 1 см и выше.

3) По питанию:

- а) растительноядные – фитофаги;
- б) животнойядные - зоофаги:
 - энтомофаги;
 - плотоядные.
- в) сапрофаги – мертвыми остатками растений;
- г) некрофаги – мертвыми остатками животных;
- д) копрофаги – экскрементами;
- е) полифаги – всеядные.

4) Относительно среды обитания:

- а) геобионты – земные обитатели;
- б) гидробионты – водные обитатели;
- в) аэробиионты – воздушные.

ЛЕКЦИЯ 3 ЖИЗНЕННЫЕ ФОРМЫ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ

- 1 Понятие о жизненной форме
- 2 Жизненные формы растений
- 3 Жизненные формы животных

1 Понятие о жизненной форме

Вся совокупность экологических факторов, характеризующих то или иное местообитание, требуют от населяющих его организмов выработки комплекса соответствующих приспособлений. В связи с этим как животные, так и растения приобрели специфические черты, затрагивающие особенности строения, обмена веществ, динамику жизненных процессов и т.д. В этом случае популяции организмов из разных частей ареала могут различаться по ряду морфологических и экологических характеристик. Такие популяции принадлежат к разным экотипам.

Экотип – это совокупность особей любого вида организмов, приспособленная к условиям места обитания и обладающая наследственными признаками, обусловленными экологически. Их оптимум и диапазон толерантности четко соответствуют местным условиям. Некоторые ястребинки, например зонтичная, растущие в лесу, – прямостоячие, высокие. Растения этого же вида с песчаных полей – распростертые, низкие, а экземпляры с песчаных дюн занимают промежуточное положение.

Среди приспособлений живых организмов к среде особую роль играют морфологические адаптации и изменения в наибольшей степени затрагивают те органы, которые находятся в непосредственном контакте с внешней средой. Морфологический тип приспособления животных или растений к основным факторам местообитания и определенному образу жизни называется **жизненной формой**. Жизненные формы определяют приспособленность организмов к комплексу факторов к специфике местообитания.

2 Жизненные формы растений

Существует множество классификаций жизненных форм растений и животных. Среди растений чаще всего используют классификацию, предложенную датским ботаником К. Раункиером (1903 г.). Он выделил 5 жизненных форм растений на основании одного признака – **расположения почек возобновления** относительно земной поверхности

- **фанерофиты** (Ph) – почки и концевые побеги у них расположены на концах ветвей и находятся на некотором расстоянии от земли (выше 30 см). Главным образом это деревья и крупные кустарники;

- **хамефиты** (Ch) – мелкие кустарники, кустарнички и низкорослые суккуленты, у которых почки возобновления расположены низко над поверхностью почвы

(менее 25 см). Почки защищены от действия неблагоприятных факторов близостью к земле. Растения эти преобладают в районах с холодным климатом;

- **гемикриптофиты** (НК) – растения, отмирающие в верхней части при наступлении неблагоприятных условий. Вегетативные почки защищены землей и отмершей листвой. Характерны для холодных влажных областей, например – тундры. Сюда относят большинство многолетних трав;

- **криптофиты** (К) – почки целиком погружены в почву (геофиты) или находятся под водой (гелофиты и гидрофиты) и формируются в луковице, корневище, клубнях;

- **терофиты** (Th) – однолетние травянистые растения, отмирающие при неблагоприятных условиях. Возобновление идет за счет семян.

В последнее время выделяют еще группу **эпифитов** (которую сам К. Раункиер не рассматривал), т.е. растений поселяющихся на других растениях (омела, плющ, хмель и др.).

Существует также классификация жизненных форм покрытосеменных, предложенная И.Г. Серебряковым. Она базируется на эколого-морфологических признаках и в ее основу положен **признак длительности жизни** всего растения, как наиболее отражающий влияние внешних условий на морфогенез и рост, а также структура надземных осей. По этой классификации выделяют:

Отдел А. Древесные растения	Отдел В. Наземные травы
I тип. Деревья	V тип. Поликарпические травы
II тип. Кустарники	VI тип. Монокарпические травы
III тип. Кустарнички	Отдел Г. Водные травы
Отдел Б. Полудревесные	VII тип. Земноводные травы
IV тип. Полукустарники и полукустарнички	VIII тип. Плавающие и подводные травы

3 Жизненные формы животных

Классификация жизненных форм животных более сложна. Для многих групп животных классификация жизненных форм к настоящему времени не разработана. Наиболее часто используются классификация животных, предложенная Д.Н. Кашкаровым (1945), который классифицировал жизненные формы животных по характеру передвижения в разных средах:

I. Плавающие:

1. Чисто водные: а) нектон, б) планктон, в) бентос
2. Полуводные: а) ныряющие, б) неныряющие, в) добывающие пищу из воды.

II. Роющие:

1. Абсолютные землерои (всю жизнь обитают в земле)
2. Относительные землерои (выходят на поверхность).

III. Наземные формы

1. Не делающие нор: а) бегающие, б) прыгающие, в) ползающие
2. Делающие норы: а) бегающие, б) прыгающие, в) ползающие
3. Животные скал.

IV. Древесные лазающие формы:

- а) не сходящие с деревьев, б) лишь лазающие по деревьям.

V. Воздушные формы:

а) добывающие пищу в воздухе; б) высматривающие пищу из воздуха.

Самые широкие спектры жизненных форм принадлежат насекомым. Существует ряд их классификаций. Наиболее часто используется следующая:

1) Геобионты – обитатели почвы. Выделяют более мелкие группы: ризобионты (связаны с корневой системой растений), сапробионты (обитатели разлагающихся органических остатков), копробионты (обитатели навоза), ботробионты (обитатели нор), планофилы (часто и активно передвигающиеся);

2) Эпигеобионты – обитатели открытых участков поверхности почвы. Среди них выделяются: псаммобионты (обитатели песков), петробионты (обитатели каменистых участков), галобионты (жители засоленных участков);

3) Герпетобионты – живут среди растительных и других органических остатков на поверхности почвы (под опавшей листвой, в подстилке).

4) Хортобионты – обитатели травяного покрова.

5) Тамнобионты – обитатели кустарников.

6) Дендробионты – обитатели древесного яруса.

7) Гидробионты – обитатели водной среды.

Более сложна классификация жизненных форм у жуков жужелиц, разработанная И.Х. Шаровой. В ее основу положены не только морфологические признаки отдельных видов, среда их обитания, но и тип питания. Семейство делится на **класс зоофагов** и **класс миксофитофагов** (смешанное питание). В каждом классе выделяются группы и подгруппы в зависимости от того, какую среду предпочитают эти жуки для своего обитания.

ЛЕКЦИЯ 4 АБИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И АДАПТАЦИИ К НИМ ОРГАНИЗМОВ

1. Свет и его значение в жизнедеятельности животных и растений.
2. Температура и адаптации к ней организмов.
3. Влажность и отношение к ней животных и растений.

1. Свет и его значение в жизнедеятельности животных и растений.

Важнейший экологический фактор, обуславливающий фотосинтез (основа жизни на Земле). Более 50% поступающего на Земля света – видимый спектр, менее 50% - инфракрасные лучи (тепло), 1% - УФО (стимулирует обменные процессы, в больших дозах – губительно).

Главное значение – необходимое условие фотосинтеза – образование органической продукции в хлоропластах зеленых растений:



- Влияет на скорость роста и развитие растений;
- Влияет на активность животных;
- Вызывает изменение влажности и температуры среды;
- Является сигнальным фактором, обеспечивающим суточные и сезонные биоциклы.

Световой режим каждого местообитания характеризуется следующими характеристиками:

1) Интенсивность (сила) света – количество энергии, приходящийся на 1 см² горизонтальной поверхности в минуту. Самый интенсивный – прямой свет, но растения более полно используют рассеянный свет.

2) Количество света – суммарная радиация от полюсов к экватору.

3) Количество отражаемого света (альбедо) – выражается в % от общей радиации и зависит от угла падения и свойств отражающей поверхности (снег – 85%, зеленые листья – 10%).

Таблица 1 – Экологические группы растений и животных

	Экологическая группа	Характеристика	Примеры
1	2	3	4
Растения	Гелиофиты (светолюбивые)	имеют мелкие блестящие или густо опушенные листья, расположенные под большим углом,	луговые злаки, растения тундр, эфемеры, большинство культурных растений открытого

		иногда почти вертикально; образуют разряженные насаждения	грунта, многие сорняки
	Сциофиты (теневыносливые)	способны развиваться как при очень большом, так и при малом количестве света	ель, клен, граб, лещина, боярышник, земляника, герань, многие комнатные растения
	Сциофиты (теновые)	отличаются крупными, нежными, подвижными листьями темно-зеленого цвета, характерна так называемая листовая мозаика	зеленые мхи, плауны, кислица, копытень, седмичник, барвинок, майник и др.
Животные	Дневные	активно бодрствуют и охотятся днем. Это самая большая группа животных	булавоусые бабочки, заяц, лось, барсук, горностай и др.
	Сумеречные	животные, активный период суточной жизнедеятельности которых припадает на сумерки (вечерние или утренние)	в первую очередь летучие мыши, козодои, некоторые совы, жуки-навозники, жабы
	Ночные	животные, ведущие ночной образ жизни	большинство сов, бабочки-бражники, некоторые тропические древесные лягушки, хомяки

С влиянием света связано явление **фотопериодизма** – ритмическое изменение морфологических, биохимических и физиологических свойств и функций организмов под влиянием чередования световых и темновых фаз. **Фотопериод** – это длина светового дня. В отличие от других факторов, это величина постоянная для данной местности.

Свет для животных необходим, прежде всего, как условие ориентации. Ориентация на свет осуществляется в результате фототаксисов:

1) **Положительные фототаксисы** – перемещение в сторону наибольшей освещенности;

2) **Отрицательные фототаксисы** – перемещение в сторону наименьшей освещенности.

Кроме того, световой режим влияет на:

- 1) географическое распространение животных;
- 2) ориентацию птиц во время миграций;
- 3) суточную активность животных.

Т.о., свет необходим прежде всего для осуществления фотосинтеза, для животных он имеет информационное значение.

2. Температура и адаптации к ней организмов.

Один из важнейших факторов, определяющих существование и развитие организмов. От температуры окружающей среды зависит температура организмов, а, следовательно, скорость всех химических реакций, составляющих обмен веществ. В основном организмы могут существовать при температуре от 0 до +50°C, что обусловлено свойствами цитоплазмы клеток (если температура живой клетки падает ниже точки замерзания, клетка обычно физически повреждается и гибнет в результате образования кристаллов льда, а в случае слишком высокой температуры, происходит денатурация белков). Верхним температурным пределом жизни является +120-140°C (споры, бактерии), нижним – от -190 до -273°C (споры, семена).

По отношению к температуре организмы условно делят на **криофилов** (обитающих в условиях низких температур) и **термофилов** (обитающих в условиях высоких температур).

Температура – важнейший ограничивающий фактор, т.к. чем выше температура, тем короче время необходимое для развития организма.

Пример: развитие икринок форели начинается при 0°C; при температуре воды +2°C до имаго проходит 205 дней; +5°C – 82 дня; +10°C – 41 день.

Для животных характерно **3 способа приспособлений к изменениям температуры:**

1) Пойкилотермия – неустойчивый уровень обмена веществ, непостоянная температура тела, отсутствие механизмов терморегуляции (насекомые, рыбы, земноводные, пресмыкающиеся). Для этих организмов характерен **пассивный путь** приспособления к неблагоприятным температурам – подчинение жизненных функций ходу внешних температур.

2) Гомойотермия – высокий уровень обмена веществ, в процессе которого осуществляется терморегуляция и обеспечивается постоянная температура тела (птицы, млекопитающие). Для таких организмов характерен **активный путь** приспособления к неблагоприятным температурам – усиление сопротивляемости организма неблагоприятным температурам (развитие регуляторных процессов, позволяющих перенести неблагоприятные температуры).

3) Гетеротермия – промежуточное положение – **избегание неблагоприятных температурных воздействий** – выработка жизненных циклов, при которых стадии развития проходят в благоприятные температурные сезоны года (животные, впадающие в спячку).

У живых организмов различают три механизма терморегуляции: **химическая** (изменение величины теплопродукции за счет изменения интенсивности обмена веществ), **физическая** (изменение величины теплоотдачи) и **этологическая** (избегание условий с неблагоприятными температурами).

Морфологические адаптации животных по отношению к температуре подчиняются нескольким правилам, распространяющимся на организмы, обитающие в разных широтах:

- **правило Бергмана:** по мере удаления от полюсов к экватору размеры близких в систематическом отношении животных с непостоянной температурой тела увеличиваются, а с постоянной – уменьшаются;

- **правило Аллена:** у животных с постоянной температурой тела в холодных климатических зонах наблюдается тенденция к уменьшению площади выступающих частей тела.

3. Влажность и отношение к ней животных и растений.

Вода – основа живой материи. Она обеспечивает протекание в организме процессов метаболизма и нормальное функционирование организма в целом. Одни организмы живут в воде, другие приспособились к постоянному недостатку влаги. 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% связано с белками).

Одной из основных характеристик воды как экологического фактора, а также климата и погоды является **влажность воздуха**. Наибольшее значение в жизни растений и животных имеют **абсолютная** и **относительная влажность** воздуха, а также **дефицит насыщения**.

Абсолютная влажность воздуха (p) – это масса водяного пара в 1 м³ воздуха в граммах (в Беларуси колеблется от 1,5 г/м³ зимой до 14 г/м³ летом.) Обычно она выражается через **упругость водяного пара** (давление водяного пара, которое удерживается в воздухе).

Относительная влажность воздуха характеризует степень насыщения воздуха водяными парами при определенной температуре и показывает в процентах соотношение абсолютной влажности и **максимальной (ps)** (масса водяного пара в граммах, способная создать полное насыщение 1 м³ воздуха).

$$r = p/ps * 100\%$$

В Беларуси среднегодовая относительная влажность воздуха – около 80%, максимальная среднемесячная в ноябре-декабре – 88-90%, минимальная в мае – 65-70%. При тумане она достигает 100%. Максимальное значение относительная влажность имеет перед восходом солнца, минимальное – в 15-16 ч.

Наибольшее значение для организмов имеет **дефицит насыщения** воздуха водяными парами, т. е. разность между максимальной и абсолютной влажностью при определенных температуре и давлении.

$$d = ps - p$$

Дефицит насыщения наиболее четко характеризует испаряющую силу воздуха и для экологических исследований играет особую роль.

По отношению к влажности среди **растений** выделяют следующие экологические группы:

1 Гидатофиты – полностью или большей своей частью погруженные в воду растения. Листовая пластинка у них тонкая, часто сильно рассечена. Имеются плавающие листья с хорошо развитой аэренхимой. Корни сильно редуцированы. Цветки располагаются над водой. Созревание плодов идет под водой. Это обычные водные растения (кувшинка, кубышка, стрелолист, элодея, рдест, валлиснерия).

2 Гидрофиты – наземно-водные растения. Растут по берегам водоемов.

Имеют хорошо развитую проводящую и механическую ткани. Хорошо выражена аэренхима, имеется эпидермис с устьицами (тростник, частуха, рогоз, калужница).

3 Гигрофиты – наземные растения, приуроченные к избыточно увлажненным местообитаниям, где воздух насыщен водяными парами, имеют водяные устьица для выделения воды. Листья часто тонкие. Обводненность тканей высокая. Это рис, росняк, сердечники, подмаренник, чистяк.

4 Мезофиты – растения местообитаний с умеренным увлажнением. В наших условиях это наиболее обширная экологическая группа растений (клевер, ландыш, майник, папоротник орляк, осина, береза, клен, ольха и др.).

5 Ксерофиты – растения, приспособившиеся к местам с засушливым климатом и способные переносить большой недостаток влаги. Способны регулировать водообмен. Среди них выделяют две подгруппы, имеющие разные стратегии приспособления к условиям жизни при дефиците влаги:

а) суккуленты – растения с сильно развитой водозапасающей паренхимой, листьями или стеблями с толстой кутикулой, восковым налетом, погруженными устьицами и неглубокой корневой системой (кактусы, очитки, молочай, молодило);

б) склерофиты – растения, сухие на вид. Листья узкие, иногда свернуты трубочкой, часто сильно опушены. В клетках преобладает связанная вода. Без вредных последствий могут терять до 25% влаги. Сосущая сила корней у этих растений составляет несколько десятков атмосфер (ковыли, полыни, саксаул, верблюжья колючка, оливковое дерево, пробковый дуб).

Животные также подразделяются на ряд экологических групп по отношению к влажности:

1 Гигрофилы – животные, обитающие в переувлажненных участках или по берегам водоемов и болот (озерная лягушка, жабы, выдра, норка, жуки-прицепыши и др.).

2 Мезофилы – животные, обитающие в нормально увлажненных условиях. Как и у растений это наиболее обильно представленные группы животных (лиса, лось, медведь, зяблики, дрозды, большинство жужелиц, дневных бабочек и др.).

3 Ксерофилы – животные, обитающие в аридных условиях. Это, в первую очередь, степные и пустынные виды (страусы, дрофы, вараны, верблюды, жуки-чернотелки, жуки-скакуны, некоторые змеи).

ЛЕКЦИЯ 5 БИОТИЧЕСКИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Одум дает классификацию межпопуляционных взаимодействий. Он обозначил выгоду во взаимодействиях между популяциями – «+», отрицательное влияние популяций друг на друга – «-», нейтральный исход – «0». Виды межпопуляционных взаимодействий:

1) Нейтрализм (0 0) – популяции не оказывают никакого воздействия друг на друга.

2) Конкуренция (- -) – форма взаимодействия популяций, нуждающихся в сходном ресурсе, которого мало. Ресурс: пища, свет, пространство и т.д.

Конкуренция бывает **2 видов**:

а) **симметричная** – оба вида конкурируют одинаково сильно (внутривидовая конкуренция);

б) **асимметричная** – один из видов оказывает более сильное воздействие на другой (межвидовая конкуренция).

Результаты конкуренции:

а) устанавливается равновесие между двумя видами;

б) полное вытеснение одного из видов (если один из видов обладает большей скоростью роста);

в) один из видов подавляется, но не может уйти (численность его низка, как и плодовитость).

Принцип конкурентного исключения Гаузе (1934г.):

Два вида в стабильном сообществе не могут существовать совместно, один из них обязательно будет подавлен или вытеснен.

У растений формой конкуренции может являться способность выделять химические вещества, направленные на подавление конкуренции – **аллелопатические взаимодействия**:

а) микроорганизмы → на микроорганизмы – выделяя **антибиотики**;

б) микроорганизмы → на высшие растения – **маразмины**;

в) высшие растения → на высшие растения – **колины**;

г) высшие растения → на микроорганизмы – **фитонциды**.

У животных – выделение **аттрактантов** (привлекатели) и **репелентов** (отталкиватели).

Таким образом, конкуренция – мощный фактор, который обеспечивает эволюционное развитие вида, а также более эффективное использование в биоценозе различных ресурсов.

3) Хищничество (+ -) – все взаимодействия, при которых одни организмы (хищники) используют в пищу другие (жертвы).

Хищничество – главная сила, обеспечивающая передвижение вещества и энергии в экосистеме.

3 способа классификации хищников:

а) Таксономический:

- энтомофаги – едят беспозвоночных животных;
- плотоядные хищники – едят позвоночных животных;
- растительноядные – растения;
- всеядные.

б) Функциональный:

- **истинные хищники** – убивают за свою жизнь множество жертв (сразу при нападении), поедая ее целиком, либо частично (тигры, волки, божьи коровки, насекомоядные растения, киты-фильтраторы, дафнии, циклопы).

- **пастбищные хищники** – в течение жизни используют большое число жертв, съедая, как правило, часть от них. Чаще вредны, но редко приводят к гибели (травоядные позвоночные, двукрылые насекомые, пиявки).

- **паразиты** – поедают только часть своей жертвы (хозяина), с такими же, как и во втором случае, последствиями. Отличаются тем, что проводят свою жизнь в одной или очень немногих особях, с которыми они живут всю жизнь (печеночная двуустка, ленточные черви, вирус кори, туберкулезная палочка, фитопатогенные грибы, омела, тля и т.д.).

- **паразитоиды** – организмы, ведущие паразитический образ жизни только на стадии личинки (перепончатокрылые и многие виды двукрылых насекомых).

в) По избирательности питания:

- **неспециализированные хищники** – животные, у которых отсутствует или почти отсутствует избирательность питания. Большинство пастбищных хищников (кролики, жвачные копытные). Значение: вследствие безвыборочного питания поддерживается высокое биологическое разнообразие жертв, т.к. снижается конкуренция между разными видами жертв.

- **специализированные хищники** – питаются одним или немногими видами. Жертва определяется ее возможной доступностью. Уничтожаются жертвы больные, травмированные, либо особи низшего ранга, поэтому, эту функцию хищников рассматривают как санитарную.

4) Паразитизм (+ -) – межвидовые отношения, при которых один вид (паразит) использует другого (хозяина) как среду жизни и источник питания.

Паразит живет на одном хозяине или немногих, деля вместе с ним пищу, или питаясь соками хозяина.

Приспособления к паразитизму:

а) наличие защитных покровов (особая кутикула, защищающая от механических и химических воздействий со стороны хозяина);

б) органы прикрепления (присоски, крючья, присасывающие щели);

в) редукция многих систем органов (органы чувств, кровообращения, дыхания, пищеварения и т.д);

г) смена хозяев в жизненном цикле паразита (для расселения);

д) чрезвычайная плодовитость (закон большого числа яиц у паразитов).

