

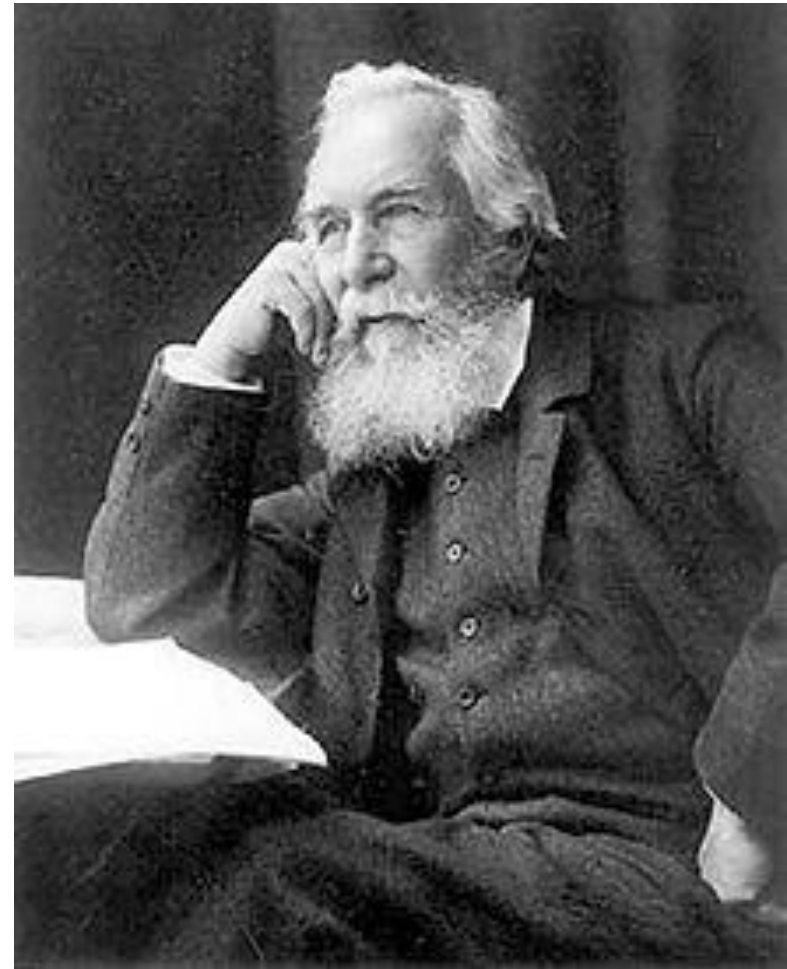
Лекция 1

Экология как наука

1. Предмет и задачи экологии

Термин «экология» был введён немецким биологом **Эрнстом Геккелем** в 1866 г. В книге «Всеобщая морфология организмов» он дал своё определение экологии как науки:

«Под экологией мы понимаем общую науку об отношениях организмов с окружающей средой, куда мы относим в широком смысле все "условия существования"».



Эрнст

В дословном переводе с греческого термин «экология» обозначает науку о доме

(*ойкос* – дом, жилище; *логос* – учение)
Большинство исследователей считают, что экология –
это наука, изучающая взаимоотношения организмов
между собой и окружающей средой.

С момента
выделения в
самостоятельную
науку и до 60-х гг.
XX в. экология
развивалась как
биологическая
наука, объектами
её изучения были в
основном
отношения
растений и
животных с
условиями среды.



Во второй половине XX в. внимание общества к проблемам взаимодействия человека с окружающей средой резко усилилось. Потребительское отношение к природе, хищническое использование природных ресурсов породили **множество экологических проблем**: изменение климата, уменьшение концентрации озона в верхних слоях атмосферы, загрязнение атмосферы, водных ресурсов, почв, опустынивание территорий, уменьшение видового разнообразия организмов и, как следствие, снижение устойчивости экосистем. Поэтому современная экология перестала быть чисто естественной биологической наукой. Она является **мировоззренческой областью знаний**, интегрирующей естественнонаучные, гуманитарные, социальные и технические науки.

В связи с этим **современную экологию можно рассматривать как науку, занимающуюся изучением взаимоотношений организмов и их сообществ, в том числе и человека, с окружающей средой, определением масштабов и допустимых пределов воздействия общества на среду, возможностей уменьшения этих воздействий или их полной нейтрализации**

Экология как наука сложна и многогранна. В процессе развития она дифференцируется на отдельные направления

Основной традиционной частью экологии как биологической науки является **общая экология**, или **биоэкология**, изучающая общие закономерности взаимоотношений организмов и их сообществ со средой. В составе **общей экологии** в зависимости от объектов изучения выделяют

следующие основные разделы:

- **аутэкологию**, исследующую взаимодействие между отдельными организмами (видами) и факторами среды;
- **популяционную экологию (демэкологию)**, изучающую структуру и динамику популяций отдельных видов;
- **синэкологию (биогеоценологию)**, в задачи которой входит изучение взаимоотношений организмов разных видов в биоценозах между собой и средой обитания как единого целого, экологические закономерности функционирования экосистем;
- **глобальную экологию** (учение о биосфере), исследующую закономерности функционирования биосферы.
- Кроме того, по объектам и средам исследования экологию подразделяют на экологию микроорганизмов, грибов, растений, животных, суши, водоемов. Крайнего Севера

Большое внимание в современной экологии уделяется проблемам взаимодействия человека (общества) с окружающей средой. Появились специальные дисциплины: социальная экология, экология человека и прикладная экология.

