

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

«Любая единица (биосистема), включающая все совместно функционирующие организмы (биотическое сообщество) на данном участке и взаимодействующая с физической средой таким образом, что поток энергии создает четко определенные биотические структуры и круговорот веществ между живой и неживой частями, представляют собой **экологическую систему, или экосистему**» (Ю. Одум, 1986).

Таким образом, *природные экосистемы - это открытые системы*: они должны получать и отдавать вещества и энергию.

С точки зрения пищевых взаимодействий организмов, **трофическая структура** экосистемы делится на два яруса:

1) верхний – *автотрофный ярус*, или «зеленый пояс», включающий фотосинтезирующие организмы, создающие сложные органические молекулы из неорганических простых соединений;

2) нижний - *гетеротрофный ярус*, или «коричневый пояс» почв и осадков, в котором преобладает разложение отмерших органических веществ снова до простых минеральных образований.

Продуцирование и разложение в природе

Фотосинтезирующие организмы, и лишь отчасти хемосинтезирующие, создают органические вещества на Земле - **продукцию** - в количестве 100 млрд т/год и примерно такое же количество веществ должно превращаться в результате дыхания растений в углекислый газ и воду.

Без процессов дыхания и разложения, так же как и без фотосинтеза, жизнь на Земле была бы невозможна.

Дыхание - это процесс окисления, который еще в древности справедливо сравнивали с горением. Благодаря дыханию как бы «сгорает» накопленное при фотосинтезе органическое вещество.

Дыхание - процесс гетеротрофный, приблизительно уравнивающий автотрофное накопление органического вещества. Различают аэробное, анаэробное дыхание и брожение.

Аэробное дыхание - процесс обратный фотосинтезу, где окислитель, газообразный кислород присоединяет *водород*.

Анаэробное дыхание происходит обычно в бескислородной среде и в качестве окислителя служат другие неорганические вещества, например сера.

Брожение - такой анаэробный процесс, где окислителем становится само органическое вещество.

Гомеостаз экосистемы

Гомеостаз - способность биологических систем - организма, популяции и экосистем - противостоять изменениям и сохранять равновесие. Исходя из кибернетической природы экосистем - гомеостатический механизм - это *обратная связь*.

Для управления экосистемами не требуется регуляция извне - это *саморегулирующаяся система*.

Между условно выделенными кибернетическими блоками управление осуществляется посредством положительных и отрицательных связей. *Положительная обратная связь* "усиливает отклонение», например увеличивает чрезмерно популяцию жертвы.

Отрицательная обратная связь «уменьшает отклонение», например, ограничивает рост популяции жертвы за счет увеличения численности популяции хищников.



Рис. Элементы кибернетики (по Ю.Одуму, 1975, с изменениями): взаимодействие положительной (+) и отрицательной (-) обратных связей в системе хищник – жертва.

Энергия экосистемы

Энергия передается от организма к организму; создающих пищевую, или **трофическую цепь**: от автотрофов, продуцентов (создателей) к гетеротрофам, консументам (пожирателям) и так 4-6 раз с одного трофического уровня на другой.

Трофический уровень - это место каждого звена в пищевой цепи.

Первый трофический уровень - это продуценты, все остальные - консументы.

Второй трофический уровень - это растительноядные консументы;

третий - плотоядные консументы, питающиеся растительноядными формами;

четвертый - консументы, потребляющие других плотоядных, и т. д.



Рис. Пищевые взаимосвязи организмов в биогеоценозе

(по И. Н. Пономаревой. 1978)

Большая часть энергии при переходе с одного трофического уровня на другой, более высокий, теряется. Приблизительно потери составляют около 90%: **на каждый следующий уровень передается не более 10% энергии от предыдущего уровня (Правило 10 процентов).**

Различают два вида трофических цепей: *цепи выедания, или пастбищные*, которые начинаются с поедания фотосинтезирующих организмов, и *детритные цепи разложения*, которые начинаются с остатков отмерших растений, трупов и экскрементов животных.

Принцип биологического накопления

В круговорот веществ в экосистеме часто добавляются вещества, попадающие сюда извне. Они концентрируются в трофических цепях и накапливаются в них, т. е. происходит их биологическое **накопление**.