5) Комменсализм (нахлебничество) (+ 0) – вид взаимоотношений, когда один из партнеров (комменсал) питается остатками пищи или продуктами выделения другого (хозяина), не причиняя последнему вреда.

Комменсал может использовать хозяина для защиты, средства передвижения, питания за его счет.

Пример: песцы в тундре следуют за белыми медведями, доедая остатки его пищи; многие птицы кормятся на крупных копытных животных.

Если поедание пищи хозяина начинает вредить хозяину, то комменсализм переходит в конкуренцию или паразитизм.

6) Мутуализм (+ +) – форма симбиоза, означающая взаимовыгодное сожительство разных видов.

а) **облигатный мутуализм** – форма взаимодействия, когда оба вида существовать друг без друга не могут.

Пример: лишайники – симбиоз водоросли и гриба; микориза – симбиоз высших растений и грибов.

б) **факультативный мутуализм** – виды извлекают обоюдную пользу, но могут существовать и друг без друга.

Пример: муравьи и тли.

7) Синойкия (квартиранство) (+ 0) – совместное проживание организмов разных видов, полезное для одного и безразличное для другого.

Один из организмов использует другой как субстрат для заселения, средство перемещения.

Пример: рыбы-прилипалы на теле акулы.

Виды синойкии:

а) **эпойкия** – поверхностное размещение более мелких организмов на телах более крупных. Пример: кишечнорастворимые располагаются на раковинах моллюсков.

б) **энтоякия** – мелкие организмы размещаются внутри крупных. Пример: мелкие коралловые рыбки живут в полости коралловых полипов.

У растений поверхностное размещение одних видов на других – эпифитность – мхи и лишайники размещаются на телах высших растений.

ДЕМЭКОЛОГИЯ (ПОПУЛЯЦИОННАЯ ЭКОЛОГИЯ) ЛЕКЦИЯ 6 УЧЕНИЕ О ПОПУЛЯЦИЯХ

- 1 Понятие о популяции, классификация популяций
- 2 Статические характеристики популяции
- 3 Динамические характеристики популяции
- 4 Экологические стратегии популяций
- 5 Регуляция численности популяций
- 6 Структура популяций

1 Понятие о популяции, классификация популяций

Прежде чем вести разговор о популяции необходимо дать определение понятию «вид». **Видом** называют совокупность особей, обладающих наследственным сходством морфологических, физиологических и биохимических особенностей, способных к скрещиванию с образованием плодovитого потомства, приспособленных к определенным условиям жизни и занимающих в природе определенную область (ареал). В пределах ареала особи вида распределены не равномерно, а группами – **популяциями**. Общая целостность вида поддерживается связями между различными популяциями.

Таким образом, **популяция** – это совокупность особей одного вида, способных к самовоспроизводству, которая длительно существует в определенной части ареала относительно обособленно от других совокупностей того же вида. Связи между популяциями в пределах ареала обуславливаются **панмиксией** – свободное скрещивание между особями как внутри популяции, так и между соседними популяциями. Таким образом, чем выше уровень панмиксии между особями соседних популяций, тем выше целостность вида.

Существует масса подходов к классификации популяций: по размерам, степени генетической самостоятельности, длительности существования, способу размножения особей и др. Кратко рассмотрим основные из них.

1) По размерам территории занимаемой популяцией и степени связи между

особями (Наумов):

- **элементарная (локальная)** – наименьшая (элементарная) группировка особей, характеризующаяся практически полной панмиксией. Например, зяблики, обитающие в одной березовой роще, популяция белки в парке им. Луначарского.

- **экологическая** – совокупность пространственно смежных элементарных популяций. Например, зяблики, которые живут в близлежащих зеленых насаждениях, белки смешанных лесов Гомельской области.

- **географическая** – совокупность групп пространственно смежных экологических популяций. Например, зяблики всей лесной зоны, белки европейской и азиатской тайги.

2) По способности к самовоспроизведению выделяют:

- **перманентные** (постоянные) – популяции, относительно устойчивые в пространстве и во времени, способные к неограниченно длительному самовоспроизведению, являющиеся элементарными единицами эволюции.

- **темпоральные** (временные) – популяции, неустойчивые в пространстве и во времени, неспособные к длительному самовоспроизведению, с течением времени либо преобразуются в перманентные, либо исчезают.

3) По способу размножения популяции делят на:

- **панмиктические** – состоят из особей, размножающихся половым путем, для которых характерно перекрестное оплодотворение.

- **клональные** – состоят из особей, для которых характерно только бесполое размножение.

- **клонально-панмиктические** – образованы особями с чередованием полового и бесполого размножения.

2 Статические характеристики популяции

Статические (пространственные) – описывают состояние популяции в какой-то определённый момент времени: **численность, плотность, пространственное распределение (дисперсия)**. Демонстрируют текущее состояние популяции, на данный момент времени.

1. Численность – это абсолютное или относительное число особей в популяции. Численность популяции может изменяться с течением времени, существенно зависит от биотического потенциала вида и внешних условий.

Методы изучения численности особей в популяции:

а) простой подсчёт всех особей (при изучении популяции растений или оседлых животных);

б) метод мечения или кольцевания: при отлове часть особей намечают и выпускают обратно. Затем проводят повторный отлов и устанавливают долю, которую составляют меченые особи от общего числа пойманных. По величине доли устанавливают численность популяции.

в) закладка пробных учётных площадок: подсчитывают число особей на площадке, и данные экстраполируются на всю территорию.

2. Плотность – это число особей или биомасса популяции, приходящаяся на единицу площади или объема.

Различают:

а) **средняя плотность** – количество особей на единицу всего пространства.

б) экологическая плотность – количество особей на единицу обитаемого пространства. Пример: в период зимовки средняя плотность популяции щуки в озере низка, однако её экологическая плотность в зимовальной яме (глубокий участок озера, где зимует щука) очень высока.

3. Пространственное распределение (дисперсия) – выражает характер распределения особей в пределах ареала. Она зависит от ряда причин, но в большей степени от особенностей окружающей среды и поведения вида. Различают 3 типа дисперсии особей в популяциях:

а) Случайное распределение – организмы распределяются в однородной среде с большим или меньшим постоянством условий. Пример: популяция свободноживущих нематод донных илов, являющихся гомогенной (однородной) средой, популяция личинок мучного хрущака в муке.

б) Групповое (пятнистое) распределение – размещение особей обусловлено мозаичностью экологических условий среды («пятнистость среды»). Пример: косяки рыб, колонии птиц, стада копытных, земляничная поляна на опушке леса.

Самый распространённый тип, так как особи концентрируются в месте с оптимальными экологическими условиями, что повышает их выживаемость, активность, плодовитость и т.д. – **эффект группы**.

в) Регулярное (равномерное) распределение – наблюдается при высокой степени антагонизма особей, то есть когда особи не выносят соседства другой особи.

Пример: размещение светолюбивых растений в лесу, территориальность у хищников (медведи и кошачьи метят свои территории, не допуская наличия конкурентов).

3 Динамические характеристики популяции

Динамические (временные) – характеризуют процессы, протекающие в популяции за некоторый промежуток времени: рождаемость, смертность, скорость роста.

1. Рождаемость – число особей рождённых в популяции за некоторый промежуток времени (час, день, месяц, год). Характеризует скорость естественного восполнения популяции за счет размножения. Различают следующие **виды рождаемости**:

а) Максимальная рождаемость (физиологическая) – теоретический максимум скорости образования новых особей в идеальных условиях среды. Она связана с понятием **биотический потенциал** – время захвата видом всей поверхности Земли при условии 100% выживаемости потомства.

Пример: для бактерий – 1 сутки, для водорослей – 16 суток, для мухи – 366 суток, для слона – 376000 суток.

В реальных условиях максимальная рождаемость невозможна, так как лишь небольшая доля особей доживает до репродуктивного возраста.

б) Экологическая (реализованная) рождаемость – увеличение численности популяции при фактических специфических условиях среды.

Она бывает **2-х типов**:

- **абсолютная рождаемость** – число особей родившихся за определённое время в популяции.

Пример: в городе 100000 населения, родилось 8000 новорожденных, следовательно, абсолютная рождаемость = 8000 тысяч человек в год.

- **удельная рождаемость** – число особей родившихся за определённое время, рассчитанных на одну особь в популяции.

Пример: удельная рождаемость для этого же города – 0,08 (8%).

2. Смертность – количество особей, погибших в популяции за определенный период.

Смертность изменяется в зависимости от условий среды, возраста и состояния популяции и выражается чаще в виде относительной величины – доли особей (от исходного количества), погибших за определенное время. Смертность может быть минимальной и экологической (реализованной). **Минимальная смертность** представляет собой гибель особей в идеальных для популяции условиях существования (в отсутствие ограничивающих факторов). **Экологическая смертность** – это гибель особей в реальных условиях существования.

Существует **3 типа смертности**, которым соответствуют определенные кривые выживаемости (рисунок):

Кривая I типа свойственна организмам, смертность которых на протяжении всей жизни незначительна, но возрастает в ее конце. Идеальная кривая для выживаемости популяции, в которой лишь старение служит главным фактором, влияющим на смертность (например, популяции лабораторных животных в идеальных условиях, люди в развитых странах, некоторые крупные млекопитающие) Это так называемая «**кривая дрозофилы**».

Кривая II типа характерна для видов, у которых смертность остается примерно постоянной в течение всей жизни. Это могут быть растущие популяции в оптимальных условиях среды (например, популяции высокоорганизованных птиц, млекопитающих). Это «**кривая гидры**».

Кривая III типа отражает массовую гибель особей в начальный период жизни, причем смертность постоянна в течение всей жизни организмов. Главный фактор, определяющий смертность, – случай («популяция стеклянных стаканов в кафетерии»). Такая кривая характерна для большинства популяций растений и животных (например, многие рыбы, беспозвоночные, растения и другие организмы, не заботящиеся о потомстве, и выживающие за счет огромного количества икринок, личинок, семян и т.п.). Это «**кривая устрицы**».

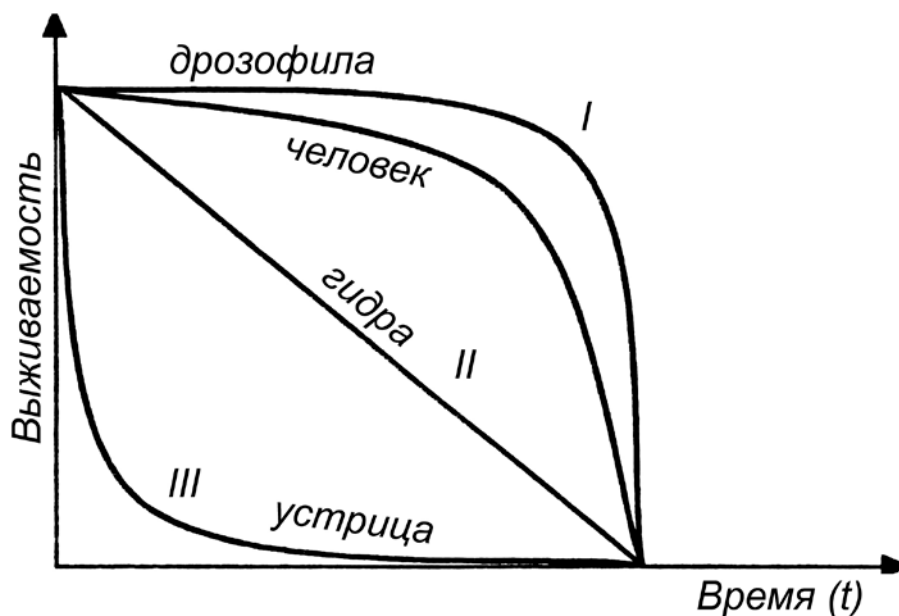


Рисунок – Кривые выживаемости

Изучение смертности имеет важное значение для определения степени уязвимости популяций вредителей народного хозяйства.

3. Скорость роста популяции – это изменение численности популяции в единицу времени. Она может быть либо положительной, либо нулевой, либо отрицательной и зависит от показателей рождаемости, смертности и миграции особей. Различают абсолютную и удельную скорость роста популяции:

а) **абсолютная (общая) скорость роста** – выражается изменением численности популяции за промежуток времени;

б) **удельная скорость роста** – отношение скорости роста к исходной численности.

Скорость роста может быть выражена в виде кривой роста популяции (рисунок).

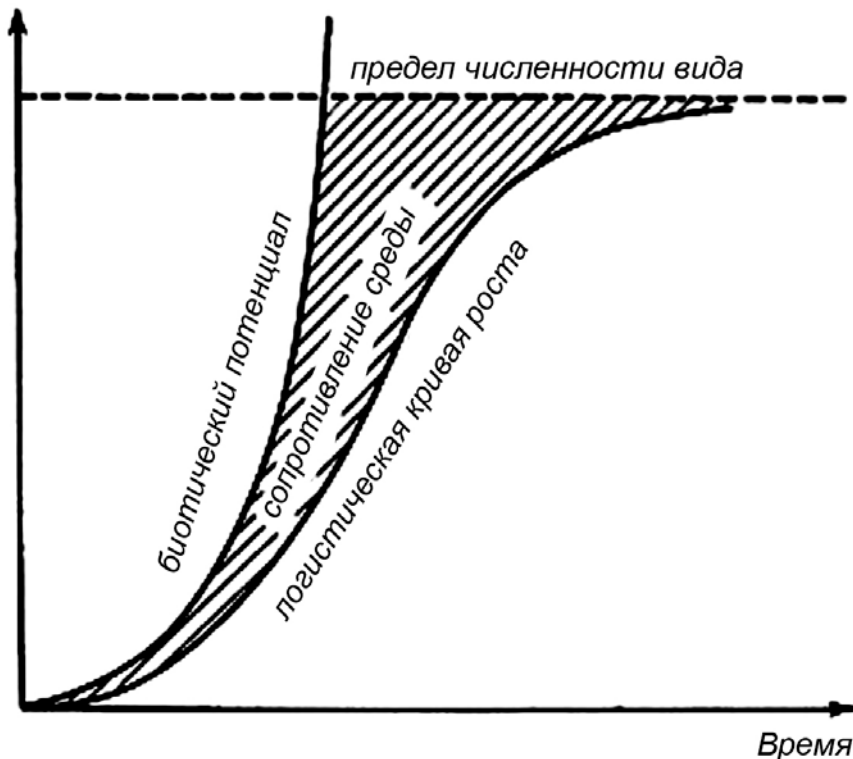


Рисунок – Кривые роста популяции

Существует две основные модели роста популяции:

- **J-образная кривая** – отражает неограниченный экспоненциальный рост численности популяции, не зависящий от плотности популяции. Подобный рост популяций иногда наблюдается в природе: «цветение» воды в результате бурного развития фитопланктона, вспышка массового размножения некоторых вредителей, рост бактерий в свежей культуре. Однако это происходит непродолжительное время, так как после превышения емкости среды неизбежно произойдет резкое снижение численности.

- **S-образная (сигмоидная, логистическая) кривая** – отражает логистический тип роста в реальных экологических условиях, зависящего от плотности популяции, при котором скорость роста популяции снижается по мере роста численности (плотности). Сначала рост популяции невелик, но затем он нарастает, но через некоторое время замедляется и выходит на плато (рисунок).

4 Экологические стратегии популяций

Экологические стратегии популяций – это общая характеристика роста и размножения в пределах данной популяции. В 1938 году русский ботаник Леонтий Григорьевич Раменский выделил три основных типа стратегий выживания среди растений:

- **виоленты** – подавляют всех конкурентов. К ним относятся деревья, тростники, сфагновые мхи, доминирующие на заболоченных территориях;
- **пациенты** – виды, способные выжить в неблагоприятных условиях («тенелюбивые», «сухолобивые», «солелюбивые» и т.п.);
- **эксплеренты** – виды, способные быстро появляться там, где нарушены коренные сообщества, – на вырубках и гарях (кипрей, осины, березы), на отмелях и т.д.

На основании скорости роста популяций, рождаемости, смертности и прочих характеристик выделяют **несколько экологических стратегий популяций**:

а) r-стратеги (r-виды, r-популяции) – популяции из быстро размножающихся, но менее конкурентоспособных особей. Имеют J-образную (экспоненциальную) кривую роста численности. Такие популяции быстро расселяются, но они малоустойчивы и быстро погибают. К ним относятся бактерии, тли, однолетние растения и др.

б) k-стратеги (k-виды, k-популяции) – популяции из медленно размножающихся, но более конкурентоспособных особей. Имеют S-образную кривую роста численности. Такие популяции населяют стабильные местообитания. К ним относятся птицы, млекопитающие, деревья и др.

5 Регуляция численности популяции

– это равновесие между рождаемостью и смертностью в популяции. Это равновесие лимитируется ограничивающими факторами: пища, свет, наличие территорий для существования.

Существуют **2 теории**, объясняющие регуляцию численности:

1) Равновесие между рождаемостью и смертностью обусловлено **факторами, не зависящими от плотности популяции**. Известно, что воздействие некоторых абиотических и антропогенных факторов затрагивает различные популяции, независимо от численности особей и состояния последних. **Факторы**: пожар, резкие изменения погоды, антропогенное загрязнение.

Пример: пожар в лесу уменьшает численность особей и в стабильных популяциях с высокой численностью, и в угнетённых популяциях.

2) Равновесие между рождаемостью и смертностью обусловлено **факторами, зависящими от плотности популяции**. Эти факторы, прежде всего, являются биотическими. Эта теория объясняется тем, что смертность зависит от численности особей в популяции. Чем выше численность (плотность) особей, тем выше риск гибели, так как при высокой плотности особей усиливается конкуренция между ними, уменьшается пространство для жизнедеятельности и т.д. Примеры таких факторов:

а) перенаселённость – увеличивается фактор беспокойства, конкуренции между особями за ресурсы, снижается подвижность и так далее.

Пример: в популяции крысы в лабораторных условиях при перенаселении возрастают случаи каннибализма, растёт агрессивность, снижается число спариваний, следовательно, численность популяции падает.

б) территориальное поведение – на состояние популяции влияют особенности поведения животных.

Пример: для хищных птиц характерен захват определённой территории для охоты. Увеличение численности хищных птиц вызывает нехватку территорий, следовательно, возрастает гибель птиц из-за конкуренции, следовательно, численность популяции снижается.

В целом, в зависимости от численности особей в них, популяции делятся на:

а) постоянные (стабильные) – численность постоянна на протяжении долгого периода;

б) циклические (нерегулярные) – численность закономерно колеблется по сезонам, годам.

6 Структура популяций

Каждая популяция характеризуется определенной **структурой**, т.е. – соотношением групп особей по полу, возрасту, размеру, генотипу, распределением особей по территории и т.д. На основании этого выделяют несколько **популяционных структур**:

1. Половая структура (половой состав) – соотношение особей мужского и женского пола в популяции. Характерна только для популяций раздельнополых организмов. Различают первичное, вторичное и третичное соотношения. **Первичное соотношение** – соотношение, наблюдаемое при формировании половых клеток (гамет). Обычно оно равно 1:1. Такое соотношение обусловлено генетическим механизмом определения пола. **Вторичное соотношение** – соотношение, наблюдаемое при рождении. **Третичное соотношение** – соотношение, наблюдаемое у взрослых половозрелых особей.

2. Возрастная структура (возрастной состав) – соотношение в популяции особей разных возрастных групп. Возрастной состав бывает абсолютный и относительный. **Абсолютный возрастной состав** выражает численность определенных возрастных групп в конкретный момент времени. **Относительный возрастной состав** выражает долю или процент особей данной возрастной группы по отношению к общей численности популяции. В зависимости от способности особей к размножению различают **три группы**:

а) Предрепродуктивный возраст:

Особи не размножаются. Длительность – от нескольких минут (микроорганизмы) до десятков лет (деревья). В этом периоде организмы наиболее уязвимы и гибель их вызывает резкое снижение численности популяций, так как особи пока не оставили после себя потомства.

Правило стабильности популяции: для того, чтобы численность популяции оставалась на стабильном уровне, необходимо, чтобы до репродуктивного возраста дошли как минимум 2 потомка от каждой пары особей.

б) Репродуктивный возраст:

Это стадия, когда вид способен размножаться. Как правило, самый непродолжительный период, так как на его протяжении необходимо благоприятное сочетание многих экологических факторов. Это единственный период, когда численность популяции может возрастать.

в) Пострепродуктивный возраст:

Это обычно самый короткий период, так как особи, оставив после себя потомство, теряют свою значимость в популяции. Их выживаемость и жизненные функции снижаются, вероятность смертности высока.

3. Генетическая структура - соотношение в популяции различных генотипов и аллелей. Чаще всего определяется при помощи закона Харди-Вайнберга. Однако его нужно использовать с осторожностью, так как в реально существующих популяциях его проявление не всегда соответствует действительности.

4. Этологическая (поведенческая) структура

Этология – наука о закономерностях поведения животных.

Система взаимоотношений между особями одной популяции называется **этологической (поведенческой) структурой популяции**.

Поведение животных по отношению к другим особям популяции зависит, прежде всего, от образа жизни свойственного виду:

1) Одиночный образ жизни – это независимое и обособленное друг от друга существование особей в популяции. Проявляется на определённых стадиях их жизненного цикла, так как по одиночке существование животных не возможно, поэтому у видов с одиночным образом жизни образуются места скопления в местах размножения и зимовок.