Социальная экология изучает взаимоотношения общества и природы.

Экология человека рассматривает взаимодействие человека как биосоциального существа с окружающим миром, пути оптимизации взаимоотношений человека со средой.

Прикладная экология решает конкретные вопросы природопользования, определяет допустимые нагрузки на среду, разрабатывает методы управления природными системами и способы экологизации различных видов деятельности человека.

К основным **теоретическим задачам экологии** относятся:

- исследования закономерностей организации жизни;
- разработка общей теории устойчивости экосистем;
- изучение экологических механизмов адаптации к среде;
- изучение биологического разнообразия и механизмов его поддержания;
- исследование регуляции численности популяций;
- исследование продуктивности экосистем;
- исследование биосферных процессов с целью поддержания её устойчивости;
- моделирование состояния экосистем и глобальных биосферных процессов.

Основные **прикладные задачи экологии** следующие:

- прогнозирование и оценка возможных отрицательных последствий в окружающей природной среде под влиянием деятельности человека;
- индикация загрязнения природных сред;
- сохранение, воспроизводство и рациональное использование природных ресурсов;
- улучшение качества окружающей природной среды;
- оптимизация инженерных, экономических, социальных и иных решений для обеспечения экологически устойчивого развития.



Экосистемы. Биоценозы

1. Понятие об экосистемах
 2. Видовой состав биоценозов
 3. Пространственная структура биоценоза
 4. Взаимоотношения организмов в биоценозах.
- Экологическая ниша
5. Поток энергии в экосистемах
 6. Биологическая продуктивность экосистем.
- Экологические пирамиды



1. Понятие об экосистемах

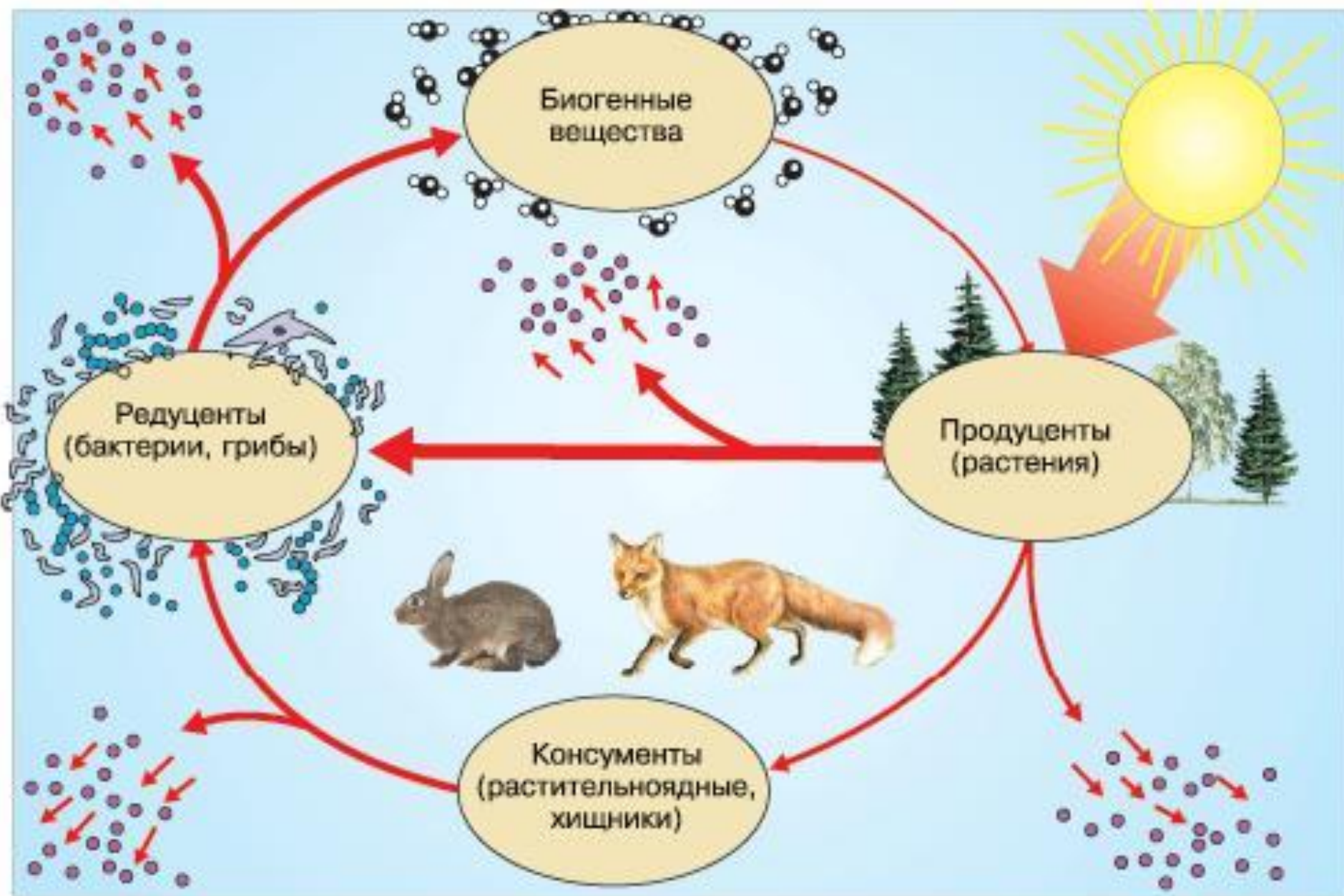
экосистема (1935 г., англ. эколог А. Тенсли) – любая совокупность организмов и неорганических компонентов, в которой может осуществляться круговорот веществ.