Биологическая продуктивность экосистем

Продуктивность экологической системы - это скорость, с которой продуценты усваивают лучистую энергию в процессе фотосинтеза и хемосинтеза, образуя органическое вещество, которое затем может быть использовано в качестве пищи.

Различают разные **уровни продуцирования**, на которых создается первичная и вторичная продукция. Органическая масса, создаваемая продуцентами в единицу времени, называется *первичной продукцией*, а прирост за единицу времени массы консументов - *вторичной продукцией*.

Экологические пирамиды

Функциональные взаимосвязи, т. е. трофическую структуру, можно изобразить графически, в виде так называемых **экологических пирамид**.

Основанием пирамиды служит уровень продуцентов, а последующие уровни питания образуют этажи и вершину пирамиды. Известны три основных типа экологических пирамид:

- 1) *пирамида чисел*, отражающая численность организмов на каждом уровне (пирамида Элтона);
- 2) *пирамида биомассы*, характеризующая массу живого вещества, - общий сухой вес, калорийность и т. д.;
- 3) *пирамида продукции* (или *энергии*), имеющая универсальный характер, показывающая изменение первичной продукции (или энергии) на последовательных трофических уровнях.

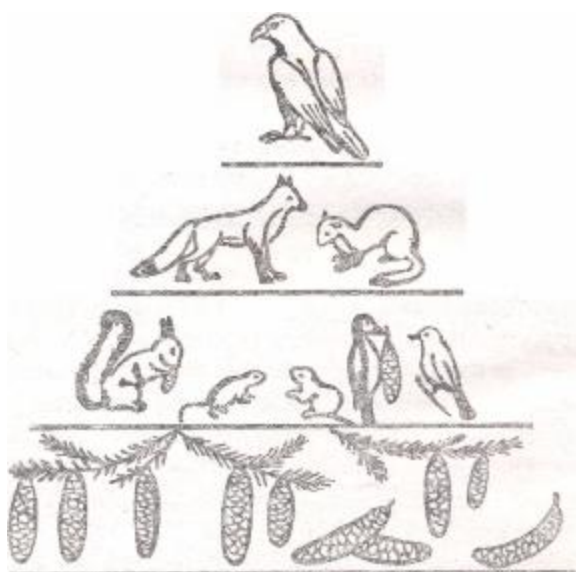
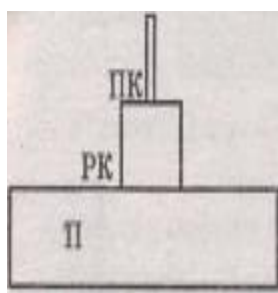
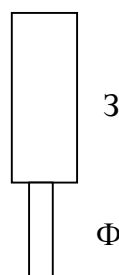


Рис. Упрощенная схема пирамиды Элтона (по Г.А.Новикову, 1979)

В наземных экосистемах действует следующее *правило пирамиды биомасс*: суммарная масса растений превышает массу всех травоядных, а их масса превышает всю биомассу хищников.



Коралловый риф



Пелагиаль океана

Рис. Пирамиды биомассы некоторых биоценозов

(по Ф. Дре, 1976) :

П - продуценты; РК - растительоядные консументы; ПК - плотоядные консументы; Ф - фитопланктон; З - зоопланктон (крайняя справа пирамида биомассы имеет перевернутый вид)

Более совершенным отражением влияния трофических отношений на экосистему должно быть *правило пирамиды продукции* (или *энергии*): на каждом предыдущем трофическом уровне количество биомассы, создаваемой за единицу времени (или энергии), больше, чем на последующем. Пирамида продукции отражает законы расходования энергии в трофических цепях.

Динамика экосистемы

Экосистема испытывает те же динамические процессы, что и ее популяции и сообщества: цикличность, смену популяций и биоценозов, и др.

Цикличность

Суточная, сезонная и многолетняя периодичность внешних условий и проявление внутренних (эндогенных) ритмов организмов, флуктуации популяций достаточно синхронно отражается в **цикличности** всего сообщества - биоценоза.