2) Групповой образ жизни:

а) Семейный образ жизни

Семьи по характеру ухода за потомством бывают:

- **отцовские** – уход за потомством осуществляет самец;
- **материнские** - уход за потомством осуществляет самка;
- **смешанного типа**

б) Колониальный образ жизни:

Колонии – групповые поселения оседлых животных, которые могут существовать длительно или возникают в период размножения.

Различают:

1. Простое территориальное скопление одиночных форм.
2. Сплошное объединение, где отдельные особи выполняют разные функции видовой жизни (муравейник): защита, обеспечение кормом себя и потомства, строительство убежищ, разведка и нахождение корма.

в) Стайный (стадный) образ жизни:

Стаи – временные объединения животных, которые проявляют биологически полезную организованность действий. Выполняемые функции: защита от врагов, добыча корма, миграции и так далее.

По способам координации действий различают:

1. Эквипотенциальные стаи – без доминирования отдельных особей (рыбы, мелкие птицы, саранча).
2. Стая с лидером. В ней животные ориентируются на поведение одной или нескольких наиболее опытных особей (крупные птицы, млекопитающие). Основа – доминированное подчинение, основанное на индивидуальных отличиях между особями. Наиболее сильный и опытный – лидер, на действия которого ориентируются и подражают другие особи.

3. Стадо с вожаком. Вожак, в отличие от лидера, руководит стадом угрозами, специальными сигналами, прямым нападением.

Ранг каждой особи в стае определяется многими причинами: возраст, физическая сила, наследственные качества. Подчинение чаще всего идёт в иерархическом порядке (самцы → самки → детёныши).

СИНЭКОЛОГИЯ (ЭКОЛОГИЯ СООБЩЕСТВ И ЭКОСИСТЕМ) ЛЕКЦИЯ 7 УЧЕНИЕ О БИОЦЕНОЗАХ

1. Понятие и признаки биоценоза, биогеоценоза и экосистемы.
2. Отношения между видами в биоценозах.
3. Структура биоценоза.
4. Динамика и развитие сообществ.
5. Классификация биоценозов и экосистем.
6. Свойства биоценозов.

1. Понятие и признаки биоценоза, биогеоценоза и экосистемы.

Биоценоз – любая совокупность организмов различных видов, существующая в одном и том же местообитании и взаимодействующая посредством пищевых (трофических) и пространственных взаимоотношений.

Признаки сообщества:

- 1) Устойчивая, саморегулирующаяся система, возникающая из готовых частей, имеющих в окружающей среде;
- 2) Характеризуется разнообразием видов, составляющих биоценоз;
- 3) Характеризуется неравномерностью распределения видов по экологическим нишам;
- 4) Части сообщества заменимы (один вид или комплекс видов может заменить место другого со сходными экологическими требованиями без ущерба для всей экосистемы);
- 5) Сообщества основаны на количественной регуляции численности одних видов другими;
- 6) Характеризуется долголетием своего существования.
- 7) Сообщества имеют расплывчатые границы, иногда неуловимо переходя одно в другое.

Биоценоз (сообщество) + биотоп (окружающая среда) = биогеоценоз (экосистема). Термин биоценоз ввел в 19 веке К. Мёбиус; учение о биогеоценозах – Сукачев (1940г.); об экосистемах – Тенсли (1935г.).

В 1935 г. английский ботаник Артур Тенсли предложил термин «**экосистема**» в качестве основной структурной единицы экологии. Под **экосистемой** понимают любую совокупность совместно обитающих живых организмов и условий их существования, объединенную в единое функциональное целое.

Экосистема представляет собой природный комплекс, образованный живыми организмами (сообщество, биоценоз) и средой их обитания. Экосистема – основная функциональная единица экологии, представляющая собой единство биотических компонентов с абиотической средой, организованное потоками энергии и биологическим круговоротом веществ. Это фундаментальная общность живого и среды его обитания. Т.е. экосистема представляет собой функциональное единство

живых организмов (животные, растения, грибы, микроорганизмы) и среды их обитания (климат, почва, вода).

Понятие «экосистема» можно применить к объектам различной степени сложности и разного размера. Это может быть частичка почвы и капля воды, кочка на болоте и само болото, лужа, озеро и океан, луг, лес, Земля в целом. Таким образом, каждая конкретная экосистема может характеризоваться определенными границами (экосистема елового леса, экосистема низинного болота). Однако само понятие «экосистема» является безранговым, обладает признаком безразмерности, ей не свойственны территориальные ограничения.

Термин «биогеоценоз» (био... + гео... + греч. *koinos* – общий) ввел в 1940 г. академик В.Н. Сукачев. По В.Н. Сукачеву, **биогеоценоз** – это элементарная ячейка насыщенных организмами слоев биосферы, маркируемая фитоценозом – растительным сообществом. Это эволюционно сложившаяся, относительно пространственно ограниченная, внутренне однородная природная система живых организмов и абиотической среды, в которой происходит постоянный обмен веществом и энергией.

Любой биогеоценоз состоит из двух главных компонентов:

- биологической составляющей (живая компонента);
- небиологической (географической) составляющей (неживая компонента).

Живая компонента, или **биоценоз (сообщество)** включает четыре основных функционально связанных частей:

- а) **фитоценоз** – растительное сообщество (автотрофные организмы, продуценты);
- б) **зооценоз** – животное население (гетеротрофы, консументы)
- в) **микоценоз** – грибы (гетеротрофы, редуценты);
- г) **микробоценоз** – различные микроорганизмы, представленные бактериями, простейшими (редуценты).

Неживая, абиотическая, часть биогеоценоза (**биотоп**) складывается из таких компонентов, как:

- а) **климатоп** – совокупность климатических факторов данной территории;
- б) **эдафотоп** – почва;
- в) **гидротоп** – гидрологические факторы.

Биогеоценоз и экосистема – понятия сходные, но не одинаковые. Важно понять, что каждый биогеоценоз является экосистемой, но не каждая экосистема соответствует биогеоценозу, хотя в основе обеих формулировок лежит принцип единства живых и неживых компонентов биологических систем.

Понятия экосистема и биогеоценоз совершенно тождественны только для таких природных образований, как, например, лес, луг, болото, поле: лесной биогеоценоз = лесная экосистема; луговой биогеоценоз = луговая экосистема и т.п. Для природных образований, меньших или больших по объему, нежели фитоценоз, либо там, где фитоценоз выделить нельзя, применяется только понятие «экосистема». Например, кочка на болоте – экосистема, но не биогеоценоз; текущий ручей – экосистема, но не биогеоценоз. Точно также только экосистемами являются море, тундра, влажный тропический лес и т.п. В тундре, в лесу можно выделить не один фитоценоз, а множество. Поэтому это, по сути, совокупность фитоценозов, представляющих более крупное образование, нежели биогеоценоз.

2. Отношения в биоценозах.

В биоценозе виды вступают между собой в многочисленные отношения, определяющиеся требованиями их к условиям жизни в сообществе.

Экологическая ниша – то положение вида, которое он занимает в общей системе биоценоза, комплекс его биоценологических связей и требований к абиотическим факторам среды.

Беклемишев выделил **4 типа отношений** в сообществах:

1) **Трофические отношения** – один вид питается другими (живыми особями или их останками);

2) **Топические отношения** – характеризуют любое изменение физических или химических условий обитания одного вида в результате жизнедеятельности другого. *Например*: создание одним видом среды для другого (использование нор одного вида другим без принесения вреда);

3) **Форические отношения** – это участие одного вида в распространении другого. Перенос животными спор, семян, пыльцы растений – зоохория. Перенос животными более мелких животных – форезия (пассивная и активная);

4) **Фабрические отношения** – тип биоценологических связей, в которые вступает вид, используя либо мертвые останки, либо живых особей другого вида, для строительства жилищ, убежищ и т.д. (птица для построения гнезда использует траву и листья, шерсть и пух).

3. Структура биоценоза.

1. Видовая структура биоценоза

Каждый биоценоз можно описать, основываясь на совокупности составляющих его видов. Одни биоценозы слагаются преимущественно из животных, как, например биоценоз кораллового рифа. В других биоценозах (лесных) главную роль играют растения: биоценоз елового, березового, дубового леса. Степень насыщенности видами в различных биоценозах разная. *Например*, во влажных тропических лесах, в Малайзии, на 1 га леса можно насчитать до 200 видов древесных пород. Биоценоз соснового леса в условиях Беларуси может включать максимум до десяти видов деревьев на 1 га, а на севере таежной области, на такой же площади, присутствуют 2-5 видов.

Наиболее простым показателем видовой разнообразия биоценоза является общее число видов – **видовое богатство**. Если какой-либо вид растения (или животного) количественно преобладает в сообществе (имеет большую биомассу, продуктивность, численность или обилие), то такой вид называется **доминантным**, или **доминирующим видом**. Доминантные виды есть в любом биоценозе. Если численность вида высока, но не настолько как у доминанта, то такие виды являются **субдоминантами**. Более редкие виды – **реценденты** и **субреценденты**.

Видовое разнообразие сообщества (число видов, встреченное в определенном местообитании) носит название **альфа-разнообразие**. Для измерения альфа-разнообразия предложено множество показателей:

а) **информационное разнообразие, или индекс Шеннона**

$$H' = -\sum(n_i/N)\log(n_i/N),$$

где n_i – число особей i -го вида; N – общее число особей всех видов в сообществе.

Индекс показывает общее разнообразие и представленность видов их особями в сообществе. Обычно укладывается в интервал от 1,5 до 3,5 (чем выше, тем более широко сообщество представлено видами).

б) концентрация доминирования, или индекс Симпсона

$$C = \sum (n_i/N)^2,$$

где n_i – число особей i -го вида; N – общее число особей всех видов в сообществе.

Является показателем общего доминирования в сообществе, обратно пропорционален предыдущему индексу. Изменяется в диапазоне от 0 до 1 (чем он выше, тем меньшее число видов доминируют в сообществе). Высокий показатель может свидетельствовать об устоявшемся биоценозе со стабильной видовой структурой.

в) выравненность по Пиелу

$$e = H' / \log S,$$

где H' – индекс Шеннона, S – число видов в сообществе.

Показывает насколько виды в равной доле представлены особями. Изменяется в пределах от 0 до 1. Чем он больше, тем выше показатель нарушенности биоценоза или свидетельствует о том, что сообщество находится на стадии формирования.

Для сравнения видового состава двух сообществ между собой используются следующий показатель:

а) коэффициент видовой общности сообществ (коэффициент Жаккара)

$$K_g = C / ((A+B)-C),$$

где A – число видов в 1-м сообществе, B – число видов во 2-м сообществе,
 C – число видов, общих на обоих сообществах:

0,65-1,0	-	Полное сходство	0,2-0,39	-	Низкое сходство
0,4-0,64	-	Высокое сходство	< 0,2	-	Сходства нет

Разнообразие сообществ носит название **бета-разнообразие**. **Бета-разнообразие** – это степень изменчивости флористического состава сообществ вдоль градиентов ведущего фактора (изменение климата, увлажнения, высоты над уровнем моря и т.п.). Для его оценки можно использовать результаты классификации данного региона и оценить бета-разнообразие числом установленных типов сообществ.

И, наконец, существует еще один способ оценки разнообразия сообществ. Все видовое богатство региона, слагающееся из альфа и бета-разнообразия называется **гамма-разнообразие**. **Гамма-разнообразие** – это видовое разнообразие ландшафтов, которые слагаются из разнообразных сообществ.

2. Пространственная структура биоценоза

Пространственная структура биоценоза включает его вертикальную и горизонтальную структуры.

Вертикальная структура биоценоза образована отдельными его элементами, особыми слоями, которые называются ярусами. **Ярус** – совместно произрастающие группы видов растений, различающиеся по высоте и по положению в биоценозе ассимилирующих органов (листья, стебли, подземные органы – клубни, корневища, луковицы и т.п.). Как правило, разные ярусы образованы разными жизненными формами. Наиболее четко ярусность выражена в лесных биоценозах. Рассмотрим в качестве примера ярусы смешанного леса:

1 ярус: формируют **высокие деревья** с высоко расположенной листвой, которая хорошо освещается солнцем.

2 ярус: формируют **средние деревья** (подпологовый ярус). Поглощают неиспользованный 1-ым ярусом свет.

3 ярус: формируют **подлесок** (кустарники и кустарниковые формы древесных пород). Поглощают оставшиеся около 10% солнечной радиации.

4 ярус: формируют **подрост** (молодые невысокие (от 1 до 3-5 м) дерева, которые в будущем, в перспективе, смогут выйти в первый ярус).

5 ярус: формируют растения травяного покрова (**лесные травы и кустарнички:** ландыш, кислица, земляника, брусника, черника, папоротники).

6 ярус: формируют напочвенный слой **мхов и лишайников**.

Ярусов может быть меньше (например, отсутствуют кустарники), или больше (в сложных смешанных древостоях с несколькими древесными породами). В состав ярусов не включают лианы, эпифиты (растения, проживающие на других растениях, но не являющиеся паразитами, например мхи и лишайники на стволах деревьев), а также растения-паразиты, которые выделяются в группу **внеярусной растительности**, поскольку затруднительно отнести их какому-либо конкретному ярусу.

Особи живых организмов распределены в пространстве неравномерно. Обычно они составляют группировки, что является приспособительным фактором в их жизни. Такие группировки определяют **горизонтальную структуру биоценоза**, т.е. горизонтальное распределение особей видов, образующих различного рода узорчатость, мозаичность, пятнистость каждого вида.

К элементарным единицам горизонтального строения растительных сообществ относятся такие структурные единицы, как **микроценоз**, или **синузия**, **микрोगруппировка** и **парцелла**.

Микроценоз (от греч. «микрос» – малый и «койнос» – общий) – наименьшая по размерам структурная единица горизонтального расчленения сообщества, которая включает все ярусы, обособленная в вертикальном направлении от других, окружающих ее микроценозов этого же сообщества и характеризующаяся определенным составом, структурой, динамикой и обладающая некоторой целостностью.

Микрोगруппировка – сгущение особей одного или нескольких видов в пределах яруса, внутриярусные мозаичные пятна. Иногда термины «микроценоз» и «микрोगруппировка» употребляются как синонимы.

Парцелла – это структурная часть в горизонтальном расчленении биоценоза, отличающаяся от других частей составом и свойством компонентов. Парцеллу выделяют по ведущему элементу растительности (например, участки широколиственных деревьев в хвойном лесу).

4. Динамика и развитие сообществ.

Биоценоз (сообщество организмов разных видов) динамичен, т.е. в нем происходят постоянные изменения в условиях жизнедеятельности его особей и в соотношении их численности.

1) Циклические изменения – изменения, характеризующиеся суточной, сезонной и многолетней периодичностью условий жизнедеятельности сообщества.

а) Суточные изменения – изменения состояния активности организмов, составляющих биоценоз. Выражаются тем сильнее, чем значительнее разница температур, влажности и др. факторов среды днем и ночью. *Пример:* животные пустынь активны ночью, когда жара спадает.

б) Сезонные изменения – изменения не только состояния активности, но и количественного соотношения особей. Зависят от сезонных миграций, отмираний и т. д. *Пример:* летом численность организмов в сообществе значительно выше, чем зимой.

в) Многолетние изменения – зависят от изменений по годам метеорологических условий, степени разлива рек, вспышек размножения или массового мора животных или растений и т.д. *Пример:* вспышка численности паразита, происходящая один раз за несколько лет, приводит к снижению численности особей вида-жертвы.

2) Пространственные изменения – в конечной степени приводят к смене одного сообщества другим, с иным свойством видов.

а) Экзогенетические смены – изменения, причиной которых являются внешние причины, не зависящие от процессов, протекающих внутри сообщества. *Пример:* при изменении внешних климатических условий (потепление климата, изменение влажности) биоценоз луга → биоценоз степи → биоценоз пустыни.

б) Эндогенетические смены – изменения, возникающие в результате процессов, происходящих внутри сообщества. *Пример:* при вспышке численности насекомых-фитофагов биоценоз луга может превратиться в биоценоз пустыни.

в) Дегрессионные смены – связаны с упрощением, обеднением биоценоза. Обычно связаны с антропоической деятельностью. *Пример:* образование сообщества техногенной пустоши близ крупных промышленных предприятий.

Развитие биоценозов связано с понятием **сукцессия** – последовательное замещение биоценозов в каком-либо местообитании в ходе закономерного продвижения сообщества к устойчивому состоянию.

Различают:

а) первичные сукцессии – освоение живыми организмами тех местообитаний, которые никогда ранее не были заселены жизнью.

Пример: лишайники и водоросли – пионерные организмы на выгоревшем участке почвы, на застывшей вулканической лаве, обнажившейся горной породе;

б) вторичные сукцессии – возникновение в нарушенных местообитаниях организмов, которые являются наиболее устойчивыми в данных сообществах.

Пример: восстановления сообщества леса на выгоревшем участке, зарастание растительностью заиленного пруда, зарастание лесом заброшенного поля.

Т.о. **результат сукцессии** – формирование **климаксного сообщества**, т.е. такого сообщества, которое является наиболее оптимальным для данного местообитания.

5. Классификация биоценозов и экосистем.

I. По типу среды:

- 1) Наземные;
- 2) Пресноводные;
- 3) Морские.

II. По размерам и составу видов:

- 1) Биомы;
- 2) Ассоциации;
- 3) Синузии.

1) *Биома* – однородное сообщество, не зависящее от состава растительности, занимающее большое пространство и регулирующееся макроклиматом.

Пример: африканская саванна.

2) *Ассоциации* – локальные, хорошо очерченные группировки видов.

Пример: луг, опушка леса.

3) *Синузии* – небольшие сообщества, имеющие свою индивидуальность и пространственно ясные ограничения.

Пример: ствол мертвого дерева, труп животного.

6. Свойства биоценозов.

1) **Обилие** – число особей на единицу площади или объема. Изменяется во времени (известны годовые колебания численности) и в пространстве.

Для определения обилия выделяют 5 ступеней: а) 0 – отсутствие видов; б) 1 – виды встречаются редко или рассеяны; в) 2 – нередко; г) 3 – обильно; д) 4 – очень обильно.

2) **Частота** – отношение числа особей одного вида к общей численности особей в сообществе (выражается в %).

3) **Постоянство** – встречаемость видов на определенной территории (пробных площадях):

- а) постоянные виды – встречаются в более чем 50% выборок;
- б) добавочные виды – встречаются в 25 - 40% выборок;
- в) случайные виды – до 25% выборок.

4) **Верность** – степень привязанности видов к данному биоценозу.

Различают 4 категории верности:

- а) эуценные виды – встречаются исключительно в 1 биоценозе;
- б) тихоценные – встречаются в нескольких смежных биоценозах, но предпочитают один из них;
- в) ксеноценные – случайно попавшие в сообщество, которому они не принадлежат;
- г) убиквистные – виды, способные существовать в различных биоценозах (космополиты).

5) Доминирование – влияние, оказываемое каким-либо видом в любом сообществе. Один какой-либо вид может быть немногочислен, но при этом оказывать более сильное воздействие на биоценоз, чем более многочисленный вид, но меньшего размера и не очень активный.

Пример: несколько жвачных копытных оказывают на луг большее влияние, чем многочисленные насекомые – фитофаги.

6) Разнообразие – видовое богатство биоценоза.

7) Структура – расположение особей разных видов относительно друг друга, как в вертикальном, так и горизонтальном направлении.

8) Периодичность – сезонные и суточные изменения жизнедеятельности живых организмов.

ЛЕКЦИЯ 6 ЭНЕРГЕТИКА ЭКОСИСТЕМ (БИОГЕОЦЕНОЗОВ)

1. Поток энергии и круговорот питательных веществ.

2. Пищевые цепи и трофические уровни.

3. Экологические пирамиды.

4. Продуктивность экосистем.

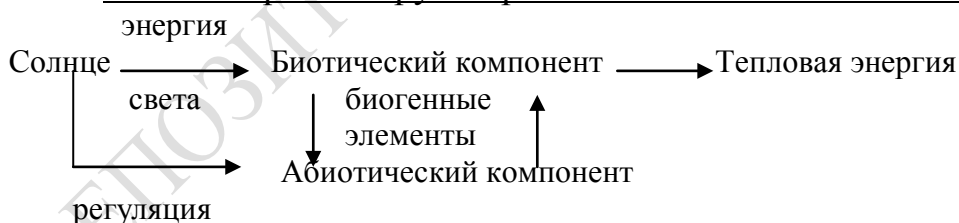
5. Рациональное использование экосистем.

1. Поток энергии и круговорот питательных веществ

Организмы в экосистеме связаны общностью энергии и питательных веществ (круговоротом биогенных элементов).

Энергия – способность совершать работу, необходимую для поддержания жизни. Т. о. экосистема – единый механизм, потребляющий энергию и питательные вещества для совершения работы. Питательные вещества (биогенные элементы) первоначально поступают из абиотического компонента экосистемы и в него же возвращаются в виде отходов жизнедеятельности, либо после гибели организма. Таким образом происходит постоянный круговорот питательных веществ (биогенных элементов), в котором участвуют живые и неживые компоненты экосистемы – биогеохимические циклы. Движущая сила круговорота – энергия Солнца.