Три экологические группы организмов экосистемы:

Продуценты – автотрофы (зелёные растения, фото- и хемосинтезирующие бактерии), синтезирующие органические вещества своего тела из неорганических.

Консументы – гетеротрофы, потребляющие органическое вещество продуцентов или других консументов и преобразующие его в новые формы (животные и человек).

Редуценты разлагают мёртвые органические остатки до неорганических соединений, которые вновь потребляются продуцентами (большинство бактерий, грибы, почвенные беспозвоночные - черви, членистоногие). Экосистемы могут не иметь продуцентов, состоя из консументов и редуцентов или только редуцентов. Такие экосистемы не способны к самоподдержанию и существуют пока имеются запасы мёртвого органического вещества, например компостная куча.



Необходимые компоненты экосистемы

Масштабы экосистем в природе разнообразны. Выделяют **Микроэкосистемы** (подушка лишайников, гниющее дерево со всем населением), **мезоэкосистемы** (озеро, луг, лес и т.д.), **макроэкосистемы** (океан, континент и др.) и, наконец, **глобальную экосистему** – биосферу.

Крупные наземные экосистемы называют **биомами**.

Экосистемы Земли не имеют полностью замкнутого круговорота. Часть вещества выносится за их пределы, **экосистема – это открытая система**.

Запасов неорганических веществ для жизни организмов хватило бы ненадолго, если бы они не возобновлялись. Система круговоротов придала этим запасам свойство бесконечности, необходимое для продолжения жизни.

Параллельно с развитием концепции экосистем в нашей стране успешно развивается учение о **биогеоценозах** (автор В.Е. Сукачёв (1942)). Понятия «экосистема» и «биогеоценоз» близки по сути, но первое из них приложимо для обозначения систем любого ранга, обеспечивающих круговорот вещества, а «биогеоценоз» – понятие территориальное, относимое к участкам суши, которые заняты фитоценозами.

В биогеоценозах обязательно наличие растительного сообщества, тогда как экосистемы могут не иметь растительного звена. Таким образом, **каждый биогеоценоз является экосистемой, но не каждая экосистема относится к рангу биогеоценоза**.

Биоценоз

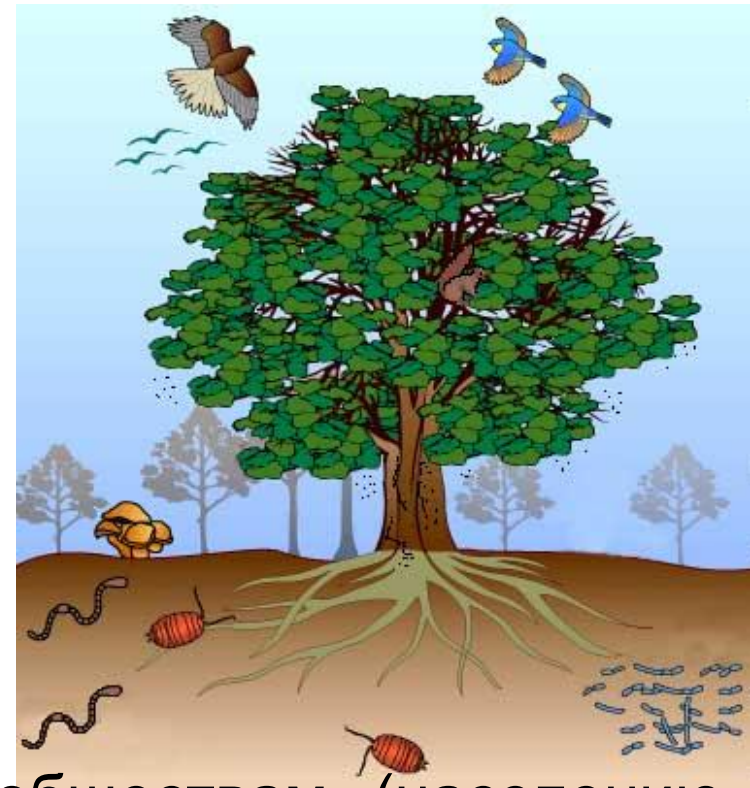
Совокупность популяций всех видов организмов, совместно населяющих относительно однородное по абиотическим факторам среды пространство и взаимодействующих между собой, называют **биоценозом**. Термин «биоценоз» (от лат. *биос* – жизнь, *ценоз* – общий) предложил в 1877 г. немецкий учёный **К. Мёбиус**, изучавший места обитания устриц в Северном море. Возможность разных видов длительно существовать друг с другом в одном биоценозе, представляет результат естественного отбора.

Приспособленность членов биоценоза к совместной жизни выражается в сходстве требований к важнейшим абиотическим условиям среды и закономерных отношениях друг с другом. Масштабы биоценозов различны: от сообщества лишайников на стволах деревьев до населения целых ландшафтов (лесов, степей, пустынь и т.д.).



Карл Мёбиус

На суше биоценозы выделяют по границам растительных ассоциаций, (биоценозы сосняка-черничника, ельника-кисличника, злаково-разнотравный и т.д.). **В водной среде** различают биоценозы, соответствующие экологическим подразделениям частей водоёмов (биоценозы прибрежных песчаных грунтов, абиссальных глубин и др.)