Суточные циклы наиболее резко выражены в условиях климата высокой континентальности, где значительная разница между дневными и ночными температурами.

Сезонная цикличность выражается в том, что на определенный период из биоценоза «выпадают» группы животных и даже целые популяции, впадающие в спячку, в период диапауз или оцепенений, при исчезновении однолетних трав, опадении листвы и т. п.

Многолетняя цикличность проявляется благодаря флуктуациям климата.

Экологическая сукцессия

Ю. Одум (1986) под экологической сукцессией понимает вообще весь процесс развития экосистемы.

Сукцессия - последовательная смена биоценозов, преимущественно возникающая на одной и той же территории (биотопе) под влиянием природных факторов (в том числе и внутренних противоречий самих биоценозов) или воздействия человека (Н. Ф. Реймерс (1990)).

Первичная сукцессия - это если формирование сообществ начинается на первоначально свободном субстрате.

Вторичная сукцессия - это последовательная смена одного сообщества, существовавшего на данном субстрате, другим, более совершенным для данных абиотических условий.

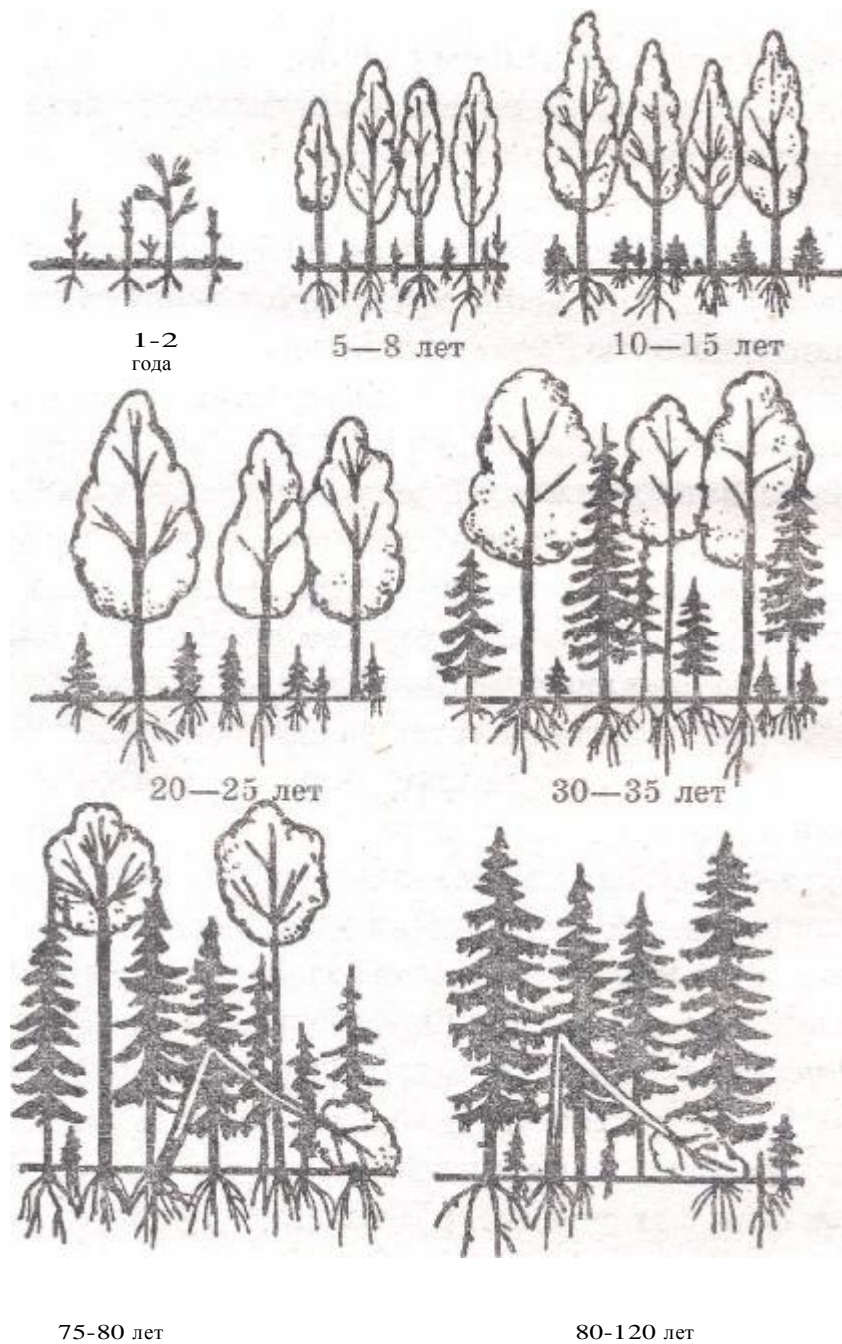


Рис. Смена березняка ельником (по И. Н. Пономаревой, 1978)

Классическим примером природной сукцессии является «старение» озерных экосистем - *эвтрофикация*. Она выражается в зарастании озер растениями от берегов к центру.

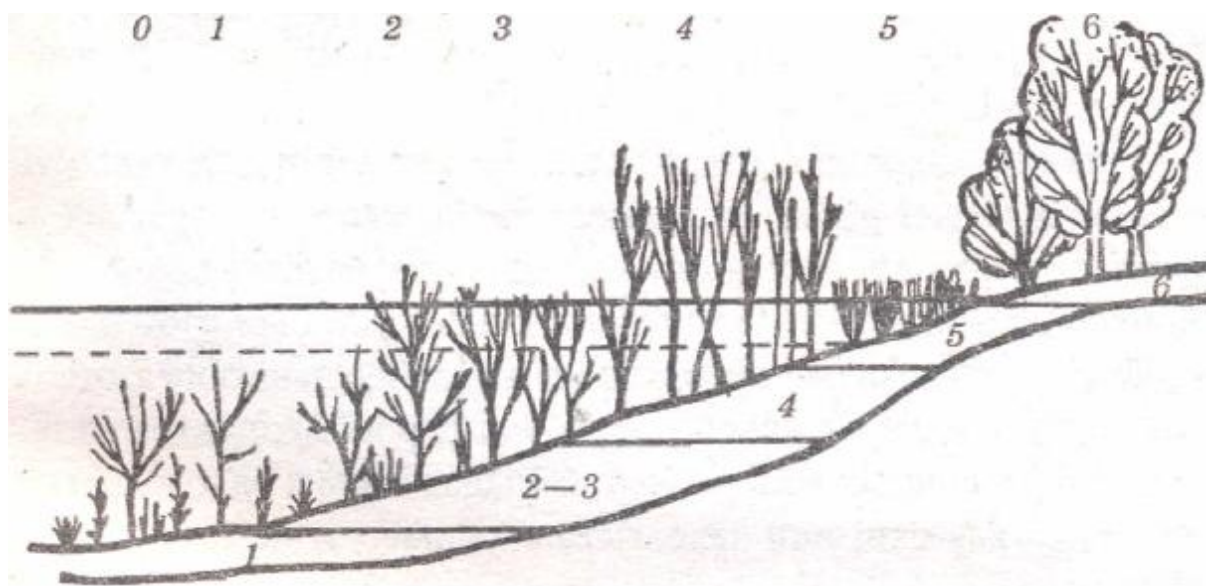


Рис. Зарастание эвтрофного водоема с непроточной или слабопроточной водой (пунктиром показан нижний уровень воды). Зоны:

0 - свободноплавающие растения, 1 - низкие (придонные) погруженные растения, 2 - высокие погруженные растения, 3 - растения с плавающими листьями, 4 - высокие надводные растения, 5 - низкие и средневисокие надводные растения, 6 - черноольховая топь. Отложения: 1 - сапропелит, 2-3 - сапропелитовый торф, 4 - тростниковый и камышовый торф, 5 - осоковый торф, 6 - лесной торф (Соловьев, 1983)

Сукцессионные процессы и климакс

Климаксное сообщество - это самоподдерживающееся сообщество, находящееся в равновесии с физическим местообитанием (Ю. Одум, 1975).