Поток энергии и круговорот биогенных элементов в экосистемах (схема):



Живые организмы – преобразователи энергии и каждый раз, когда происходит превращение энергии, часть ее теряется в виде тепла (2 закон термодинамики). В конце концов, вся энергия, поступающая в биотический компонент экосистемы, рассеивается в виде тепла. Поток энергии через экосистемы – энергетика экосистем. Единица измерения энергии - калория – количество тепла, необходимое для повышения температуры 1г воды на 1°C (от 14,5 до 15,5°C). Источник энергии – Солнце, излучающая электромагнитную энергию звезда. Часть этой энергии - $10,5 \cdot 10^6$ кДж/м² в год захватывается землей. 40% этой энергии отражается от

облаков, пыли и поверхности Земли, 15% поглощается озоновым слоем, оставшиеся 45% поглощаются растениями или земной поверхностью ($5 \cdot 10^6$ кДж/м² в год). Большая часть этой энергии повторно излучается земной поверхностью и нагревает атмосферу, небольшая часть усваивается биотическими компонентами экосистем.

2. Пищевые цепи и трофические уровни.

Внутри экосистемы энергия света при помощи фотосинтеза в автотрофных организмах (зеленые растения) преобразуется в органическое вещество, которое служит пищей для гетеротрофов (животных организмов). Эти животные могут быть съедены другими животными и т. д., т.е. каждый последующий организм питается предыдущим, поставляющим ему сырье и энергию. Такая последовательность – пищевая цепь, а каждое ее звено – трофический уровень.

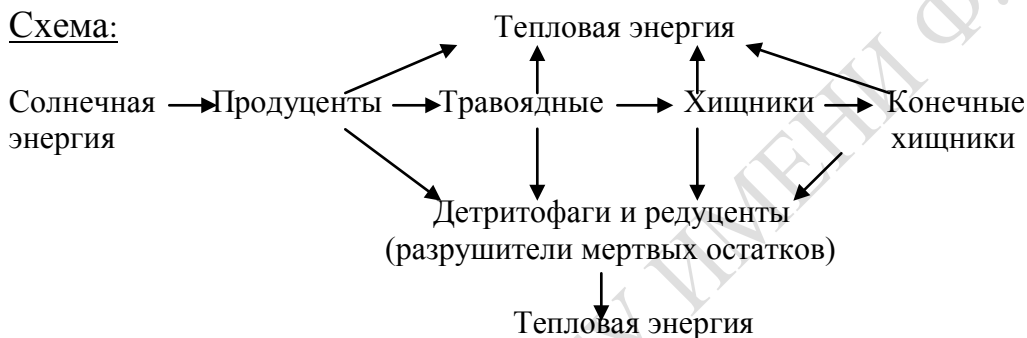
1 трофический уровень – автотрофы – растения (продуценты).

2 трофический уровень – первичные консументы (животные)

3 трофический уровень – вторичные консументы и т. д.

Обычно размеры пищевых цепей ограничиваются 4-5 трофическими уровнями.

Схема:



1. Продуценты – автотрофные организмы (зеленые растения). Превращают энергию солнца в энергию химических связей органических соединений. В водных экосистемах первичные продуценты – водоросли, составляют фитопланктон поверхностных слоев рек, озер, морей. На суше первичные продуценты – голосеменные и покрытосеменные растения (леса и луга).

2. Первичные консументы – питаются продуцентами – травоядные животные. На суше – насекомые, рептилии, птицы и млекопитающие. В водных экосистемах – моллюски и мелкие ракообразные – составляющие зоопланктон, питающийся фитопланктоном. К первичным консументам относятся также паразиты растений.

3. Консументы второго и третьего порядка – питаются травоядными животными. Могут быть хищниками (схватывают и убивают жертву), могут питаться падалью или быть паразитами травоядных или плотоядных животных. В типичных пищевых цепях каждый последующий организм больше предыдущего (это не относится к пищевым цепям паразитов).

Примеры:

Морская цепь: одноклеточная водоросль → веслоногие рачки → сельдь

Лесная цепь: растение → муха → паук → землеройка → сова

4. Редуценты. Тела погибших растений и животных и их прижизненные выделения могут служить источником питания для микроорганизмов (грибы,

водоросли и бактерии) – редуценты – выделяют пищевые ферменты на мертвые тела и отходы жизнедеятельности и поглощают продукты их переваривания.

5. Детритофаги (детритные пищевые цепи). Выше приведенные цепи – пастбищные пищевые цепи, в которых 1 трофический уровень – растения, 2 уровень – пастбищные животные, 3 уровень – хищники и т.д.

Кусочки частично разложившегося органического материала – детрит. Многие животные питаются им, ускоряя процесс разложения – эти животные являются детритофагами. Детритофагами могут питаться более крупные организмы, что ведет к образованию детритной пищевой цепи:

Детрит → детритофаг → хищник.

Пример: Мертвое животное → личинки падальных мух → травяная лягушка → уж обыкновенный.

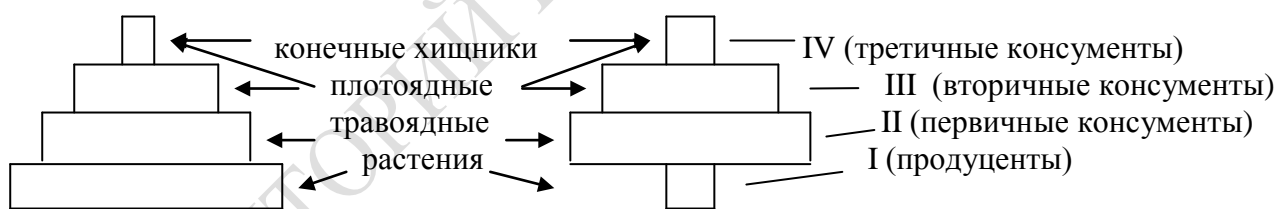
Реальные пищевые цепи в экосистеме намного сложнее, т. к. животное может питаться организмами разных типов из одной и той же пищевой цепи или из разных пищевых цепей. Некоторые питаются и растениями и животными – всеядные (человек). В действительности пищевые цепи переплетаются т.о., что образуется пищевая сеть.

3. Экологические пирамиды.

Экологические пирамиды – это графический способ отображения пищевых взаимоотношений в экосистеме.

3 типа экологических пирамид:

1. Пирамиды численности (чисел) – используются вместо пищевых цепей. Подсчитывается число различных организмов на данной территории, сгруппированных по трофическим уровням. Количество организмов на данном трофическом уровне отражается в виде прямоугольника, длина (площадь) которого пропорциональна числу организмов в данной площади или объеме.

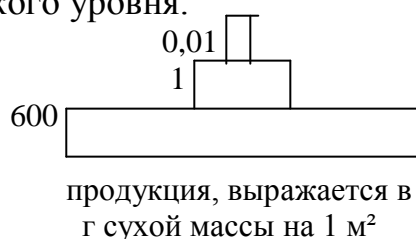


Неудобства пирамиды численности:

а) продуценты сильно отличаются по размерам, а один экземпляр злака или водоросли имеет тот же статус, что и одно дерево (отсюда возникают перевернутые пирамиды). Цепи питания паразитов также дают перевернутые пирамиды.

б) диапазон численности разных видов настолько широк, что часто трудно соблюсти масштаб при изображении пирамиды.

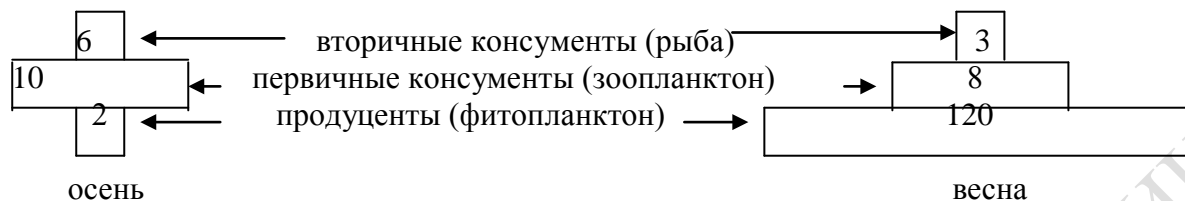
2. Пирамиды биомассы – учитывается суммарная масса организмов (биомасса) каждого трофического уровня.



Ряд неудобств:

а) популяции крупных и долгоживущих животных и растений обладают меньшей скоростью обновления биомассы по сравнению с мелкими и короткоживущими и аккумулируют вещество и энергию в течение более длительного времени.

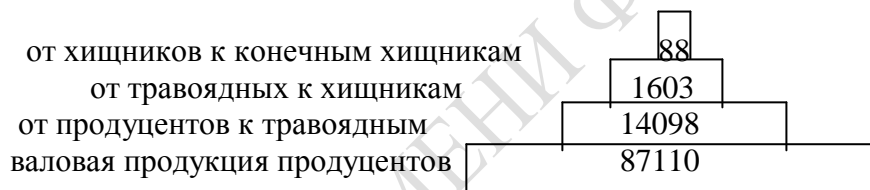
б) сезонные изменения биомассы (пример: биомасса фитопланктона превышает биомассу зоопланктона в период «весеннего цветения», но в другие периоды возможны другие соотношения, см. схему, все числа даны в г сух. в-ва на 1 м^3).



3. Пирамиды энергии – идеальный способ отражения связей между организмами на разных трофических уровнях.

Преимущества:

а) отражает скорость образования биомассы. Каждая ступенька пирамиды энергии отражает количество энергии (на единицу площади или объема), прошедшей через определенный трофический уровень за определенный период.



количество энергии (в $\text{кДж}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$)

б) пирамиды энергии позволяют сравнить не только различные экосистемы, но и относительную значимость популяций внутри экосистемы.

в) к основанию пирамиды энергии можно добавить еще один прямоугольник, отображающий поступление солнечной энергии.

4. Продуктивность экосистем.

Продуктивность экосистемы обуславливается потоком энергии, проходящей через ту или иную экосистему. Количество органического вещества, накопленного растением – первичная продукция (1-5% энергии солнечного света поглощается хлорофиллом и используется для синтеза органических молекул). Скорость, с которой растение накапливает химическую энергию, называется валовой первичной продукцией (ВПП). 20% этой энергии идет на дыхание и фотодыхание. Оставшаяся энергия это чистая первичная продукция (ЧПП) – энергия, которую могут использовать организмы следующих трофических уровней.

В дальнейшем растения поглощаются животными, часть энергии уходит на дыхание (выделяется в виде тепла) и выделяется с экскрементами и отходами метаболизма. Оставшаяся энергия идет на процессы жизнедеятельности. Количество органического вещества, накопленного гетеротрофными организмами – вторичная продукция. Т.о. в каждом звене пищевой цепи часть энергии теряется, следовательно, длина пищевой цепи ограничивается размерами этих потерь. В целом потеря энергии при первичном переносе (от растений к травоядным животным) значительно большая, чем при последующих переносах, т.к. травоядные

менее эффективно усваивают пищу, чем хищники (растительная пища трудноперевариваема).

Энергия, теряемая при дыхании, уходит из экосистемы безвозвратно, а заключенная в экскрементах и продуктах метаболизма передается детритофагам и редуцентам и, таким образом, не теряется для экосистемы.

5. Рациональное использование экосистем.

- означает изъятие из экосистемы тех организмов или их частей, которые используются в пищу (или для других целей), без ущерба для ее продуктивности.

Для рационального использования растений естественных экосистем и агроценозов:

- а) внесение удобрений – следует применять осторожно, т.к. может привести к ухудшению структуры почвы и снижению плодородия;
- б) искусственное орошение или дренаж почв;
- в) выведение генетически устойчивых сортов;
- г) применение химических средств (пестициды, гербициды) – следует применять очень осторожно т. к. они очень медленно разлагаются в экосистеме и вызывают негативные последствия на других трофических уровнях;
- д) использование культур более устойчивых к окружающей среде.

Для рационального использования животных:

- а) концепция максимального постоянного уровня добычи – это наибольшая скорость изъятия особей из популяции без ущерба для ее дальнейшей продуктивности.
- б) изымать особей, не играющих роли в воспроизводстве популяции (Пример: в Англии установлен *min* размер ячеек для рыболовных сетей, следовательно, молодые особи, необходимые для воспроизводства, в сети не попадают).

ГЛОБАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ

ЛЕКЦИЯ 7 УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ

1. Понятие биосферы. Экологические оболочки Земли.
2. Типы веществ на Земле.
3. Живое вещество биосферы. Биогеохимические круговороты веществ и функции живого вещества.
4. Свойства живого вещества.
5. Техносфера и ноосфера как стадии развития биосферы.

1. Понятие биосферы. Экологические оболочки Земли.

Термин «биосфера» предложил в 1875г. австрийский биолог Зюсс, в связи с изучением им экологических оболочек Земли. Учение создал академик Вернадский, который в 1926г. в Ленинграде опубликовал книгу «Биосфера – конспект лекций для студентов».

Биосфера – область планеты Земля, населенная живыми организмами в настоящее время, либо в прошлом.

Протяженность биосферы в экологических оболочках Земли:

1) Атмосфера – воздушная оболочка, состоящая из 3 основных слоев – тропосферы, стратосферы и ионосферы. Биосфера сосредоточена в нижних слоях атмосферы – в тропосфере, до озонового слоя (находится на границе тропосферы и стратосферы). Толщина озонового слоя – от нескольких мм над полюсами до 3-4 см над экватором. Функция – задержка до 99% УФО (защита жизни от жесткого ионизирующего излучения).

2) Гидросфера – водная оболочка Земли. Жизнь сосредоточена по всей толще гидросферы, концентрируясь в ее верхних слоях – «пленка жизни» (Вернадский). Максимальная глубина сосредоточия жизни – до 11 тыс. м (Марианская впадина).

3) Литосфера – твердая оболочка Земли. Наиболее заселена ее верхняя часть – верхний плодородный слой – почва. На глубине 3-4 км найдены нефтебактерии.

Наибольшая плотность жизни – в зонах соприкосновения оболочек (атмосферы и литосферы, атмосферы и гидросферы и т.д.)

2. Типы веществ на Земле.

1) Живое вещество – совокупность всех живых организмов на Земле.

Живое вещество неоднородно заселяет различные среды жизни. Так, на суше преобладает растительное вещество (99%), общая биомасса животных – около 1%; в океанах больше по массе животного вещества – около 94%, растения же занимают всего 6% от всего живого вещества. Всего же биомасса живого вещества на Земле достигает $2423 \cdot 10^9$ т сухого вещества.

2) Биогенное вещество – вещество, рожденное жизнью (каменный уголь, нефть, торф, гумус, известняк и др.). Большинство из них обладают энергией.

3) Косное вещество (неживое) – самое большой по массе. Представлено 3 состояниями – жидким, твердым и газообразным.

4) Биокосное вещество – неживое вещество, преобразованное живым. Приземная атмосфера, все природные воды, почва.

5) Радиоактивное вещество – все природные радиоактивные изотопы (радон, плутоний, уран и др.), составляющие естественный радиационный фон (ЕРФ).

6) Вещество рассеянных атомов – инертные вещества, рассредоточенные в биосфере в атомарном состоянии (инертные газы атмосферы).

7) Космическое вещество – вещество, попавшее на Землю из космоса.

3. Живое вещество биосферы. Биогеохимические круговороты веществ и функции живого вещества.

Живое вещество – совокупность всех живых организмов планеты Земля.

До Вернадского исследователи изучали влияние внешних условий (экологических факторов) на живые организмы. Вернадский впервые предположил, что живое вещество не только находится под воздействием внешних факторов, но и само является мощной геологической силой, определяющей перемещение огромных по масштабам величин химических элементов – биогеохимические круговороты.

Вильямс выделил 2 типа круговоротов веществ на Земле:

1) Большой или геологический круговорот:

- круговорот веществ, происходящий без участия живых организмов.

Пример: круговорот воды – перемещение воды между мировым океаном и сушей, движущей силой которого является тепловая энергия Солнца. Заключается в испарении воды с поверхности мирового океана, выпадении ее на сушу в виде осадков и обратный сток в океан. Полный круговорот воды на Земле – 2 млн. лет.

2) Малый или биологический круговорот:

- круговорот биогенных элементов, движущей силой которого являются живые организмы.

Пример: круговорот углерода:

CO_2 атмосферы → фотосинтез → С органических соединений растений (первичная продукция) → С органических соединений животных (вторичная продукция) → деструкция мертвого органического вещества редуцентами → CO_2 атмосферы.

Таким образом, особая роль в круговороте биогенных элементов принадлежит зеленым растениям, т.к. они, являясь фотосинтезирующими организмами, служат посредниками между солнечной космической энергией и живым веществом Земли. Если бы не было растений, солнечная энергия тратилась бы лишь на нагревание

планеты и перемещение воздушных масс. Энергия бы не задерживалась на Земле и, тем более, не производила бы никакой работы, которую она производит в виде сложных органических молекул. Взаимосвязь между приходящей солнечной энергией и энергией первичного органического вещества выражается количественно. Количество сухого органического вещества приближается к 150 млрд. тонн.

По Вернадскому, биосфера – открытая термодинамическая система, которая аккумулирует и перераспределяет огромные по масштабам величины химических элементов, вовлекая их в биологический оборот.

Биогеохимические функции живого вещества:

1) Энергетическая – способность к образованию первичной продукции. Привела к образованию всего многообразия жизни на Земле.

2) Газовая – способность выделять и поглощать O_2 и CO_2 . Привела к установлению современного газового состава атмосферы.

3) Концентрационная – способность концентрировать химические элементы в телах живых организмов. Если элемента в теле на 10% больше, чем в окружающей среде, то этот элемент концентрируется – концентрационный эффект.

4) Окислительно-восстановительная – способность к протеканию химических реакций с изменением степени окисления атомов в организмах. Привела к появлению множества новых индивидуальных соединений, специфических для живого организма.

5) Деструкционная – способность организма (в первую очередь бактерии и грибы – редуценты) к минерализации остатков до неорганических соединений. Особенно велика на суше – 93% детритных цепей, только 7% - пастбищных.

б) Антропогенная – вмешательства человека в биогеохимические круговороты, в основном, связанные с негативными изменениями в биосфере.

4. Свойства живого вещества.

1) Живое вещество характеризуется заключенной в нем огромной энергией, способной производить работу.

2) Скорость протекания химических реакций благодаря ферментам в 1000 и млн. раз быстрее, чем при производстве веществ химическими методами.

3) Индивидуальные химические соединения, входящие в состав живого вещества, устойчивы только в живых организмах.

4) Живому веществу присуща подвижность 2 типов:

а) пассивная – создается ростом живых организмов и их размножением; присуща всем царствам;

б) активная – осуществление направленных перемещений (животные, некоторые бактерии).

Благодаря разным формам движений живое вещество заполняет собой все возможное пространство – давление жизни.

5) Живое вещество более разнообразно и морфологически и биохимически, чем неживое. Минеральных соединений известно всего около 3 тыс., а одних белков возможно 20^{20} .

б) Живое вещество в биосфере представлено в виде дисперсных тел – индивидуальных организмов, размеры которых колеблются от 20 нм до 100м.

7) Будучи дисперсным, живое вещество никогда не находится на Земле в виде отдельных популяций, оно всегда представлено биоценозами, между членами которых существуют определенные формы взаимоотношений (чаще – пищевые).

8) Живое вещество на Земле существует в форме непрерывного чередования поколений, что способствует его обновлению и эволюции.

9) Живое вещество способно к эволюционному процессу, что предотвращает простое копирование предыдущих особей и повышает приспособляемость организмов к меняющимся условиям среды.

10) Живое вещество в отличие от неживого постоянно производит работу.

5. Техносфера и ноосфера как стадии развития биосферы.

Вернадский впервые выделил роль антропогенного фактора в эволюции биосферы, предсказав, что биосфера в результате разумной деятельности человека преобразуется в сферу новой жизни – ноосферу.

Термин «ноосфера» предложил Леруа.

Ноосфера – стадия развития биосферы, в которой разумная деятельность человека становится определяющей силой.

Но Вернадский не предполагал столь бурного вмешательства человека в жизнь биосферы, которое произошло в эпоху НТР (с 1945г.). Сейчас человек живет в эпоху техносферы.

Техносфера – стадия развития биосферы, в которой определяющей силой становится деятельность человека, связанная с вмешательством в биосферные процессы и преобразованием их в соответствии с потребностями человека.

В эпоху техносферы среда жизни человека состоит из 4 неразрывных связанных подсистем:

1) Собственно природная (дикая) среда – имеет естественное происхождение, способная к самоподдержанию и саморегуляции без воздействия со стороны человека. Антарктида – 100%, Австралия и Океания – 28%, Африка – 27,5%, Азия – 13,6%, Южная Америка – 20,8%, Северная Америка – 37,5%, Европа – 2,8%, СНГ – 33,6%. В основном это суровые, малопригодные для жизни экстремальные участки суши.

2) Среда второй природы (порожденная агротехникой) – все модификации природной среды, искусственно преобразованной людьми и нуждающиеся в постоянном регулирующем воздействии со стороны человека, т.к. не обладает свойствами самоподдержания и саморегуляции. С/х угодья, грунтовые дороги, искусственные зеленые насаждения, домашние животные и комнатные растения. Расширение этой среды требует все больших усилий по ее поддержанию, в частности, энергетических затрат.

3) Среда третьей природы (искусственная среда) – весь искусственный мир, созданный человеком, не имеющий аналогов в естественной природе, системно чуждый ей. Без непрерывного обновления немедленно начинает разрушаться. Асфальт, бетон, внутренние пространства производственных помещений и жилищ, мебель, машины, инструменты и т.д.