По отношению к более мелким сообществам (населению стволов, листвы деревьев, моховых кочек на болоте, муравейников) применяют термины **«микросообщества»**, **«биоценоотические группировки»** и др. Мелкие группировки входят в состав более крупных, а те, в свою очередь, являются частями сообществ ещё больших масштабов.

Организация жизни на биоценоотическом уровне иерархична. С увеличением масштабов сообществ увеличиваются их сложность и доля не прямых (косвенных) связей между видами.

5. Поток энергии в экосистемах

Вся жизнь на Земле существует за счёт солнечного излучения, которое фотосинтезирующими организмами переводится в химическую энергию органических соединений. Гетеротрофы получают энергию с пищей. Все живые организмы являются объектами питания для других, т.е. связаны между собой энергетическими отношениями. Ряд питающихся друг другом организмов образует **цепь питания**, которая является механизмом передачи энергии от продуцентов к консументам и редуцентам. В каждом сообществе пищевые связи переплетены в сложную трофическую сеть, так как организмы любого вида являются потенциальной пищей многих других.

Место каждого звена в цепи питания называют **трофическим уровнем**. Пищевые цепи, которые начинаются с фотосинтезирующих организмов, называют **цепями выедания** (или пастбищными), а цепи, в которых первый трофический уровень занимают мёртвые органические остатки, – **детритными цепями разложения**.

В цепях выедания первый трофический уровень всегда занимают продуценты; второй – растительноядные консументы, а плотоядные, живущие за счёт растительноядных видов, относятся к третьему трофическому уровню; потребляющие других плотоядных – соответственно к четвёртому

Важнейшие закономерности сложения,

функционирования и развития биоценоза как любой надорганизменной биологической системы :

- **Сообщества всегда возникают из готовых частей** (представителей различных видов или их комплексов), имеющих в окружающей среде.
- **Части сообщества заменимы.** Один вид (или их комплекс) может занять место другого со сходными экологическими требованиями без ущерба для всей системы.
- **Надорганизменная система существует за счёт уравнивания противоположно направленных сил.** Интересы многих видов в биоценозе прямо противоположны. Например, хищники – антагонисты своих жертв, но тем не менее они живут вместе в рамках единого сообщества.
- **Сообщества основаны на количественной регуляции численности одних видов другими.**
- **Размеры надорганизменных систем определяются внешними причинами.**

2. Структура биоценоза

Видовая структура биоценоза характеризует разнообразие в нём видов и соотношение их численности или массы. Видовой состав любого биоценоза зависит от условий среды, длительности его существования и истории формирования. Различают бедные и богатые видами биоценозы. В оптимальных для жизни условиях абиотической среды формируются богатые видами сообщества (влажные тропические леса, хвойно-широколиственные леса в лесной зоне, коралловые рифы). В неблагоприятных условиях среды сообщества имеют бедный видовой состав (в арктических пустынях, в северной тундре, в глинистых пустынях).

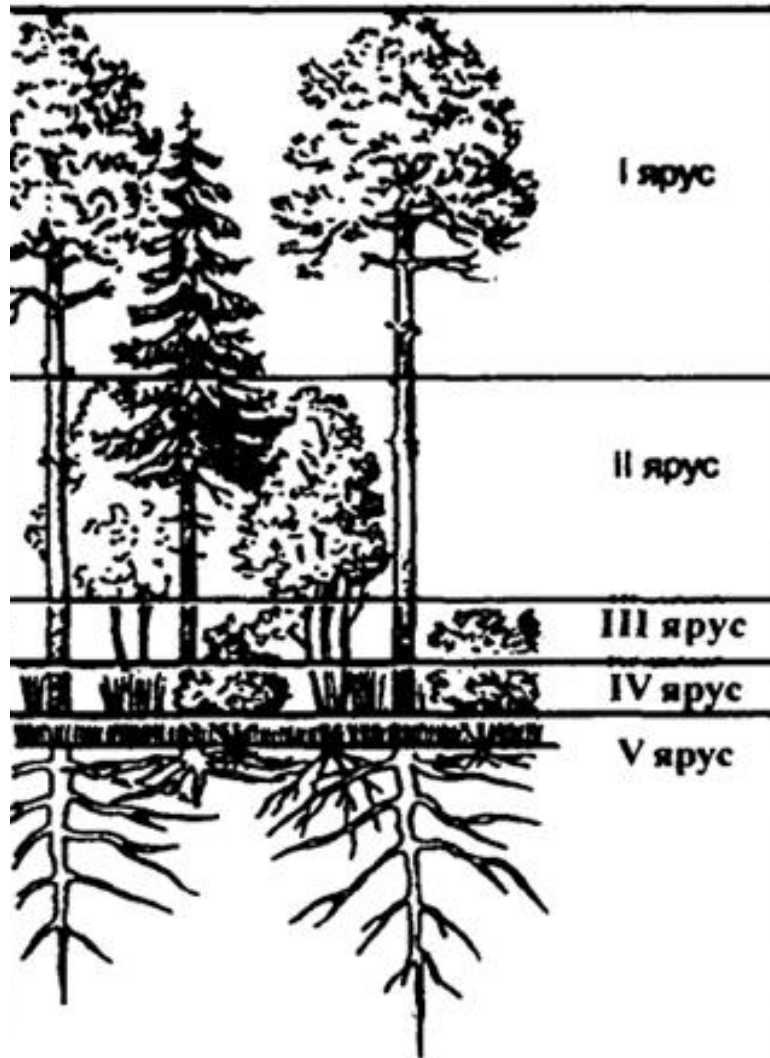


коралловые
рифы



глинистая пустыня

Пространственная структура биоценоза отражает закономерности распределения популяций в пределах занимаемого биоценозом участка, который называют **биотопом**. В наземных биоценозах она определяется прежде всего сложением растительного сообщества – **фитоценоза**, распределением наземной и подземной массы растений.