4) Социальная среда – культурно-психологический (информационный) климат, намеренно или непреднамеренно создаваемый для личности, социальных групп и человечества в целом. Слагается из влияний людей друг на друга, путем

непосредственного воздействия или с помощью СМИ, информационных технологий и т.д.

Классификация потребностей человека:

1) *Элементарные потребности* – любая еда, одежда, жилище. Без них человек умирает.

2) *Вторичные потребности* – потребность в конкретных вещах, определенном жилище (возможность выбора).

3) *Псевдопотребности* – курение алкоголь, наркотики и др.

ОСНОВНЫЕ СРЕДЫ ЖИЗНИ ЛЕКЦИЯ 8 ВОДНАЯ СРЕДА

1. Общая характеристика водной среды.
2. Абиотические факторы водной среды.
3. Экологические группы водных организмов (гидробионтов).
4. Приспособления водных животных и растений к особенностям водной среды.
5. Зональность водной среды.

1. Общая характеристика водной среды.

Водная среда – среда, в которой возникла жизнь. Занимает 71% площади земного шара (98% - моря и океаны, 1,25% - льды, 0,45% - пресные воды). Обитает 150 тыс. видов животных, 10 тыс. видов растений. Самые богатые видами – экваториальные и тропические воды, по мере продвижения на север видовой состав обедняется. Основная масса жизни сосредоточена у побережий морей и океанов; пресноводные водоемы имеют незначительный удельный вес в распространении жизни.

Характерная черта водной среды – подвижность (особенная в реках, незначительная в стоячих водоемах) – обеспечивает водных обитателей O_2 и питательными веществами, приводит к выравниванию температур.

Особое значение имеет перемещение воды по сезонам:

1) Летом теплые слои находятся у поверхности, холодные – у дна – прямая стратификация.

2) Осенью поверхностный слой охлаждается, опускается в глубь, вытесняя на поверхность более теплую воду – осенняя гомотермия (наступает при охлаждении поверхности воды до температуры менее $4^{\circ}C$).

3) Зимой теплые слои находятся у дна, холодные – на поверхности – обратная стратификация.

2. Абиотические факторы водной среды.

1) Температурный режим:

Температура в водной среде колеблется от -2°C до $+36^{\circ}\text{C}$ (интервал – 38°C), с глубиной температура падает (на глубине 1000 м не превышает $4-5^{\circ}\text{C}$). В пресных водах имеет место колебания от $-0,9^{\circ}\text{C}$ до $+25^{\circ}\text{C}$. Исключение составляют термальные источники – $85-93^{\circ}\text{C}$.

Т.к. температурный режим характеризуется стабильностью, организмы, обитающие в водной среде, отличаются постоянной температурой тела (пойкилотермия) и узким диапазоном приспособлений к колебаниям температуры (стенотермия).

2) Плотность и вязкость:

Плотность водной среды в 800 раз превышает плотность воздушной среды. Поэтому у растений и животных вырабатывается ряд приспособлений:

У растений не развивается механическая ткань, присуща плавучесть, стебли эластичны и легко изгибаются.

У животных покровы обильно смазаны слизью, тело приобретает обтекаемую форму.

На разных глубинах – разная плотность: на каждые 10 м глубины давление возрастает на 1 атм. Отсюда деление гидробионтов на глубоководных и поверхностных.

3) Прозрачность и световой режим:

Важнейшие экологические факторы, т.к. от них зависит распространение фотосинтезирующих растений, создающих первичную продукцию. В прозрачных водах они распространены по всей толще (кроме глубины свыше 1000 м), в мутных – только в поверхностном слое.

Мутность (прозрачность) обусловлена:

- а) наличием взвешенных частиц неорганического происхождения (глина, ил);
- б) наличием обильной водной растительности;
- в) массовым размножением мелких планктонных организмов.

Световой режим водоемов зависит:

- а) от прозрачности (мутности) воды;
- б) от сезона;
- в) от географической широты.

Снег и лед уменьшают прозрачность и световой режим.

Спектр света по мере проникновения в толщу воды изменяется:

Зеленоватый → зеленый → голубой → синий → сине-фиолетовый → черный.

Отсюда изменение с глубиной состава животных и растений (в верхних слоях они более окрашены и ярки чем в глубинных).

4) Соленость воды:

- наличие растворимых минеральных солей (хлоридов, сульфатов, карбонатов). Выражается в промилле (‰) – количество грамм солей в 1 л воды.

Выделяют:

- а) пресные воды – до 0,5 г/л воды (содержание солей до 0,5‰);
- б) солоноватые воды – до 30 г/л воды (содержание солей от 0,5 до 30‰) – все воды, кроме пресных и пересоленных – лиманы, эстуарии, моря;

в) пересоленные воды – свыше 30 г/л воды (содержание солей свыше 30‰) – соленые внутренние моря и т.д.

В морских водах присутствуют все известные элементы, их состав стабилен, следовательно, морские организмы – стенотопны, т.е. узкоприспособлены, со слабым развитием регуляторных процессов по сравнению с пресноводными.

5) Количество O_2 и CO_2 :

O_2 – важнейший экологический фактор, без которого невозможно существование жизни. Содержание его в воде пропорционально ее температуре: чем ниже температура, тем выше концентрация O_2 , т.к. при понижении температуры увеличивается растворимость O_2 в воде. Таким образом, чувствительные к недостатку O_2 виды обитают в холодных, быстротекущих водоемах. Многие запасают избыточное количество O_2 в тканях, заглатывая его с поверхности (китообразные, некоторые моллюски).

CO_2 – растворяется в воде в 35 раз лучше O_2 . Концентрация CO_2 в водной среде в 700 раз выше чем в атмосфере. Необходим для фотосинтеза зеленых растений, принимает участие в формировании скелетных образований беспозвоночных животных.

3. Экологические группы водных организмов (гидробионтов).

Гидробионты делятся на 3 группы:

1) Нектон (плавающие) – совокупность водных, активно передвигающихся животных, не имеющих непосредственной связи с дном. Крупные животные, с хорошо развитыми средствами передвижения и обтекаемо формой тела (рыбы, китообразные, кальмары). В пресных водах к нектону относятся некоторые насекомые. Как правило, передвигаются с большой скоростью (до 130 км/час – меч-рыба).

2) Планктон (парящие) – совокупность водных организмов, не обладающих способностью к быстрым активным передвижениям.

2 группы:

а) зоопланктон – мелкие животные (ракообразные, простейшие и т.д.);

б) фитопланктон – мелкие растения (водоросли, высшие водные растения) – основной продуцент органического вещества.

3) Бентос (глубинные) – совокупность организмов, обитающих на дне водоемов, на грунте и в грунте.

2 группы:

а) фитобентос – растения дна (водоросли, высшие водные растения);

б) зообентос – животные дна (моллюски, простейшие, черви, рыбы).

Отдельная группа – перифитон – совокупность организмов, которые поселяются на водных предметах или растениях (водоросли, мшанки, губки, моллюски).

4. Приспособления водных животных и растений к особенностям водной среды.

Все водные растения:

а) Гидрофиты – растения, погруженные в воду только нижней частью, обычно укореняются в грунте;

б) Гидатофиты – растения, полностью погруженные в воду, иногда плавающие на поверхности.

1) Слабое развитие проводящей ткани и корневой системы, т.к. им не надо проводить воду (большая плотность водной среды поддерживает растения в вертикальном положении).

2) Питание водных растений осуществляется всей поверхностью тела.

3) Мощно развитые корневища высших водных растений служат только для размножения.

4) У планктонных растений имеются придатки, увеличивающие поверхность тела, что позволяет им удерживаться во взвешенном состоянии.

5) Слабое развитие механической ткани.

6) Развитие разнолистности (гетерофилия) – подводные листья участвуют в минеральном и водном питании, надводные – в органическом.

7) Сравнительно низкая температура водной среды обуславливает отмирание подводных частей и вынос генеративных органов на поверхность.

У водных животных:

1) Редукция скелетных образований у мелких животных, живущих в толще воды.

2) Увеличение удельной поверхности тела у планктонных животных для увеличения плавучести.

3) Плавание реактивным способом за счет энергии выталкиваемой воды (медузы, моллюски, простейшие).

4) Тело покрыто слизью и имеет обтекаемую форму.

5) Средства прикрепления к подводным предметам у кишечнополостных и моллюсков.

6) Пойкилотермность (холоднокровность) большинства водных животных, связанная с низкой температурой водной среды; у теплокровных – развитие слоя подкожного жира с термоизоляционной функцией.

7) Приспособленность к увеличенному давлению у глубоководных;

8) Поддержание водно-солевого обмена на определенном уровне.

5. Зональность водной среды.

Для водной среды характерна четко выраженная вертикальная и горизонтальная зональность.

Все гидробионты приурочены к обитанию в определенных зонах, различающихся условиями обитания в Мировом океане.

Толща воды – *пелагиаль* (пелагические животные), дно – *бенталь* (бентические животные).

Горизонтальная зональность (в зависимости от глубины залегания дна):

1) Литораль – кромка берега, заливаемая водой во время приливов.

2) Сублитораль – область плавного понижения дна до глубины 200м.

3) Батталь – крутой склон дна от 200 до 3000м.

4) Абиссаль – область океанического ложе (3000-6000м).

5) Ультраабиссаль – дно океанических впадин (6000-10000м).

Вертикальная зональность толщи воды:

1) Эпипелагиаль – верхние слои воды, соответствующие материковой отмели.

2) Батипелагиаль – средний слой толщи воды, соответствующий материковому склону.

3) Абиссопелагиаль – глубинные воды, соответствующие океаническому ложу.

Наиболее богаты видами литораль и сублитораль (много солнечного света, низкое давление, значительные колебания температур).

Такая же зональность присуща и пресноводным водоемам.

ЛЕКЦИЯ 9 НАЗЕМНО-ВОЗДУШНАЯ СРЕДА

1. Общая характеристика наземно-воздушной среды.

2. Экологические факторы наземно-воздушной среды.

3. Влажность почв.

4. Зональность наземно-воздушной среды.

1. Общая характеристика наземно-воздушной среды.

Особенность наземно-воздушной среды – организмы, обитающие здесь, окружены воздухом – газообразной средой, характеризующейся низкой влажностью, плотностью, давлением и высоким содержанием кислорода.

Большинство животных передвигается по твердому субстрату – почве, а растения укореняются в ней.

У обитателей наземно-воздушной среды выработались приспособления:

1) органы, обеспечивающие усвоение атмосферного кислорода (устыица у растений, легкие и трахеи у животных);

2) сильное развитие скелетных образований, поддерживающих тело в воздушной среде (механические ткани у растений, скелет у животных);

3) сложные приспособления для защиты от неблагоприятных факторов (периодичность и ритмика жизненных циклов, механизмы терморегуляции и др.);

4) установилась тесная связь с почвой (корни у растений и конечности у животных);

5) характерна большая подвижность животных в поисках пищи;

6) появились летающие животные (насекомые, птицы) и переносимые ветром семена, плоды, пыльца.

Экологические факторы наземно-воздушной среды регулируются макроклиматом (экоклиматом). Экоклимат (макроклимат) – климат больших территорий, характеризующийся определенными свойствами приземного слоя воздуха. Микроклимат – климат отдельных местообитаний (ствол дерева, нора животного и т.д.).

2. Экологические факторы наземно-воздушной среды.

1) Воздух:

- характеризуется постоянством состава (21% кислорода, 78% азота, 0,03% CO₂ и инертные газы). Является важным экологическим фактором, т.к. без атмосферного кислорода невозможно существование большинства организмов, CO₂ используется для фотосинтеза.

Передвижение организмов в наземно-воздушной среде осуществляется в основном по горизонтали, по вертикали перемещаются лишь некоторые насекомые, птицы и млекопитающие.

Воздух оказывает огромное значение на жизнедеятельность живых организмов посредством ветра – перемещение воздушных масс из-за неравномерного прогревания атмосферы Солнцем. Влияние ветра:

- 1) иссушает воздух, является причиной снижения интенсивности водного обмена у растений и животных;
- 2) участвует в опылении растений, разносит пыльцу;
- 3) снижает разнообразие летающих видов животных (сильный ветер мешает в полете);
- 4) вызывает изменения в строении покровов (образуются плотные покровы, предохраняющие растения и животных от переохлаждения и потери влаги);
- 5) участвует в расселении животных и растений (разносит плоды, семена, мелких животных).

2) Атмосферные осадки:

Важный экологический фактор, т.к. от наличия осадков зависит водный режим среды:

- 1) осадки изменяют влажность воздуха и почву;
- 2) обеспечивают доступную воду для водного питания растений и животных.

а) Дождь:

- наиболее важны сроки выпадения, частота выпадения, продолжительность.

Пример: обилие дождей в период похолодания не дает растениям необходимой влаги.

По характеру дожди:

- *ливневые* – неблагоприятны, т.к. растения не успевают всасывать воду, также образуются потоки, смывающие верхний плодородный слой почвы, растения, мелких животных.

- *морозящие* – благоприятны, т.к. обеспечивают увлажнение почвы, питание растений и животных.

- *затяжные* – неблагоприятны, т.к. вызывают наводнения, паводки и затопления.

б) Снег:

Благоприятно влияет на организмы в зимний период, т.к.:

а) создает благоприятный температурный режим почвы, защищает организмы от переохлаждения.

Пример: при температуре воздуха -15°C температура почвы под 20см слоем снега не ниже $+0,2^{\circ}\text{C}$.

б) создает зимой среду для жизнедеятельности организмов (грызунов, куриных птиц и т.д.)

Приспособления животных к зимним условиям:

а) увеличивается опорная поверхность ног для хождения по снегу;

б) миграции и впадение в спячку (анабиоз);

в) переход на питание определенными кормами;

г) смена покровов и др.

Отрицательное влияние снега:

а) обилие снега ведет к механическим повреждениям у растений, выпреванию растений и их вымоканию во время таяния снега весной.

б) образование наста и гололедицы (затрудняет газообмен животных и растений, находящихся под снегом, создает трудности для добывания корма).

3. Влажность почв.

- основной фактор для водного питания первичных продуцентов – зеленых растений.

Виды почвенной воды:

1) Гравитационная вода – занимает широкие промежутки между частицами почвы и под действием силы тяжести уходит в более глубокие слои. Растения легко ее усваивают, когда она находится в зоне корневой системы. Запасы в почве пополняются осадками.

2) Капиллярная вода – заполняет мельчайшие пространства между частицами почвы (капилляры). Не перемещается вниз, удерживается силой сцепления. Из-за испарения с поверхности почвы образует восходящий ток воды. Хорошо усваивается растениями.

1) и 2) воды доступные для растений.

3) Химически связанная вода – кристаллизационная вода (гипс, глина и т.д.). Недоступна для растений.

4) Физически связанная вода – также недоступна для растений.

а) пленочная (рыхлосвязанная) – ряды диполей, последовательно облекающих друг друга. Удерживаются на поверхности почвенных частиц силой от 1 до 10 атм.

б) гигроскопическая (прочносвязанная) – окутывает почвенные частицы тонкой пленкой и удерживается силой от 10000 до 20000 атм.

Если в почве находится только недоступная вода, растение вянет и погибает.

Содержание влаги в почве, при котором растение не удовлетворяет свою потребность в воде – коэффициент завядания (КЗ).

Для песка $KЗ = 0,9\%$, для глины = $16,3\%$.

Общее количество воды – $KЗ =$ степень обеспеченности растения водой.

4. Зональность наземно-воздушной среды.

Для наземно-воздушной среды характерна вертикальная и горизонтальная зональность. Каждая зона характеризуется специфическим экоклиматом, составом животных и растений, территорией.

Климатические зоны → климатические подзоны → климатические провинции.

Классификация Вальтера:

1) Экваториальная зона – находится между 10° северной широты и 10° южной широты. Имеет 2 дождливых сезона, соответствующих положению Солнца в зените. Годовое количество осадков и влажность велики, месячные колебания температуры незначительны.

2) Тропическая зона – находится севернее и южнее экваториальной, до 30° северной и южной широты. Характерны летний дождливый период и зимняя засуха. Количество осадков и влажность уменьшается по мере удаления от экватора.

3) Зона сухих субтропиков – находится до 35° широты. Сумма осадков и влажность незначительны, годовые и суточные колебания температур весьма существенны. Редко бывают заморозки.

4) Переходная зона – характерны сезоны зимних дождей, жаркое лето. Заморозки бывают чаще. Средиземноморье, Калифорния, юг и юго-запад Австралии, юго-запад Южной Америки.

5) Умеренная зона – отличается циклоническими осадками, количество которых уменьшается по мере удаления от океана. Годовое колебание температур резкое, лето жаркое, зима морозная. Разделяют на подзоны:

а) *подзона теплого умеренного климата* – зимний период практически не выделяется, все времена года более или менее влажные. Южная Африка.

б) *подзона типичного умеренного климата* – холодная непродолжительная зима, прохладное лето. Центральная Европа.

в) *подзона аридного умеренного климата континентального типа* – характерны резкие температурные контрасты, небольшая сумма осадков, незначительная влажность воздуха. Центральная Азия.

г) *подзона бореального, или холодного умеренного климата* – лето прохладное и влажное, зима длится половина года. Север Северной Америки и Северная Евразия.

б) Арктическая (антарктическая) зона – характеризуется выпадением незначительного количества осадков в виде снега. Лето (полярный день) короткое и холодное. Эта зона переходит в полярную область, в которой существование растений невозможно.

Для Беларуси характерен умеренно континентальный климат с дополнительным увлажнением. Отрицательные стороны климата Беларуси:

- неустойчивая погода весной и осенью;
- мягкая, с продолжительными оттепелями весна;
- дождливое лето;
- поздние весенние и ранние осенние заморозки.

Несмотря на это в Беларуси произрастает около 10000 видов растений, обитает 430 видов позвоночных животных и около 20000 видов беспозвоночных животных.

Вертикальная зональность – от низменностей и оснований гор до вершин гор. Подобна горизонтальной с некоторыми отклонениями.

ЛЕКЦИЯ 10 ПОЧВА КАК СРЕДА ЖИЗНИ

1. Экологические факторы почвы.
2. Значение почвы для жизнедеятельности почвенных организмов.
3. Экологические группы почвенных организмов.
4. Характеристика почв Беларуси.

1. Экологические факторы почвы.

Почва – это природная среда, образовавшаяся в результате воздействия на горную (материнскую) породу воздуха, атмосферных осадков, солнечного тепла, жизнедеятельности живых организмов, а также мертвого органического вещества. Это самая молодая (третья) среда жизни на Земле, занимающая промежуточное положение между водной и наземно-воздушной средами.

Почва как среда обитания обладает комплексом специфических свойств (факторов):

1) Гидротермический режим:

В связи со значительной дисперсностью (рыхлостью) частиц почвы имеет важное значение. Влага способна проникать в глубокие слои (гравитационная) и удерживаться в почве (капиллярная). Хорошо увлажненная почва легко прогревается и медленно остывает. Зимой в глубоких слоях почвы температура выше, летом температура выше в поверхностных слоях, что обуславливает сезонные миграции организмов по слоям почвы.

2) Аэрация:

Растет с понижением температуры и влажности. Следовательно, самые богатые O_2 – сухие и холодные почвы. При избытке влаги и ухудшении аэрации почвенные организмы поднимаются к поверхности; при недостатке влаги и улучшении аэрации – опускаются в более глубокие слои. В глинистых почвах (влажные и плохо аэрируемые) прогреваемость слоев хуже, чем в песчаных (хорошо аэрированных), поэтому в песчаных пустынях жизнь богаче, чем в глинистых.

Таким образом, влажность, температура и аэрация почв – сложный комплекс тесно взаимосвязанных факторов, обуславливающих гидротермический режим почв и влияющих на почвенных обитателей.

2. Значение почвы для жизнедеятельности почвенных организмов.

Почва обеспечивает организм водоснабжение и минеральное питание.

1) Водоснабжение:

- зависит от запаса доступной почвенной воды. Вода бывает:

а) *биологически полезная* – вода, свободно передвигающаяся по капиллярам почвы и бесперебойно обеспечивающая растения влагой. Наличие биологически полезной воды зависит от структуры почвы:

- физическая сухость – при резком снижении поступления воды (засухи, сухой климат);
- физиологическая сухость – в результате физиологической недоступности физически доступной воды. Пример: при похолодании растения не могут потреблять воду даже из влажной почвы.

Физиологически сухие почвы: кислые, засоленные, токсичные, холодные, плохо аэрированные, т.к. при неблагоприятных факторах нарушается корневая деятельность растений.

б) *биологически бесполезная вода* – химически и физически связанная вода, недоступная для растений.

2) Минеральное питание:

Кроме воды, растения поглощают из почвы минеральные соли, находящиеся в растворенном состоянии.

Органическое вещество почвы – гумус (перегной) – состоит из продуктов гумификации и разложения растительных остатков и трупов животных.

Гумус обеспечивает:

- а) минеральное питание растений;
- б) обуславливает плодородие почв и их структуру;
- в) является источником физиологически активных соединений (витамины, полифенолы и др.);
- г) обеспечивает водостойчивость почв, создавая благоприятный водно-воздушный режим.

При большом содержании гумуса образуются высокоплодородные почвы: черноземы, черные почвы тропиков, бурые лесные.