При совместном произрастании разных по высоте растений фитоценоз имеет ярусное сложение: надземные и подземные органы растений располагаются в несколько слоёв, по-разному используя и изменяя среду. Особенно чётко выражена ярусность в лесных биоценозах, где обычно выделяются 5–6 ярусов, но в некоторых лесах могут быть только два яруса (в сосняках-беломошниках – древесный и напочвенный (из лишайников)).

3. Отношения организмов в биоценозах

По классификации В.Н. Беклемишева, **межвидовые связи** в зависимости от того значения, которое они могут иметь в биоценозе, подразделяются на следующие типы: 1) трофические, 2) топические, 3) форические, 4) фабрические.

Трофические связи возникают, когда **один вид питается другим** – живыми особями, их мёртвыми остатками или продуктами жизнедеятельности. Как птицы, питающиеся насекомыми, так и жуки-навозники, поедающие помёт крупных животных, и пчёлы, собирающие нектар и пыльцу растений, вступают в прямую трофическую связь с видами, представляющими им пищу. В случае конкуренции двух видов из-за объектов питания между ними возникает косвенная трофическая связь вследствие того, что деятельность одного вида отражается на снабжении кормом другого.

Например, гусеницы бабочек-монашенок, объедая хвою сосен, облегчают короедам доступ к ослабленным деревьям.



гусеница бабочки-монашенки



короед

Топические связи – это любое изменение условий обитания одного вида в результате жизнедеятельности другого. Они заключаются в создании одним видом среды для другого (**внутренний паразитизм, симбиоз**), в формировании субстрата, на котором поселяются, или, наоборот, избегают поселяться особи других видов, в изменении температуры, освещённости, влажности среды и т.д. Значительная роль в создании или изменении условий среды для других организмов принадлежит растениям. Под пологом леса подлесок, травянистые растения, а также животные находятся в условиях более выравненных температур, иной влажности воздуха и освещённости, чем на открытых пространствах.

На основе топических и трофических связей в биоценозе формируются **консорции** – группы организмов разных видов, поселяющихся на теле или внутри особи какого-либо вида, который является центральным членом консорции. Так, сосна обыкновенная со всеми населяющими её организмами (бактериями, грибами, мхами, лишайниками, птицами и др.) – это сложнейшая консорция.

Трофические и топические связи имеют наибольшее значение в биоценозе, так как они удерживают друг возле друга организмы разных видов, тем самым обуславливая видовой состав сообщества и его масштабы.



назовите консорции



Форические связи – это участие одного вида в распространении другого. В роли переносчиков выступают животные. Перенос ими плодов, семян, пыльцы и спор растений называют **зоохорией**, а распространение других, более мелких животных – **форезией** (от лат. *форас* – наружу, вон). Распространение зачатков растений животными может быть пассивным (при случайном соприкосновении тела животного с растением, семена и плоды которого имеют специальные выросты, с помощью которых они цепляются за шерсть животных (череда, лопух, липучка)) и активным (поедание плодов, семена которых не перевариваются и выделяются вместе с помётом. Споры грибов распространяются многими насекомыми).



Кедровка
прячет
орехи



Клещи на
шмеле

Фабрические связи возникают, когда один вид использует для своих сооружений продукты выделений, мёртвые остатки или живых особей другого вида. Например, птицы для постройки гнёзд употребляют ветви деревьев, шерсть животных, пух и перья птиц и т.д. Многие насекомые помещают свои яйца в домики, сооружённые из листьев растений, раковин моллюсков и др.



Рак-отшельник в раковине моллюска



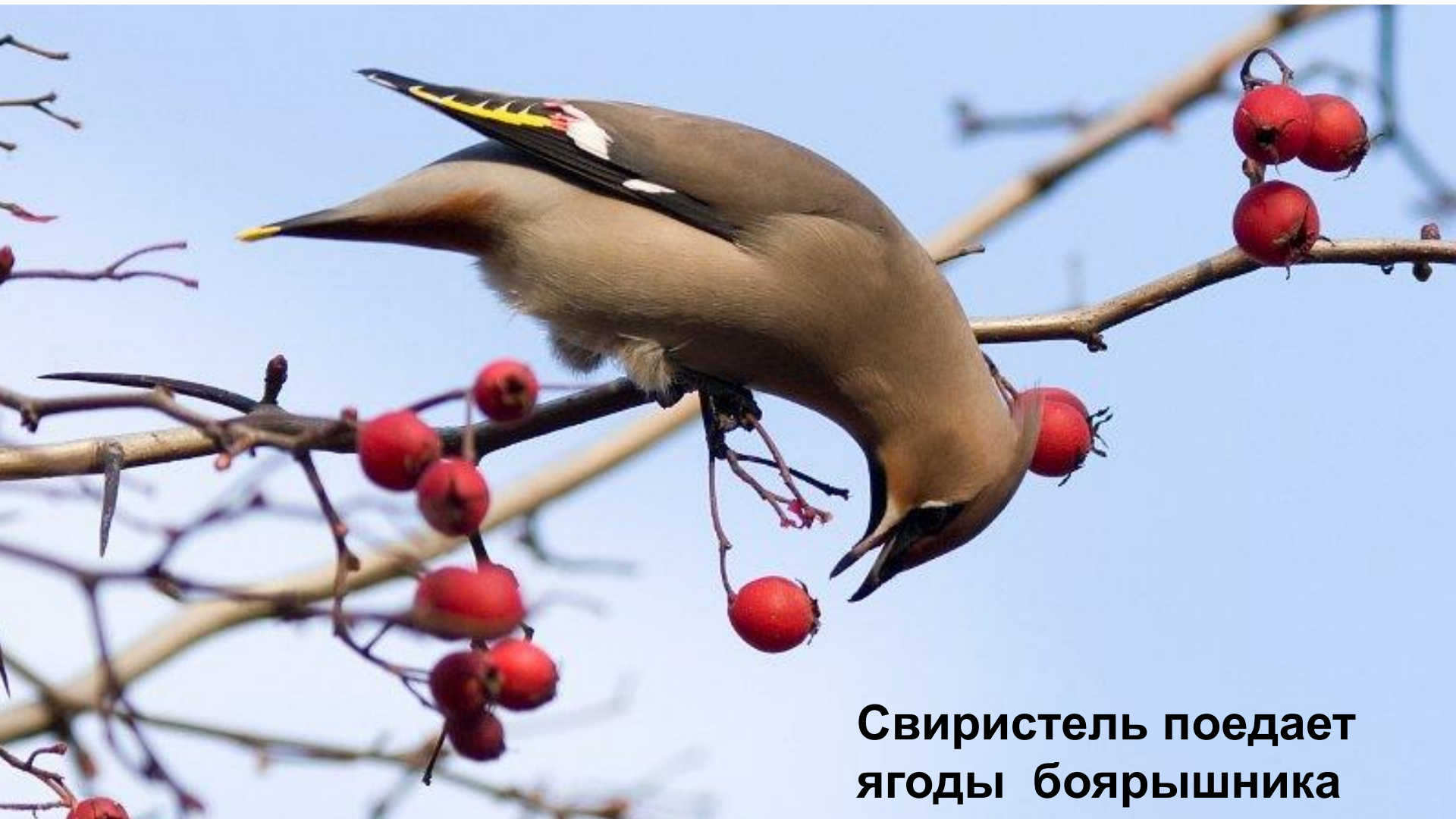
Результат взаимодействия двух особей в биоценозе может быть **положительный, отрицательный или нейтральный** для **одного или обоих партнёров**. Взаимовыгодные отношения видов называют **мутуализмом**. Степень этих связей различна – от временных контактов до такого состояния, когда присутствие партнёра становится обязательным условием жизни каждого из них. Такие обязательные полезные связи получили название **симбиоза**. Симбиоз широко распространён в природе. Классический пример – лишайники (тесное сожительство гриба и водоросли). Водоросль поставляет грибу продукты фотосинтеза, а гриб снабжает клетки водоросли водой и минеральными веществами и является субстратом для них.



лишайник

У многих видов, питающихся растительной пищей или кровью высших животных (жвачных, грызунов, клещей, пиявок), обнаружены симбионты, которые помогают переваривать её. Известно сожительство многих видов деревьев с грибами, бобовых растений – с клубеньковыми бактериями и др.

Менее обязательны, но чрезвычайно полезны **мутуалистические отношения** между растениями и птицами, поедающими их сочные плоды и распространяющими семена, которые не перевариваются в кишечнике птиц.



**Свиристель поедает
ягоды боярышника**

Хищничество и паразитизм – взаимоотношения, которые положительны для одного вида и отрицательны для другого. Хищник и паразит приспособляются к использованию своих жертв и хозяев, а те имеют адаптации, направленные на сохранение их жизни. Эти взаимоотношения играют важную роль в регулировании численности организмов в биоценозе. Интенсивное размножение хищников и паразитов приводит к сокращению численности их жертв и хозяев, это подрывает кормовую базу хищников и паразитов, что ведёт к снижению их численности. Взаимоотношения типа хищничества и паразитизма сходны по результатам влияния на численность особей, но **хищники и паразиты резко различаются по образу жизни и адаптациям.**



Комар (кстати, хищник или паразит?) напился крови

Во взаимоотношениях хищник – жертва оба постоянно совершенствуются: первый – в успешности охоты, второй – в самосохранении. Обоим требуются быстрая реакция, высокая скорость передвижения, хорошее зрение, обоняние и т.д. **Такой тип отношений ведёт к совершенствованию нервной системы и органов чувств как хищников, так и их жертв, к прогрессивной эволюции видов.** Хищники обычно обладают широким спектром питания. Специализация ставила бы их в сильную зависимость от численности определённого вида жертв.

Поэтому большинство видов, ведущих хищный образ жизни, способно переключаться с одной добычи на другую.



волк поймал рыбу

Паразитизм в отличие от хищничества характеризуется более узкой специализацией видов. Поскольку хозяин обеспечивает паразиту не только пищу, но и «благоустроенное местообитание», то **чем лучше приспособлен он к особенностям организма хозяина, тем вероятнее его успех в размножении и оставлении потомства.** Поэтому у паразитов происходит упрощение или отсутствие органов чувств, пищеварительной системы и др. В результате длительного отбора среди паразитов получили преимущества те, которые способны более полно и длительно использовать хозяина, не приводя его к слишком ранней гибели и обеспечивая себе тем самым наилучшее существование. В свою очередь, отбор на сопротивляемость организма хозяина также приводит к тому, что вред от присутствия в нём паразита становится всё менее и менее ощутим. **В ходе эволюции первоначально острые отношения хозяина и паразита могут перейти в нейтральные или даже во взаимополезные.** Есть предположения, что симбиоз мог возникнуть из паразитизма. Например, известно, что умеренное объедание листвы деревьев насекомыми стимулирует ростовые процессы. В результате этого растения более полно развивают фотосинтетический аппарат. Таким образом, паразитизм связан всевозможными переходами с другими типами взаимоотношений.