Количество гумуса зависит от:

- а) наличия разветвленной корневой системы растений;
- б) от количества почвенных обитателей;
- в) от микроорганизмов-сапротрофов (разрушителей остатков);

г) от климатических условий, гидротермического режима и аэрации.

3. Экологические группы почвенных организмов.

2 классификации:

1) По степени связи с почвой:

а) *Геобионты* – постоянные обитатели почвы. Весь жизненный цикл проходит в почве. Пример: дождевые черви.

б) *Геофилы* – организмы, обитающие в почве только на одной из фаз развития. Пример: некоторые жуки, саранчовые. Живут в почве на стадии куколки.

в) *Геоксены* – животные, иногда посещающие почву для временного убежища или укрытия. Пример: таракановые, грызуны, млекопитающие, живущие в норах.

2) По размерам и степени подвижности:

а) *Микробиота* – почвенные микроорганизмы, составляющие основное звено детритной пищевой цепи. Промежуточное звено между растительными остатками и почвенными животными. Грибы, водоросли, простейшие.

б) *Мезобиота* – совокупность сравнительно мелких, легко извлекаемых из почвы, подвижных животных. Почвенные черви, личинки насекомых, клещи и др. От десятков до сотни тыс./м². Питаются детритом и растениями. Есть паразиты корней растений.

в) *Макробиота* – крупные насекомые, дождевые черви, роющие позвоночные. Сюда же входят и корни растений. Численность – до 300 ос./м². Играют большую роль в перемешивании и аэрации почвы.

Особую группу составляют организмы, заселяющие сыпучие пески – *псаммофиты* (растения) и *псаммофилы* (животные).

4. Характеристика почв Беларуси.

Географическое положение, климат, рельеф, растительность и животный мир обусловили строение почвенного покрова.

В Беларуси 3 почвенные провинции:

- 1) Северная почвенная провинция;
- 2) Центральная почвенная провинция;
- 3) Южная почвенная провинция.

7 почвенно-климатических округов, 20 агропочвенных районов.

Основные почвенные обитатели: бактерии, актиномицеты, дрожжи, плесневые грибы, простейшие, 210 видов водорослей – образуют почвенную биомассу – до 3000 кг/га. Почвенные животные – многоножки, дождевые черви, ногохвостки. Реже встречаются мокрицы, некоторые виды пауков, клещей, моллюсков, насекомые и их личинки (многие – вредители с/х культур). Встречаются роющие млекопитающие (кроты, землеройки, мышевидные грызуны).

Типы почв:

1) Дерново-карбонатные – плодородные почвы для самых требовательных культур (овощные, сахарная свекла, пшеница, кукуруза). Занимают 0,2% территории Беларуси. Все распаханы. Находятся в Могилевской и Гомельской области.

2) Дерново-подзолистые – формируются в результате совместного воздействия древесной и травянистой растительности. 42,3% территории. Из них 68,3% - распаханы.

- 3) Торфяно-болотные – избыточно увлажненные. Растительные остатки в них не успевают разложиться и превращаются в торф (до 20 см). 15,02% территории.
- 4) Пойменные (аллювиальные) – в поймах крупных рек. Находятся в условиях периодического затопления паводками. 5,31%.
- 5) Дерново-заболочиваемые – 9%.
- 6) Бурые лесные – 28,2%. Лиственные, хвойные и смешанные леса.

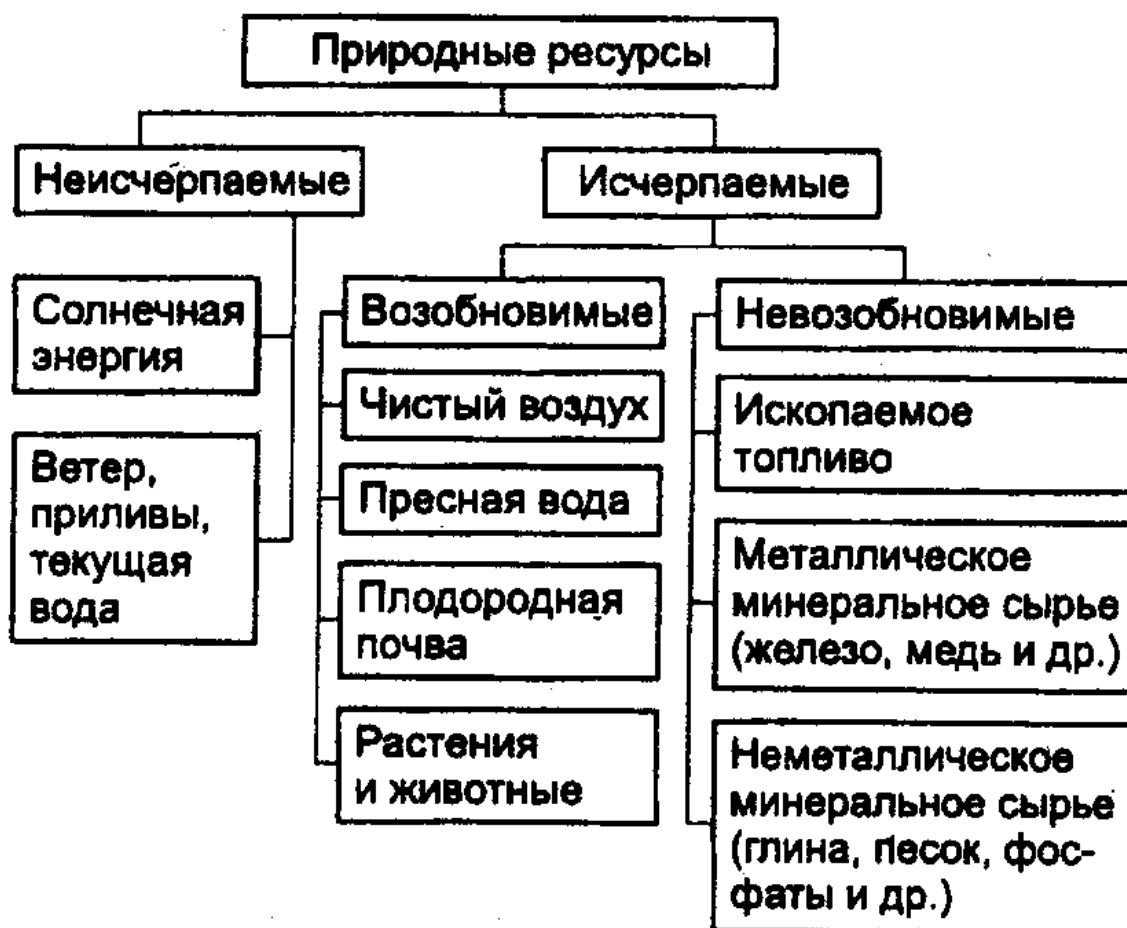
ЛЕКЦИЯ 11 ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Природные ресурсы - это любые объекты природы, используемые человеком в производственных и других нужных для него целях.

К природным ресурсам относят атмосферный воздух, почву, воду, солнечную радиацию, полезные ископаемые, климат, биологические ресурсы (растительность и животный мир).

Человек использовал природные ресурсы (прежде всего пищу, воду, воздух) с самого начала своего существования, однако долго не прилагал усилий для их воспроизводства. В доиндустриальном обществе использовались главным образом вещества, не прошедшие глубокой обработки - камень, дерево, натуральные волокна и т.д. Индустриальное общество базируется на природных ресурсах, нужных, прежде всего, для производства товаров и услуг, обеспечивающих более развитые потребности общества. Подавляющая часть ресурсов расходуется в процессе расширенного производства.

Существует множество различных классификаций ресурсов. По характеру воздействия человека природные ресурсы обычно делят на две группы:



неисчерпаемые и исчерпаемые (В.А. Вронский, 1997), которые представлены на рисунке.

1) Исчерпаемые ресурсы:

- подразделяются на невозобновимые (невосстанавливаемые) и возобновимые (восстанавливаемые).

а) к невозобновимым природным ресурсам относятся те из них, которые абсолютно не восстанавливаются или восстанавливаются в сотни тысяч и миллионы раз медленнее, чем идет их использование. К таким ресурсам принадлежит большинство полезных ископаемых - каменный уголь, нефть, торфяники, многие осадочные породы. Использование этих ресурсов неминуемо ведет к их истощению. Охрана невозобновимых природных ресурсов сводится к рациональному, экономному использованию, борьбе с потерями при добытии, перевозке, обработке и применении, а также к поиску заменителей.

б) к возобновимым природным ресурсам принадлежат, прежде всего, биологические ресурсы - растительность, животный мир, а также почва, некоторые минеральные ресурсы, например, соли, осаждающиеся в озерах и морских лагунах. Эти ресурсы по мере использования постоянно восстанавливаются. Однако для сохранения их способности к восстановлению нужны определенные естественные условия. Нарушение этих условий задерживает или вовсе прекращает процесс самовосстановления, что следует учитывать при использовании возобновимых

природных ресурсов. Процессы восстановления протекают с определенной скоростью для разных ресурсов. Например, для восстановления отстрелянных животных требуется год или несколько лет, вырубленного леса - не менее 60 лет, а утраченной почвы - несколько тысячелетий. Поэтому темпы расходования природных ресурсов должны соответствовать темпам их восстановления. Нарушение этого соответствия неизбежно ведет к истощению природных ресурсов (сокращению лесов, уменьшению запасов промысловых животных, снижению плодородия почв и т.д.). Возобновимые природные ресурсы под влиянием деятельности человека могут стать невозобновимыми. Это относится к полностью истребленным видам животных и растений, к утраченным в результате эрозии почвам и др. Охрана возобновимых природных ресурсов должна осуществляться путем рационального их использования и расширенного воспроизводства. Охрана биологических ресурсов имеет важное значение при строительстве автомобильных дорог, магистральных трубопроводов, в гидромелиоративном строительстве, при сельскохозяйственных работах. Главное при охране возобновимых природных ресурсов - обеспечить постоянную возможность их восстановления. Тогда они смогут служить человеку практически бесконечно.

2) Неисчерпаемые (неистощимые) природные ресурсы:

– это количественно неиссякаемая часть природных ресурсов (солнечная энергия, морские приливы, текущая вода), иногда сюда относят атмосферу и гидросферу, хотя при значительных загрязнениях антропогенными токсикантами они могут переходить в категорию исчерпаемых (возобновимых).

Необходимо отметить, что использование термина «неисчерпаемые ресурсы» не вполне корректно. Как указывает В.В. Маврищев (2000), данную группу ресурсов можно назвать так только условно. Некоторые авторы считают, что "выделение группы неисчерпаемых природных ресурсов – удивительно стойкое заблуждение" (Н.Ф. Реймерс, 1994), и придерживаются закона ограниченности (исчерпаемости) природных ресурсов на Земле. Также выделяют:

Рекреационные ресурсы - это природные ресурсы, обеспечивающие отдых и восстановление здоровья и трудоспособности человека.

Эстетические ресурсы – сочетание естественных факторов, положительно воздействующих на духовные богатства человека.

ЛЕКЦИЯ 12 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОСТИ

1. Проблемы загрязнения атмосферы.
2. Водные ресурсы, загрязнение поверхностных и подземных вод.
3. Загрязнение почв и современное состояние почвенных ресурсов.
4. Проблемы охраны растительного и животного мира.

1. Проблемы загрязнения атмосферы.

Атмосфера – наружная газовая оболочка Земли. 3 части:

- 1) Тропосфера – нижняя часть (10-18 км толщина). 90% массы воздуха, весь водяной пар.
- 2) Стратосфера – средняя часть (до 60 км). Содержит озоновый слой.
- 3) Ионосфера – наружная часть (сотни км). Все вещества в ионизированном состоянии.

Слой воздуха в 50-100 м от поверхности Земли – приземный слой.

Источники загрязнения атмосферы:

1) Естественные (природные) загрязнители: извержение вулканов, лесные пожары, космическая пыль.

2) Искусственные (антропогенные) загрязнители:

а) механические загрязнители – выбросы промышленных предприятий (цементные заводы), дым от сгорания топлива, сажа и т.д. Основным источником загрязнения атмосферы является промышленность (тепловые электростанции и топки промышленных предприятий).

Пример: угольная ТЭС мощностью 700 МВт за 1 час работы вырабатывает 500 т CO₂, 0,15 т CO, 7 т SO₂, 1,7 т NO, 0,05 т углеводов, 0,7 т пыли.

Одними из последствий механического загрязнения атмосферы являются парниковый эффект и смоги.

б) химические загрязнители – пылевидные или газообразные вещества, способные вступать в химические реакции: сернистый газ, SO₂, SO₃ – выделяются при сжигании угля, сланцев, нефти и др.; поллютанты – тяжелые металлы и т.д.

Одними из последствий химического загрязнения атмосферы являются кислотные дожди и разрушение озонового слоя.

в) радиоактивные загрязнители – выбросы радионуклидов в результате аварий на АЭС, взрывов оружия массового поражения, отходы атомного производства.

Пример: около 30 стран имеют АЭС. 1 реактор средней АЭС равен 1000 хиросимских бомб. Радиоактивные отходы, образовавшиеся при работе АЭС, остаются опасными более 500 тыс. лет. Плутония образуется 180-220 кг/год, хотя 450 г его, равномерно распределенные в атмосфере, способны вызвать рак легких у каждого жителя Земли. Период полураспада плутония – 240 тыс. лет, способен вызывать мутации через 500 тыс. лет.

Воздействия атмосферных загрязнений на живые организмы:

1) 1 группа опасности – радиоактивные вещества, образующиеся при работе АЭС, аварий на них, а также в результате испытаний атомного оружия в атмосфере. Наиболее опасны – стронций-90, цезий-134 и 137, плутоний-239. Обладают канцерогенными эффектами.

2) 2 группа опасности – концентрированные газовые выбросы, образующие в атмосфере густые токсические туманы – смоги, концентрация загрязнителей в которых в несколько раз превышает ПДК. Вызывают заболевания дыхательной, сердечно-сосудистой и др. систем органов.

3) 3 группа опасности – повышение температуры в пределах городов на 2-3⁰С по сравнению с окрестностями. Ведет к тепловому загрязнению атмосферы, изменению теплового режима, циркуляции воздуха и т.д.

Для измерения степени загрязнения атмосферы определяют концентрацию примесей в мг/м³ воздуха. Содержание пыли и аэрозолей определяют по их выпадению в г/м² земной поверхности. Качество воздуха характеризуется при помощи ПДК загрязнителей. Для каждого загрязнителя – своя ПДК.

Мероприятия по охране атмосферного воздуха:

1) совершенствование, разработка и внедрение технологий, исключающих выделение токсичных веществ;

- 2) улучшение состава различных видов топлива;
- 3) использование очистных сооружений и создание малоотходных и безотходных технологических процессов;
- 4) размещение источников загрязнения воздуха на основе тщательного анализа географических особенностей региона;
- 5) расширение и рациональное размещение зеленых насаждений и санитарно-защитных зон в городах.

2. Водные ресурсы, загрязнение поверхностных и подземных вод.

Густота речной сети в Беларуси – 25 км/100 км². На территории Беларуси – 20,8 тыс. рек, общей длиной 90,6 тыс. км, свыше 90% - водотоки, длина которых не превышает 10 км. Крупные реки – Западная Двина, Неман, Западный Буг, Днепр, Припять. В Беларуси свыше 10 тыс. озер (Нарочь – 8 тыс. км²). На 1 жителя приходится 20 м³ пресной воды в сутки. Однако вода сильно загрязняется. Основные загрязнители: нефтепродукты, аммонийный и нитратный азот, фенолы, органические и биогенные вещества, соли тяжелых металлов. На современном этапе минерализация природных вод возросла на 20%.

Для определения класса загрязнения поверхностных вод принята следующая градация:

- 1) I – очень чистая вода;
- 2) II – чистая вода;
- 3) III – умеренно загрязненная;
- 4) IV – загрязненная;
- 5) V – грязная;
- 6) VI – очень грязная;
- 7) VII – чрезвычайно грязная.

Наиболее грязной является река Свислочь ниже города Минска. В 1992г. в Свислочь ежедневно сбрасывалось 705 тыс. м³ сточных вод.

К классу загрязненных относятся:

- 1) р. Свислочь – г. Минск;
- 2) р. Муховец – г. Кобрин, Жабинка, Брест;
- 3) р. Рыга – с. Радваничи;
- 4) р. Лесная – г. Каменец;
- 5) р. Яссельда – г. Береза;
- 6) р. Уза – г. Гомель;
- 7) р. Днепр – г. Могилев;
- 8) водохранилище Лошица – г. Минск.

Загрязнения вод – изменение состава или свойств воды в результате производственной и бытовой деятельности населения.

Источники загрязнения водоемов:

1) *Бытовые и промышленные стоки:*

а) нефтяное загрязнение водоемов – при сбросах неочищенных сточных вод нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий; водный и железнодорожный транспорт; стоки нефтебаз, гаражей, мастерских и т.д.

б) отходы целлюлозно-бумажной, химической, металлургической и деревообрабатывающей промышленности.

в) отходы атомной промышленности (радиоактивное загрязнение водоемов).

г) бытовые стоки (канализация и отходы бытовой деятельности человека).

2) *Выбросы топливно-смазочных продуктов двигателей водного транспорта.*

3) *Продукты гниения стволов деревьев при сплаве леса.*

4) Удобрения и ядохимикаты с с/х полей, смытые дождевыми или талыми водами.

Виды загрязнений водоемов:

1) *Минеральное загрязнение* – сточные воды с содержанием различных минеральных солей (песка, глины, кислот, щелочей, минеральных масел и др.).

Источники минеральных загрязнений: металлургические, нефтеперерабатывающие, горнодобывающие, машиностроительные предприятия.

2) *Органическое загрязнение* – бытовые стоки городов, отходы кожевенных, целлюлозно-бумажных, пивоваренных и др. производств.

а) биологические загрязнители:

- растительные – остатки бумаги, растительного масла, остатки плодов, овощей, растительных кормов и др. Основное загрязняющее вещество – углерод.
- животные – физиологические выделения человека и животных, воды боен, остатки жировых и мускульных тканей, клеевые вещества и др. Основное загрязняющее вещество – азот.

б) бактериальные загрязнители: дрожжевые и плесневые грибки, бактерии и микроскопические водоросли, стоки кожевенных заводов, больниц, ветеринарных лечебниц и т.д.

3) *Тепловое загрязнение* – сброс нагретых сточных вод предприятий и ТЭС.

Пример: предприятия спускают воду, нагретую до 30⁰С. Результат – цветение воды из-за развития водорослей, разложение биомассы → уменьшение количества O₂ → развитие анаэробных процессов → усиление токсичности загрязнителей.

Последствия загрязнения гидросферы:

Под воздействием загрязняющих веществ в природных водах происходят изменения, которые можно подразделить:

1) *Первичные изменения* – следствия прямого действия токсичных веществ на природные воды;

2) *Вторичные изменения* – при взаимодействии загрязняющих веществ между собой или составными частями воды → образуются новые вещества, оказывающие негативные воздействия;

3) *Третичные изменения* – нарушение взаимосвязей в химических и биологических процессах в водоемах → снижение продуктивности водоемов.

Динамика изменений в водоемах под воздействием загрязнителей:

1) появление на поверхности воды пятен, пленок, хлопьевидных сгустков и других веществ;

2) отложение этих веществ на дне в виде осадков;

3) изменение прозрачности, температуры, цвета, вкуса и запаха воды;

4) уменьшение количества растворенного O₂;

5) изменение характера реакции среды, появление новых веществ и соединений;

6) изменение количества и видового состава бактерий – появление болезнетворных бактерий;

7) изменение видового состава и численности моллюсков, рыб и др. водных животных;

8) исчезновение водных животных;

9) зарастание водоемов водолюбивыми растениями и образование на дне илистых наносов (заболачивание).

Мероприятия по охране гидросферы:

- 1) разработка и создание бессточных технологических систем;
- 2) переработка отходов производства для получения вторичных материальных ресурсов;
- 3) создание таких процессов для получения необходимой продукции, которые бы исключали образование токсичных отходов;
- 4) создание промышленных комплексов, обеспечивающих замкнутые потоки сырья и отходов производства;
- 5) очистка сточных вод:
 - а) механическая – с помощью отстойников, ловушек и фильтров;
 - б) химическая – добавление в сточные воды реагентов, вступающих в реакции с токсикантами, в результате чего последние выпадают в осадок;
 - в) биологическая – использование микроорганизмов для разрушения органических и минеральных загрязнений.

3. Проблема загрязнения почв и меры по борьбе с ним.

Земельные (почвенные) ресурсы – совокупность земельных массивов, используемых или доступных для использования в хозяйственных целях.

Главная причина истощения земельных ресурсов – **эрозия почв**.

Эрозия – процесс разрушения и переноса почвы и подстилающих ее пород водой, ветром или в результате хозяйственной деятельности человека.

Виды эрозии:

1. Техногенная эрозия почв – обусловлена хозяйственной деятельностью человека. **Причины** техногенной эрозии:

- 1) Подземные и открытые разработки полезных ископаемых;
- 2) Ядохимикаты и избыточное внесение минеральных удобрений;
- 3) Промышленные отбросы и строительный мусор;
- 4) Свалки городов;
- 5) Уплотнение почвы в результате чрезмерного давления на нее ходовой частью с/х машин и колесами автомобилей.

2. Ветровая и водная эрозия – не связана с деятельностью человека, обусловлена естественными процессами.