Конкуренция – это взаимоотношения, не выгодные обоим партнёрам. Они возникают между организмами со сходными экологическими требованиями к среде, которые существуют за счёт ресурсов, имеющих в недостатке. Формы конкурентного взаимодействия могут быть различными: от прямой физической борьбы до мирного совместного существования.

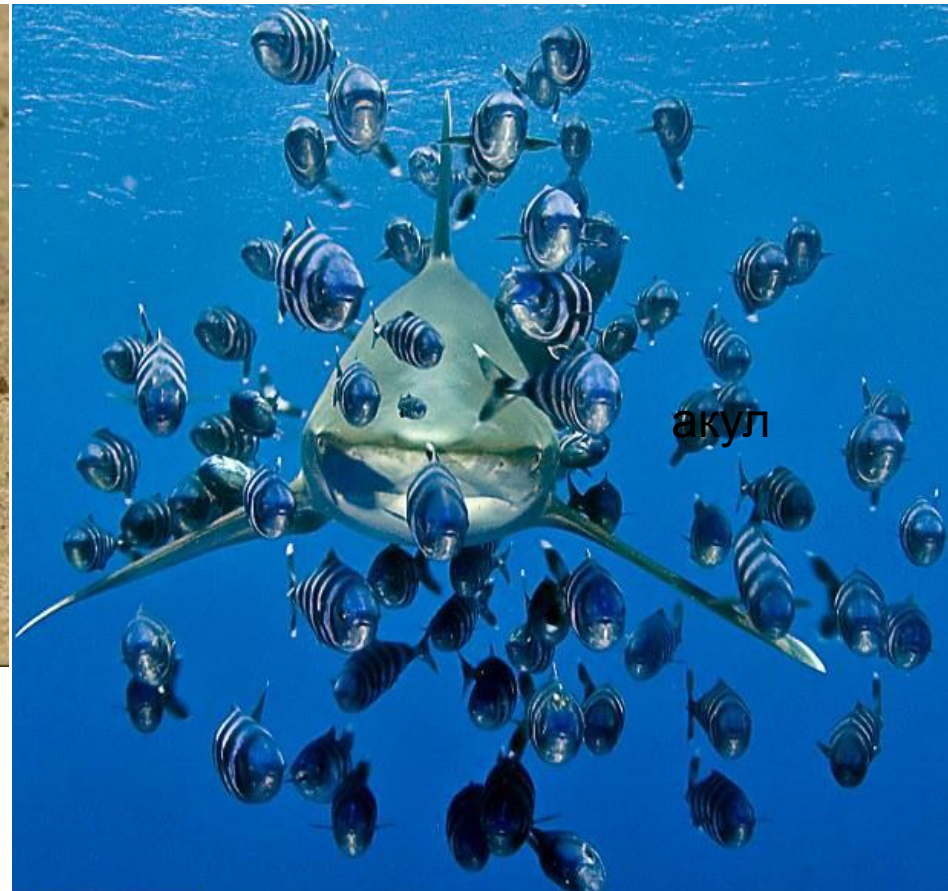
Если два вида с одинаковыми экологическими потребностями оказываются в одном сообществе, рано или поздно один вид вытесняет другой. (правило Г.Ф. Гаузе, закон конкурентного исключения).

Комменсализм – это одностороннее использование одного вида другим без принесения ему вреда. Его делят на **нахлебничество** и **квартирантство**.

Нахлебничество основано на потреблении одним видом остатков пищи после другого. Например, гиены подбирают остатки недоеденной львами добычи. Комменсалами крупных акул являются сопровождающие их мелкие рыбы.



Гиены доедают и самих львов
Хищные рыбы-лоцманы
сопровожают акул



Квартирантство – когда одни виды используют в качестве убежищ и «квартир» сооружения или тела других видов. Например, в гнёздах птиц, норах грызунов обитает огромное количество видов членистоногих, находящих там пищу за счёт разлагающихся органических остатков или других видов сожителей. Мальки некоторых рыб прячутся под зонтиками защищённых стрекательными клетками медуз. Квартирантством является также поселение растений-эпифитов на стволах деревьев. Отношения типа комменса-



лизма очень важны в природе, они способствуют более полному использованию пищевых ресурсов, освоению среды и тесному сожительству видов.

**Эпифитные орхидеи
на стволах деревьев**

Аменсализм — это взаимоотношения, отрицательные для одного организма и безразличные для другого. Например, светолюбивые травянистые виды, растущие под деревом, испытывают угнетение в результате затенения его кроной, тогда как для самого дерева их соседство может быть безразличным. Взаимоотношения этого типа также ведут к регуляции численности организмов, влияют на распределение и видовой состав биоценоза.

Отношения, при которых организмы в биоценозе не оказывают влияния друг на друга, называют **нейтрализмом**. При этом виды не связаны друг с другом непосредственно, но зависят от состояния сообщества в целом. Например, белки и лоси, обитая в одном лесу, не взаимодействуют друг с другом. Разнообразие связей в биоценозе — важнейшее условие его стабильности.