Борьба с истощением земельных ресурсов:

Главное средство борьбы – **мелиорация земель** – система мероприятий, направленных на улучшение водного режима и почвенных условий территории. Обеспечивает повышение плодородия почвы и рациональное использование земельных ресурсов.

Мелиоративные мероприятия:

- 1) орошение и осушение земель;
- 2) регулирование течения рек и поверхностного стока воды;
- 3) устройство гидротехнических сооружений с целью предотвращения эрозии;
- 4) улучшение физико-химических свойств почвы;
- 5) почвозащитное лесонасаждение;

б) уборка и уничтожение кустарников, валунов и камней, выравнивание поверхности почв.

Все перечисленные мелиоративные мероприятия направлены на улучшение почвенных условий и охрану имеющихся земельных ресурсов.

Охрана земель – комплекс сложных технических и биологических мероприятий, направленных на восстановление продуктивности и санитарного состояния земель и улучшение их эстетического облика.

Для достижения поставленных задач применяется **рекультивация земель** – совокупность инженерно-технических, мелиоративных, агротехнических и других мероприятий по восстановлению биологической продуктивности и улучшению внешнего облика нарушенных земель.

2 этапа рекультивации:

1) *Горнотехнический этап*: подготовка территории для освоения – планирование отвалов, выравнивание поверхности, нанесение на поверхность плодородного (гумусного) слоя почвы, мелиоративные работы.

2) *Биологический этап*: мероприятия по восстановлению биологического плодородия почв – посадка древесных или кустарниковых растений, выращивание с/х культур.

4. Проблемы охраны растительного и животного мира.

В связи с усилением антропогенной нагрузки увеличивается тенденция к обеднению видового разнообразия естественной растительности и животного мира. Многие виды исчезли с лица Земли. В 1978г. на 14 генеральной ассамблее МСОП впервые поднимается проблема сохранения биологического разнообразия видов независимо от их экономического значения – создание **Международной Красной Книги**.

1974г. – на территории СССР создана **Красная Книга СССР**.

Все охраняемые виды в Красной Книге поделены на категории:

1 категория (CR): виды, находящиеся под угрозой исчезновения, спасение которых невозможно без осуществления специальных мер (европейская норка, чернозобая гагара, скопа, змеяяд, большой подорлик, орлан-карлик; стерлядь, ручьевая форель, обыкновенный хариус, сырть, усач; жемчужница обыкновенная; хвощ полевой, пихта белая, лапчатка скальная, ятрышник мужской).

2 категория (EN): виды, численность которых еще относительно велика, но сокращается катастрофически быстро, что в недалеком будущем может поставить их под угрозу исчезновения (европейский зубр, рысь, орешниковая соня, бурый медведь, гигантская и малая вечерница; малая поганка, большая выпь, серый журавль; болотная черепаха, медянка; камышовая жаба; броненосец связанный, жук-олень, шмель моховой; плаун обыкновенный, кувшинка белая).

3 категория (VU): редкие виды, которым в настоящее время еще не грозит исчезновение, но встречаются они в таком небольшом количестве, что могут исчезнуть при неблагоприятном изменении среды, под воздействием природных или антропогенных факторов (барсук, серощекая поганка, черный аист; зеленчук непарный; кубышка желтая, сфагнум Линберга).

4 категория (NT): виды, численность и состояние которых вызывает тревогу, однако, недостаток сведений не позволяет отнести их ни к одной из вышеуказанных

категорий (садовая соя; рыжая цапля, оляпка; гребец Дидимус; хара грубая, пармелия сарадиозная).

Для сохранения видового разнообразия животных и растений осуществляют ряд мер, таких как создание заповедников, заказников, национальных парков и др.

Заповедник – особо охраняемая природная территория, навечно изъятая из хозяйствования, на которой охраняется весь природный комплекс, и выполняются научные исследования.

Заказник – территория, на которой в течение определенного периода установлен режим охраны животных, растений и других компонентов природного комплекса.

Национальный парк – охраняемая территория, представляющая особую экологическую, историческую и эстетическую ценность. Охраняет природные комплексы.

Природный парк – территория, выделяемая для охраны природных ландшафтов, а также для отдыха и туризма.

ЛЕКЦИЯ 12 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОСТИ

1. Проблемы загрязнения атмосферы.
2. Водные ресурсы, загрязнение поверхностных и подземных вод.
3. Загрязнение почв и современное состояние почвенных ресурсов.
4. Проблемы охраны растительного и животного мира.

1. Проблемы загрязнения атмосферы.

Атмосфера – наружная газовая оболочка Земли. 3 части:

1) Тропосфера – нижняя часть (10-18 км толщина). 90% массы воздуха, весь водяной пар.

2) Стратосфера – средняя часть (до 60 км). Содержит озоновый слой.

3) Ионосфера – наружная часть (сотни км). Все вещества в ионизированном состоянии.

Слой воздуха в 50-100 м от поверхности Земли – приземный слой.

Источники загрязнения атмосферы:

1) Естественные (природные) загрязнители: извержение вулканов, лесные пожары, космическая пыль.

2) Искусственные (антропогенные) загрязнители:

а) механические загрязнители – выбросы промышленных предприятий (цементные заводы), дым от сгорания топлива, сажа и т.д. Основным источником загрязнения атмосферы является промышленность (тепловые электростанции и топки промышленных предприятий).

Пример: угольная ТЭС мощностью 700 МВт за 1 час работы вырабатывает 500 т CO_2 , 0,15 т CO , 7 т SO_2 , 1,7 т NO , 0,05 т углеводородов, 0,7 т пыли.

Одними из последствий механического загрязнения атмосферы являются парниковый эффект и смоги.

б) химические загрязнители – пылевидные или газообразные вещества, способные вступать в химические реакции: сернистый газ, SO_2 , SO_3 – выделяются при сжигании угля, сланцев, нефти и др.; поллютанты – тяжелые металлы и т.д.

Одними из последствий химического загрязнения атмосферы являются кислотные дожди и разрушение озонового слоя.

в) радиоактивные загрязнители – выбросы радионуклидов в результате аварий на АЭС, взрывов оружия массового поражения, отходы атомного производства.

Пример: около 30 стран имеют АЭС. 1 реактор средней АЭС равен 1000 хиросимских бомб. Радиоактивные отходы, образовавшиеся при работе АЭС, остаются опасными более 500 тыс. лет. Плутония образуется 180-220 кг/год, хотя 450 г его, равномерно распределенные в атмосфере, способны вызвать рак легких у каждого жителя Земли. Период полураспада плутония – 240 тыс. лет, способен вызывать мутации через 500 тыс. лет.

Воздействия атмосферных загрязнений на живые организмы:

1) 1 группа опасности – радиоактивные вещества, образующиеся при работе АЭС, аварий на них, а также в результате испытаний атомного оружия в атмосфере. Наиболее опасны – стронций-90, цезий-134 и 137, плутоний-239. Обладают канцерогенными эффектами.

2) 2 группа опасности – концентрированные газовые выбросы, образующие в атмосфере густые токсические туманы – смоги, концентрация загрязнителей в которых в несколько раз превышает ПДК. Вызывают заболевания дыхательной, сердечно-сосудистой и др. систем органов.

3) 3 группа опасности – повышение температуры в пределах городов на 2-3⁰С по сравнению с окрестностями. Ведет к тепловому загрязнению атмосферы, изменению теплового режима, циркуляции воздуха и т.д.

Для измерения степени загрязнения атмосферы определяют концентрацию примесей в мг/м^3 воздуха. Содержание пыли и аэрозолей определяют по их

выпадению в г/м² земной поверхности. Качество воздуха характеризуется при помощи ПДК загрязнителей. Для каждого загрязнителя – своя ПДК.

Мероприятия по охране атмосферного воздуха:

- 1) совершенствование, разработка и внедрение технологий, исключающих выделение токсичных веществ;
- 2) улучшение состава различных видов топлива;
- 3) использование очистных сооружений и создание малоотходных и безотходных технологических процессов;
- 4) размещение источников загрязнения воздуха на основе тщательного анализа географических особенностей региона;
- 5) расширение и рациональное размещение зеленых насаждений и санитарно-защитных зон в городах.

2. Водные ресурсы, загрязнение поверхностных и подземных вод.

Густота речной сети в Беларуси – 25 км/100 км². На территории Беларуси – 20,8 тыс. рек, общей длиной 90,6 тыс. км, свыше 90% - водотоки, длина которых не превышает 10 км. Крупные реки – Западная Двина, Неман, Западный Буг, Днепр, Припять. В Беларуси свыше 10 тыс. озер (Нарочь – 8 тыс. км²). На 1 жителя приходится 20 м³ пресной воды в сутки. Однако вода сильно загрязняется. Основные загрязнители: нефтепродукты, аммонийный и нитратный азот, фенолы, органические и биогенные вещества, соли тяжелых металлов. На современном этапе минерализация природных вод возросла на 20%.

Для определения класса загрязнения поверхностных вод принята следующая градация:

- 1) I – очень чистая вода; 2) II – чистая вода; 3) III – умеренно загрязненная; 4) IV – загрязненная; 5) V – грязная; 6) VI – очень грязная; 7) VII – чрезвычайно грязная.

Наиболее грязной является река Свислочь ниже города Минска. В 1992г. в Свислочь ежедневно сбрасывалось 705 тыс. м³ сточных вод.

К классу загрязненных относятся:

- 1) р. Свислочь – г. Минск;
- 2) р. Муховец – г. Кобрин, Жабинка, Брест;
- 3) р. Рыга – с. Радваничи;
- 4) р. Лесная – г. Каменец;
- 5) р. Яссельда – г. Береза;
- 6) р. Уза – г. Гомель;
- 7) р. Днепр – г. Могилев;
- 8) водохранилище Лошица – г. Минск.

Загрязнения вод – изменение состава или свойств воды в результате производственной и бытовой деятельности населения.

Источники загрязнения водоемов:

1) Бытовые и промышленные стоки:

а) нефтяное загрязнение водоемов – при сбросах неочищенных сточных вод нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий; водный и железнодорожный транспорт; стоки нефтебаз, гаражей, мастерских и т.д.

б) отходы целлюлозно-бумажной, химической, металлургической и деревообрабатывающей промышленности.

в) отходы атомной промышленности (радиоактивное загрязнение водоемов).

г) бытовые стоки (канализация и отходы бытовой деятельности человека).

2) *Выбросы топливно-смазочных продуктов двигателей водного транспорта.*

3) *Продукты гниения стволов деревьев при сплаве леса.*

4) *Удобрения и ядохимикаты с с/х полей, смытые дождевыми или талыми водами.*

Виды загрязнений водоемов:

1) *Минеральное загрязнение* – сточные воды с содержанием различных минеральных солей (песка, глины, кислот, щелочей, минеральных масел и др.).

Источники минеральных загрязнений: металлургические, нефтеперерабатывающие, горнодобывающие, машиностроительные предприятия.

2) *Органическое загрязнение* – бытовые стоки городов, отходы кожевенных, целлюлозно-бумажных, пивоваренных и др. производств.

а) биологические загрязнители:

- растительные – остатки бумаги, растительного масла, остатки плодов, овощей, растительных кормов и др. Основное загрязняющее вещество – углерод.

- животные – физиологические выделения человека и животных, воды боен, остатки жировых и мускульных тканей, клеевые вещества и др. Основное загрязняющее вещество – азот.

б) бактериальные загрязнители: дрожжевые и плесневые грибки, бактерии и микроскопические водоросли, стоки кожевенных заводов, больниц, ветеринарных лечебниц и т.д.

3) *Тепловое загрязнение* – сброс нагретых сточных вод предприятий и ТЭС.

Пример: предприятия спускают воду, нагретую до 30⁰С. Результат – цветение воды из-за развития водорослей, разложение биомассы → уменьшение количества O₂ → развитие анаэробных процессов → усиление токсичности загрязнителей.

Последствия загрязнения гидросферы:

Под воздействием загрязняющих веществ в природных водах происходят изменения, которые можно подразделить:

1) *Первичные изменения* – следствия прямого действия токсичных веществ на природные воды;

2) *Вторичные изменения* – при взаимодействии загрязняющих веществ между собой или составными частями воды → образуются новые вещества, оказывающие негативные воздействия;

3) *Третичные изменения* – нарушение взаимосвязей в химических и биологических процессах в водоемах → снижение продуктивности водоемов.

Динамика изменений в водоемах под воздействием загрязнителей:

1) появление на поверхности воды пятен, пленок, хлопьевидных сгустков и других веществ;

2) отложение этих веществ на дне в виде осадков;

3) изменение прозрачности, температуры, цвета, вкуса и запаха воды;

4) уменьшение количества растворенного O₂;

- 5) изменение характера реакции среды, появление новых веществ и соединений;
- 6) изменение количества и видового состава бактерий – появление болезнетворных бактерий;
- 7) изменение видового состава и численности моллюсков, рыб и др. водных животных;
- 8) исчезновение водных животных;
- 9) зарастание водоемов водолюбивыми растениями и образование на дне илистых наносов (заболачивание).

Мероприятия по охране гидросферы:

- 1) разработка и создание бессточных технологических систем;
- 2) переработка отходов производства для получения вторичных материальных ресурсов;
- 3) создание таких процессов для получения необходимой продукции, которые бы исключали образование токсичных отходов;
- 4) создание промышленных комплексов, обеспечивающих замкнутые потоки сырья и отходов производства;
- 5) очистка сточных вод:
 - а) механическая – с помощью отстойников, ловушек и фильтров;
 - б) химическая – добавление в сточные воды реагентов, вступающих в реакции с токсикантами, в результате чего последние выпадают в осадок;
 - в) биологическая – использование микроорганизмов для разрушения органических и минеральных загрязнений.

3. Проблема загрязнения почв и меры по борьбе с ним.

Земельные (почвенные) ресурсы – совокупность земельных массивов, используемых или доступных для использования в хозяйственных целях.

Главная причина истощения земельных ресурсов – **эрозия почв**.

Эрозия – процесс разрушения и переноса почвы и подстилающих ее пород водой, ветром или в результате хозяйственной деятельности человека.

Виды эрозии:

1. Техногенная эрозия почв – обусловлена хозяйственной деятельностью человека. **Причины** техногенной эрозии:

- 1) Подземные и открытые разработки полезных ископаемых;
- 2) Ядохимикаты и избыточное внесение минеральных удобрений;
- 3) Промышленные отбросы и строительный мусор;
- 4) Свалки городов;
- 5) Уплотнение почвы в результате чрезмерного давления на нее ходовой частью с/х машин и колесами автомобилей.

2. Ветровая и водная эрозия – не связана с деятельностью человека, обусловлена естественными процессами.

Борьба с истощением земельных ресурсов:

Главное средство борьбы – **мелиорация земель** – система мероприятий, направленных на улучшение водного режима и почвенных условий территории. Обеспечивает повышение плодородия почвы и рациональное использование земельных ресурсов.

Мелиоративные мероприятия:

- 1) орошение и осушение земель;
- 2) регулирование течения рек и поверхностного стока воды;
- 3) устройство гидротехнических сооружений с целью предотвращения эрозии;
- 4) улучшение физико-химических свойств почвы;
- 5) почвозащитное лесонасаждение;
- 6) уборка и уничтожение кустарников, валунов и камней, выравнивание поверхности почв.

Все перечисленные мелиоративные мероприятия направлены на улучшение почвенных условий и охрану имеющихся земельных ресурсов.

Охрана земель – комплекс сложных технических и биологических мероприятий, направленных на восстановление продуктивности и санитарного состояния земель и улучшение их эстетического облика.

Для достижения поставленных задач применяется **рекультивация земель** – совокупность инженерно-технических, мелиоративных, агротехнических и других мероприятий по восстановлению биологической продуктивности и улучшению внешнего облика нарушенных земель.

2 этапа рекультивации:

1) *Горнотехнический этап*: подготовка территории для освоения – планирование отвалов, выравнивание поверхности, нанесение на поверхность плодородного (гумусного) слоя почвы, мелиоративные работы.

2) *Биологический этап*: мероприятия по восстановлению биологического плодородия почв – посадка древесных или кустарниковых растений, выращивание с/х культур.

4. Проблемы охраны растительного и животного мира.

В связи с усилением антропогенной нагрузки увеличивается тенденция к обеднению видового разнообразия естественной растительности и животного мира. Многие виды исчезли с лица Земли. В 1978г. на 14 генеральной ассамблее МСОП впервые поднимается проблема сохранения биологического разнообразия видов независимо от их экономического значения – создание **Международной Красной Книги**.

1974г. – на территории СССР создана **Красная Книга СССР**.

Все охраняемые виды в Красной Книге поделены на категории:

1 категория (CR): виды, находящиеся под угрозой исчезновения, спасение которых невозможно без осуществления специальных мер (европейская норка, чернозобая гагара, скопа, змеяд, большой подорлик, орлан-карлик; стерлядь, ручьевая форель, обыкновенный хариус, сырть, усач; жемчужница обыкновенная; хвощ полевой, пихта белая, лапчатка скальная, ятрышник мужской).

2 категория (EN): виды, численность которых еще относительно велика, но сокращается катастрофически быстро, что в недалеком будущем может поставить их под угрозу исчезновения (европейский зубр, рысь, орешниковая соня, бурый медведь, гигантская и малая вечерница; малая поганка, большая выпь, серый журавль; болотная черепаха, медянка; камышовая жаба; броненосец связанный, жук-олень, шмель моховой; плаун обыкновенный, кувшинка белая).

3 категория (VU): редкие виды, которым в настоящее время еще не грозит исчезновение, но встречаются они в таком небольшом количестве, что могут исчезнуть при неблагоприятном изменении среды, под воздействием природных или антропогенных факторов (барсук, серощекая поганка, черный аист; зеленчук непарный; кубышка желтая, сфагнум Линберга).

4 категория (NT): виды, численность и состояние которых вызывает тревогу, однако, недостаток сведений не позволяет отнести их ни к одной из вышеуказанных категорий (садовая соня; рыжая цапля, оляпка; гребец Дидимус; хара грубая, пармелия сарадиозная).

Для сохранения видового разнообразия животных и растений осуществляют ряд мер, таких как создание заповедников, заказников, национальных парков и др.

Заповедник – особо охраняемая природная территория, навечно изъятая из хозяйствования, на которой охраняется весь природный комплекс, и выполняются научные исследования.

Заказник – территория, на которой в течение определенного периода установлен режим охраны животных, растений и других компонентов природного комплекса.

Национальный парк – охраняемая территория, представляющая особую экологическую, историческую и эстетическую ценность. Охраняет природные комплексы.

Природный парк – территория, выделяемая для охраны природных ландшафтов, а также для отдыха и туризма.

1. Понятие и значение правовой охраны природы.
2. Природоохранное законодательство в Республике Беларусь.

1. Понятие и значение правовой охраны природы.

Для нормального полноценного существования граждан в свободном обществе необходима благоприятная окружающая среда.

Негативные явления, препятствующие осуществлению права граждан на благоприятную окружающую среду:

1) Объективные причины:

- неизбежные последствия научно-технического прогресса с его интенсификацией производства, химизацией сельского хозяйства, ростом городов, транспорта, связи, воздействием на Мировой океан и озоновый слой;

2) Субъективные причины:

- недостатки управления охраной природы, неразвитость экологического, правового, политического сознания многих граждан, недостаточность их экологической информированности.

В связи с очевидной необходимостью, во многих странах проводится целая серия мероприятий, направленных на усиление охраны окружающей среды и улучшение экологической обстановки, создаются правовые основы правильного природопользования.

Правовая охрана природы - это совокупность государственных мероприятий, закрепленных в праве и осуществляемых в целях сохранения и улучшения благоприятных природных условий для жизни человека, предупреждения вредного влияния общества на окружающую природную среду.

2. Природоохранное законодательство в Республике Беларусь.

В Республике Беларусь имеется система природоохранного законодательства, являющегося составной частью права.

Правовая охрана окружающей среды основывается, прежде всего, на **Конституции государства**. В соответствии с положениями Конституции Республики Беларусь 1994г., каждый гражданин имеет право на благоприятную окружающую среду и на возмещение вреда, причиненного нарушением этого права. Недра, воды, леса составляют исключительную собственность государства. Земли сельскохозяйственного назначения находятся в собственности государства. Ряд важных природоохранных положений имеется в следующих статьях Конституции:

Статья 45

Гражданам Республики Беларусь гарантируется... право на охрану здоровья обеспечиваемое мерами по оздоровлению окружающей среды.

Статья 46

Каждый имеет право на благоприятную окружающую среду и на возмещение вреда, причиненного нарушением этого права.

Государство осуществляет контроль за рациональным использованием природных ресурсов и улучшением условий жизни, а также охраной и восстановлением окружающей среды.

Статья 107

Правительство Республики Беларусь ...обеспечивает проведение... государственной политики в области...экологии.

Законы в области охраны окружающей среды (действуют сейчас):

1. ЗАКОН об охране окружающей среды от 26 ноября 1992 г.
2. Водный кодекс Белорусской ССР. Утвержден Законом Белорусской ССР от 27 декабря 1972 г.
3. Лесной кодекс Белорусской ССР. Утвержден Законом Белорусской ССР от 21 июня 1979 г.
4. Кодекс Белорусской ССР о земле. Постановление Верховного Совета Белорусской ССР от 11 декабря 1990 г.
5. ЗАКОН об охране атмосферного воздуха от 26 ноября 1981 г.
6. ЗАКОН об охране и использовании животного мира от 26 ноября 1981 г.
7. ЗАКОН о налоге за пользование природными ресурсами (экологический налог) от 23 декабря 1991 г. (в соответствии с ЗАКОНОМ все предприятия, учреждения, организации, занимающиеся хозяйственной деятельностью, должны платить экологический налог).
8. ЗАКОН о государственной экологической экспертизе от 18 июня 1993 г. (в соответствии с ним все предприятия, учреждения, организации, которые занимаются строительством объектов, обязаны проходить экологическую экспертизу).
9. ЗАКОН об отходах производства и потребления от 25 ноября 1993 г. (призван содействовать предотвращению отрицательного воздействия на окружающую среду и человека при обращении с отходами и максимальному включению их в хозяйственный оборот как дополнительного источника сырья).
10. ЗАКОН об особо охраняемых природных территориях и объектах от 20 октября 1994 г.

Об охране памятников природы на территории Белорусской ССР.

В законе Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» выделен особый раздел, где характеризуется **право граждан на благоприятную окружающую среду**. Это право раскрывается как сложный эколого-правовой комплекс, который включает три аспекта экологических прав человека:

- 1) на здоровую среду;
- 2) на благоприятную для жизни среду;
- 3) на активное участие в охране окружающей среды.

Реальными гарантиями права человека на здоровую окружающую среду служат утверждаемые государством **нормативы предельно допустимых вредных воздействий** на окружающую среду и здоровье человека, а также существующая система экологического контроля за их соблюдением и ответственности за их невыполнение.

В соответствии со статьей 5 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» физические лица, проживающие на территории республики, **имеют право:**

- создавать общественные объединения и фонды по охране окружающей среды и контролю за ее состоянием;
- требовать и получать полную и достоверную информацию о состоянии

окружающей среды и мерах по ее охране;

- вносить предложения о запрещения, прекращении проектирования, строительства, реконструкции, эксплуатации объектов, оказывающих отрицательное влияние на окружающую среду и здоровье человека;
- предъявлять в суд иски о возмещении вреда здоровью и имуществу граждан, имуществу юридических лиц, причиненного нарушениями природоохранного законодательства либо ставшего следствием связанных с такими нарушениями экологических катастроф.

Права граждан неразрывно связаны с **обязанностями**. Должностные лица и граждане несут дисциплинарную, гражданско-правовую, административную или уголовную ответственность, в соответствии с законодательством, за экологические правонарушения, противоправные деяния, нарушающие природоохранное законодательство и причиняющие вред окружающей среде и здоровью человека.

Граждане Республики Беларусь и иные лица, проживающие на ее территории, **обязаны**: беречь и охранять природу, рационально использовать ее богатства, соблюдать требования природоохранного законодательства, повышать экологическую культуру, содействовать экологическому воспитанию подрастающего поколения.

В 1990 г. при Прокуратуре РБ создана **природоохранная прокуратура**. Природоохранная прокуратура осуществляет надзор за соблюдением всеми учреждениями, организациями, предприятиями природоохранного законодательства и Закона РБ о социальной защите граждан, пострадавших от катастрофы на ЧАЭС. Природоохранная прокуратура также занимается расследованием уголовных дел, связанных с нарушением природоохранного законодательства и Закона о социальной защите.

С 1988 в Беларуси начал действовать **Государственный Комитет по охране природы (Госкомприроды)**. В настоящее время он преобразован в **Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды**. В подчинении Министерства находятся **областные комитеты природных ресурсов и охраны окружающей среды**. Эти комитеты имеют специализированные **областные, городские и районные инспекции**.

Контроль и наблюдения за состоянием окружающей среды также осуществляют:

- а) санэпидслужба (система Министерства здравоохранения РБ);
- б) гидрометеослужба (Комитет по гидрометеорологии);
- в) Министерство по чрезвычайным ситуациям и защите населения от последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС;
- г) госконтроль за состоянием, воспроизводством, охраной и защитой лесов (Управление государственного контроля, производственное лесохозяйственное объединение, областные отделы государственного контроля);
- д) Комитет рыбоохраны (при Министерстве природных ресурсов и охраны окружающей среды; областные, межрайонные и районные инспекции рыбоохраны).

Важное природоохранное значение имеют следующие **документы, акты**:

1. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 20 апреля 1993 г., № 247 «**О создании национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь (НСМОС)**». Мониторинг создан для наблюдения, оценки и

прогноза состояния окружающей среды.

2. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 20 апреля 1993 г., № 248 «**О государственных кадастрах природных ресурсов**». **Кадастр** – это систематизированный свод данных, включающий качественную и количественную опись объектов, явлений, в ряде случаев с их социально-экономической оценкой.

В республике имеется **10 кадастров**: государственный климатический кадастр, государственный земельный кадастр, государственный водный кадастр, государственный лесной кадастр, государственный кадастр атмосферного воздуха, государственный кадастр недр, государственный кадастр животного мира, государственный кадастр растительного мира, государственный кадастр торфяного фонда, государственный кадастр отходов.

Осуществление глобального контроля за состоянием среды, введение экономических рычагов правильного природопользования (через систему исков, штрафов, налогов), юридической ответственности за нарушения природоохранного законодательства, широкое экологическое образование специалистов разного профиля, повышение общей экологической культуры населения может и должно способствовать улучшению состояния окружающей среды.

ЛЕКЦИЯ 14 ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ (МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ)

Мониторинг – комплексная система наблюдений, оценки и прогноза изменения состояния окружающей среды под влиянием антропогенных факторов. Этот термин появился перед проведением Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде (июнь, 1972) в дополнение к понятию «контроль за состоянием окружающей среды». Большой вклад в разработку теории мониторинга внесли И.П. Герасимов, Ю.А. Израэль, В.Д. Федоров и другие российские ученые.

Основной принцип мониторинга – непрерывное слежение. Главные цели мониторинга:

- 1) наблюдение за состоянием окружающей природной среды и уровнем ее загрязнения;
- 2) оценка последствий антропогенного воздействия на биоту, экосистемы и здоровье человека;
- 3) оценка эффективности природоохранных мероприятий.

Мониторинг – не только слежение и оценка факторов, но и экспериментальное моделирование, прогноз и рекомендации по управлению состоянием окружающей природной среды.

По территориальному охвату различают 3 ступени (блока) современного мониторинга:

- 1) Локальный (биоэкологический, санитарно-гигиенический) мониторинг;
- 2) Региональный (геосистемный, природно-хозяйственный) мониторинг;
- 3) Глобальный (биосферный, фоновый) мониторинг.

Система наземного мониторинга окружающей среды по И.П. Герасимову

Ступени мониторинга	Объекты мониторинга	Характеризуемые показатели
Локальный (биоэкологический, санитарно-гигиенический) мониторинг	Приземный слой воздуха	ПДК токсических веществ
	Поверхностные и грунтовые воды, промышленные и бытовые стоки и различные выбросы	Физические и биологические раздражители (шумы, аллергены и другие)
	Радиоактивные излучения	Предельная степень радиоизлучения
Региональный (геосистемный, природно-хозяйственный) мониторинг	Исчезающие виды животных и растений	Популяционное состояние видов
	Природные экосистемы	Структура и нарушения
	Агроэкосистемы	Урожайность с/х культур
	Лесные экосистемы	Продуктивность насаждений

Глобальный (биосферный, фоновый) мониторинг	Атмосфера	Радиационный баланс, тепловой перегрев, состав и запыление
	Гидросфера	Загрязнение рек и водоемов, водные бассейны, круговорот воды на континентах
	Растительный и почвенный покровы, животное население	Глобальные характеристики состояния почв, растительного покрова и животных. Глобальный круговорот CO ₂ , O ₂ , и других веществ

Виды мониторинга:

1) Локальный (биоэкологический, санитарно-гигиенический) мониторинг

В программу входит наблюдение за изменением в различных сферах содержания загрязняющих веществ, обладающих канцерогенными, мутагенными или иными неприятными свойствами. Постоянным наблюдениям подвергаются следующие загрязняющие вещества, наиболее опасные для природных экосистем и человека:

- в поверхностных водах – радионуклиды, тяжелые металлы, пестициды, бензпирен, рН, минерализация, азот, нефтепродукты, фенолы, фосфор;
- в атмосферном воздухе – оксиды углерода, азота, диоксид серы, озон, пыль, аэрозоли, тяжелые металлы, радионуклиды, пестициды, бензпирен, азот, фосфор, углеводороды;
- в биоте – тяжелые металлы, радионуклиды, пестициды, бензпирен, азот, фосфор.

Тщательно исследуют такие вредные воздействия как радиацию, шум, вибрацию, электромагнитные поля и др.

2) Региональный (геосистемный, природно-хозяйственный) мониторинг:

Наблюдение ведется за состоянием крупных природно-территориальных комплексов (бассейнов рек, лесных экосистем, агроэкосистем и др.), где имеется отличия параметров от базового фона в виду антропогенных воздействий. Изучаются трофические связи (биологические круговороты) и их нарушения, оценивается возможность использования ресурсов природных экосистем, конкретных видов деятельности; анализируется характер и количественные показатели антропогенных воздействий на окружающую природную среду этих регионов. Например, ведут контроль за состоянием популяций исчезающих видов животных в пределах какого-либо региона и т.д.

3) Глобальный (биосферный, фоновый) мониторинг:

Основная задача – обеспечить наблюдение, прогноз и контроль возможных изменений в биосфере в целом. Его называют еще фоновым или биосферным. Объектами глобального мониторинга является атмосфера, гидросфера,

растительный и животный мир и биосфера в целом как среда жизни человечества. Разработка и контроль глобального мониторинга окружающей среды осуществляется в рамках ЮНЕП (орган ООН) и всемирной метеорологической организацией (ВМО). Основными целями этой программы является:

- организация расширенной системы предупреждения об угрозе здоровью человека;
- оценка влияния глобального загрязнения атмосферы на климат;
- оценка количества и распределения загрязнения в биологических системах, особенно в пищевых цепочках;
- оценка критических проблем, возникших в результате с/х деятельности и землепользования
- оценка реакций наземных экосистем на воздействия окружающей среды;
- оценка загрязнения океана и влияние загрязнений на морские экосистемы;
- создание системы предупреждения о стихийных бедствиях в международном масштабе.

4) Космический мониторинг:

При выполнении работ по программе глобального мониторинга особое внимание уделяют наблюдением за состоянием природной среды из космоса. Космический мониторинг позволяет получить уникальную информацию о функционировании экосистем, как на региональном, так и на глобальном уровне. По сравнению с другими видами мониторинга космический мониторинг имеет ряд преимуществ. Так, например, с его помощью возможно оперативно получить информацию о природной среде с больших территорий Земли, что особенно важно при возникновении ураганов, наводнений и других стихийных бедствий. Чрезвычайно важным является создание системы космического мониторинга лесных пожаров для малозаселенных пространств.

5) Биологический мониторинг:

Основной задачей биологического мониторинга является определение состояния биотической составляющей биосферы и ее реакции на антропогенное воздействие. Биологический мониторинг включает мониторинг живых организмов – популяций (по числу, биомассе, плотности и другим признакам), подверженных различным воздействиям. В этой подсистеме мониторинга целесообразно выделить следующие наблюдения:

а) за состоянием здоровья человека, воздействием на него среды (медико-биологический мониторинг);

б) за наиболее чувствительными к данному виду воздействия (или комплексу воздействий) популяциями (например, растительности к воздействию двуокиси серы) или за «критическими» популяциями по отношению к данному воздействию (например, зоопланктона в Байкале к сбросам целлюлозных предприятий).

Особое место в биологическом мониторинге занимает генетический мониторинг (наблюдение за возможными наследственными изменениями у различных популяций).

Очень значимым с точки зрения практических действий при организации мониторинга в любых масштабах, с любыми целями является мониторинг загрязняющих веществ и других факторов воздействия в различных средах.

Мониторинг в различных средах (различных сред) включает:

- мониторинг приземного слоя атмосферы и верхней атмосферы;
- мониторинг гидросферы;
- мониторинг литосферы (в первую очередь почвы).

Не менее важной с практической точки зрения представляется классификация систем мониторинга по факторам и источникам воздействия.

1) Мониторинг факторов воздействия – мониторинг различных загрязнителей (ингредиентный мониторинг) и других факторов воздействия (электромагнитное излучение, тепло, шумы). Здесь, в первую очередь, мониторингу должны быть подвергнуты наиболее вредные факторы: токсичные вещества, наиболее стойкие и подвижные, имеющие токсичные дочерние продукты, образующиеся при распаде и превращениях, и опасные при воздействии в сочетании с другими веществами.

2) Мониторинг источников воздействия – среди источников воздействия, и в первую очередь загрязнений, следует выделить:

- а) точечные стационарные источники (заводские трубы);
- б) точечные подвижные источники (транспорт);
- в) пространственные источники (города, поля с внесенными химическими веществами).

Национальным мониторингом называют систему мониторинга в рамках одного государства. Такая система отличается от глобального мониторинга не только масштабом, но и тем, что основными задачами национального мониторинга являются получение информации и оценка состояния окружающей среды в национальных интересах. В условиях Беларуси создана НСМОС.

ЛЕКЦИЯ 15 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

1. Экологические методы при изучении растительных сообществ.
2. Экологические методы при изучении животных.
3. Математические методы и моделирование.

Разнообразие методов экологических исследований обуславливается многообразием связей, формирующихся внутри макросистем: популяции → биоценозы → биогеоценозы (экосистемы) → биосфера.

Первостепенное значение – полевые исследования, т.е. изучение популяций видов и сообществ популяций в естественной обстановке (природе). При полевых исследованиях применяются:

- а) физические методы;
- б) биохимические методы;
- в) систематические методы;
- г) математические методы.

Все эти методы рассматривают констелляцию (совместное действие) всех внешних и внутренних факторов на жизнедеятельность организмов, внутри- и межпопуляционные взаимоотношения.

Значение полевых исследований: позволяют установить результат влияния на организм или популяцию комплекса факторов; выяснить общую картину развития и жизнедеятельности вида или особи в конкретных условиях. Но полевые исследования не дают точного представления о принципах и закономерностях жизнедеятельности особи, популяции или сообщества.

Полевой и лабораторный эксперимент: объясняет причины наблюдаемых в природе отношений, позволяет проанализировать и изучить все разнообразие экологических механизмов, обуславливающих существование сообщества.

Пример экологического эксперимента: исследования, проводимые при создании лесозащитных полос при мелиоративных с/х работах.

1. Экологические методы при изучении растительных сообществ

За единицу растительного сообщества принимается растительная ассоциация – основная единица растительного покрова, которая представляет собой совокупность однородных фитоценозов с однородной структурой, видовым составом и со сходными взаимоотношениями организмов как друг с другом, так и с внешней средой.

Ассоциация называется по двум или более господствующим видам: бор-брусничник (сосна + брусника), бор-кисличник (сосна + кислица), ельник сфагново-травяной (ель + мох сфагнум + разнотравье), бор-черничник с моховым покровом (сосна + черника + мхи) и т.д.

Сходные ассоциации → группы → формации → группы формаций → классы формаций → типы растительности.

Экологический метод при изучении растительных ассоциаций – *закладка и описание пробных площадей и учетных площадок.*

Пробная площадь – участок территории, выделенный произвольно или имеющий естественные границы, характеризующийся однородностью растительных ассоциаций (для трав – 1-100 м², для лесов – 100-5000 м²).

Учетная площадка – участок территории пробной площади, выделяемый для более точного описания растительности ассоциации (площадь – 1-4 м², для определения биомассы – 0,25 м²).

При характеристике растительных сообществ пробных площадей проводятся следующие качественные и количественные описания:

1) В первую очередь составляется список растений в определенной последовательности: деревья → кустарники и полукустарнички → многолетние и однолетние травы → мхи → лишайники → грибы → водоросли.

Растения в каждой группе располагаются в систематическом или алфавитном порядке.

2) Отмечается жизненность видов, т.е. наличие угнетенных или буйно развитых видов (путем взвешивания сухой массы того или иного вида растений, приходящейся на единицу площади).

3) Описание ярусности: обозначается римскими цифрами, начиная с верхнего. Верхний ярус (1) – высокие деревья, 2 – средние деревья, 3 – подлесок и т.д.

4) Описание мозаичности (микрорассеивания): в пределах пробной площади закладываются мелкие, метровые площадки, где описываются преобладающие виды растений условия среды (микрорельеф, влажность, накопление ветоши и др.).

5) Описание фенологии (периодичности в развитии): отмечается фенологическая фаза каждого описанного вида (стадия развития).

6) Описание физиономичности – состояние ассоциации, ее общий вид. Учитываются моменты появления цветущих, плодоносящих, отмирающих и вегетирующих растений.

После описание структуры растительной ассоциации характеризуют местообитание сообщества:

1) описание рельефа склона (если он имеется);

2) описание почвы: а) скелет; б) механический состав; в) органические включения; г) тип почвы (чернозем, подзолистые, торфяные и т.д.); д) химический состав; е) особенности микрофлоры и микрофауны.

3) описание геоботанического профиля: выбирают какой-либо ориентир, в данном направлении отмечают все изменения в растительности по уклону местности, вычерчивают профиль описываемой площади.

Дополнительные методы при изучении растительных ассоциаций:

1) Хозяйственная оценка: отмечается бонитет древостоя и обеспеченность семенным возобновлением, наличие в травостое полезных и вредных растений, степень плодородия почв и др.

2) Химические методы: устанавливается накопление тех или иных органических веществ в отдельных растениях, и данные экстраполируются на ассоциацию в целом.

3) Физиологические методы: прослеживают физиологические процессы, происходящие в отдельных растениях и сообществах в целом.

Завершающий этап исследований – геоботаническое картирование: в зависимости от масштаба на карту наносятся растительные ассоциации, либо группы ассоциаций, формации; широко применяется аэрофотосъемка.

2. Экологические методы при изучении животных

Основной единицей животного сообщества является популяция.

С целью изучения популяций животных исследуют их питание, степень влияния на них абиотических факторов, размножение, физиологию, биохимию и др.

1) Трофическая структура популяции:

- определение состава пищи, количества ее компонентов. Анализируется содержимое желудков, погадок, остатков пищи, химический состав самой пищи, значение компонентов пищи для жизни животных на разных фазах развития и в разные сезоны.

2) Половозрастная структура популяций:

- определение соотношения полов и возрастных групп в популяции; на основании полученных данных определяется состояние популяции (ее жизнеспособность или угнетенность).

3) Репродуктивная структура популяции:

- изучается динамика размножения: фенология размножения, степень участия в нем особей разного возраста и различного физиологического состояния, интенсивность размножения и др.

4) Поведенческая (этологическая) структура популяции:

Изучение особенности поведения животных в разные сезоны, периоды жизни, взаимоотношения между особями внутри популяции.

5) Пространственная структура популяции:

Изучаются закономерности миграций и размещения популяций. Используются методы мечения животных (кольцевание, закрепление меток, окраска, прикрепление радиопередатчиков, введение в организм меченых атомов и т.д.).

6) Морфометрическая и фенетическая структура популяций:

- изучение морфологических особенностей особей в популяциях; на основании полученных данных определяется степень влияния на популяцию условий окружающей среды, степень разобщенности популяционных группировок.

Изучаются интенсивность газообмена, водного обмена, накопление питательных веществ, темпы роста и другие показатели на уровне макросистемы (популяции или сообщества).

3. Математические методы и моделирование.

При изучении природных популяций зачастую данные, полученные на небольшой выборке особей, экстраполируются на всю популяцию, что вносит большую погрешность в итоговом результате. Кроме того, выбор особей из популяции носит случайный характер. И лишь применение **методов математической статистики** дает возможность по случайному набору различных

вариантов определить достоверность тех или иных результатов и получить объективное представление обо всей популяции.

В последнее время широкое распространение получило **моделирование биологических явлений** и использование **живых моделей**.

1. Моделирование биологических явлений – воспроизведение в искусственных системах различных процессов, свойственных живой природе.

Примеры биологических моделей: аппарат искусственного кровообращения, искусственная почка, моделирование фотосинтетических реакций.

2. Использование живых моделей – изучение сложных биологических процессов и явлений на простых существах.

Пример: зоохлорелла служит моделью для изучения реакций пластического и энергетического обменов.

Т.о. **основной задачей** биологического моделирования является экспериментальная проверка гипотез относительно структуры и функций биологических систем. Сущность моделирования заключается в том, что вместе с оригиналом, т.е. с какой-то реальной системой, изучается его искусственно созданное подобие – **модель**. В сравнении с оригиналом модель обычно упрощена, но свойства их сходны.

В зависимости от особенностей оригинала и задач исследования применяются **следующие модели:**

1) Реальные (натурные, аналоговые) модели – отражающие самые существенные черты оригинала (аквариум – модель естественного водоема). Однако создание таких моделей сопряжено с большими техническими трудностями, т.к. затруднительно добиться точного воспроизведения оригинала.

2) Знаковые (идеальные) модели – условное отображение оригинала с помощью математических выражений или подробного описания. В свою очередь они делятся:

а) Концептуальные (вербальные, графические) модели – характеризуются подробным описанием системы (научный текст, схемы систем, таблицы, графики и др.);

б) Математические модели – наиболее эффективный метод изучения экологических систем, особенно при определении количественных показателей. Математические символы позволяют сжато описать сложные экологические системы, а уравнения дают возможность формально определить взаимодействия различных их компонентов.