4. Экологическая ниша

Каждый вид пространственно и функционально занимает определённое положение в составе биоценоза. Экологическая ниша вида – это его место в природе и весь образ жизнедеятельности, включающий отношения к факторам среды, видам пищи, времени и способу питания, место размножения и его функциональную роль в биоценозе.

Понятие «экологическая ниша» значительно объёмнее и содержательнее понятия «местообитание». Американский эколог Ю. Одум образно назвал местообитание «адресом» вида, а экологическую нишу – его «профессией». На одном местообитании живёт, как правило, большое количество организмов разных видов. Но у каждого из них своя и только одна экологическая ниша. Например, одно местообитание в лесу занимают лось и белка, но экологические ниши их совершенно разные: белка живёт в основном в кронах деревьев, питается семенами и плодами; весь жизненный цикл лося связан с подпологовым пространством – питание зелёными частями растений, размножение и укрытие в зарослях кустарников и т.п.

Характер занимаемой экологической ниши определяется как экологическими возможностями вида, так и тем, насколько эти возможности могут быть реализованы в конкретных биоценозах. Существуют понятия фундаментальной и реализованной экологической ниши.

Фундаментальная экологическая ниша — это весь набор условий, при которых вид может успешно существовать и размножаться.

Реализованная экологическая ниша — это положение вида в конкретном сообществе, где его ограничивают сложные биоценотические отношения.

В наших зимних лесах насекомоядные птицы, кормящиеся на деревьях, также избегают конкуренции друг с другом за счёт разного характера поиска (поползни и пищухи собирают пищу на стволах; большие синицы ведут поиск на ветвях деревьев, в кустарниках, на пнях; длиннохвостые синицы ищут корм на концах ветвей).

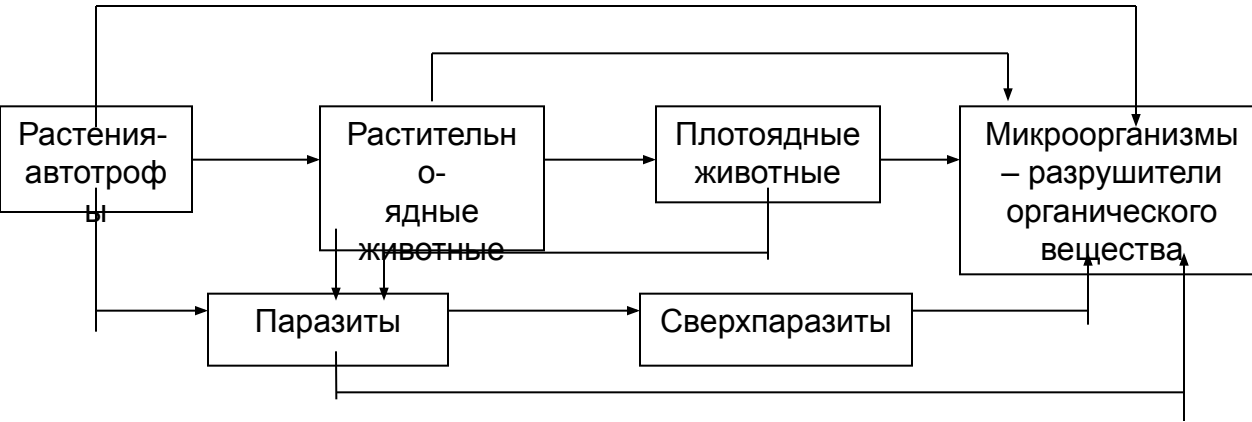


длиннохвостая синица



поползень

Упрощённая схема цепи питания



Цепи питания



6. Биологическая продуктивность экосистем

Продуктивность экосистем – это скорость образования продукции в единицу времени (час, сутки, год) на единицу площади (метр квадратный, гектар) или объёма (в водных экосистемах). Органическую массу, создаваемую продуцентами за единицу времени, называют *первичной продукцией* сообщества. Она подразделяется на *валовую* и *чистую* продукцию. *Валовая первичная продукция* – это количество органического вещества, создаваемого растениями за единицу времени при данной скорости фотосинтеза. Часть этой продукции идёт на поддержание жизнедеятельности самих растений (траты на дыхание). В лесах умеренного пояса и тропических растения тратят на дыхание от 40 до 70 % валовой продукции. Оставшаяся часть созданной органической массы характеризует *чистую первичную продукцию*, которая представляет собой величину прироста растений. Перерабатываясь в цепях питания, она идёт на пополнение массы гетеротрофных организмов.

Вторичная продукция – это прирост массы консументов за единицу времени. Её вычисляют отдельно для каждого трофического уровня. Консументы живут за счёт чистой первичной продукции сообщества. В разных экосистемах они расходуют её с разной полнотой. Если скорость изъятия первичной продукции в цепях питания отстаёт от темпов прироста растений, то это ведёт к постепенному увеличению биомассы продуцентов.

Биомасса и первичная продуктивность основных типов экосистем (по Т.А. Акимовой, В.В. Хаскину, 1994)

Экосистемы	Биомасса, т/га	Продукция, т/га·год
Пустыни	0,1 – 0,5	0,1 – 0,5
Центральные зоны океана	0,2 – 1,5	0,5 – 2,5
Полярные моря	1 – 7	3 – 6
Тундра	1 – 8	1 – 4
Степи	5 – 12	3 – 8
Агроценозы	–	3 – 10
Саванна	8 – 20	4 – 15
Тайга	70 – 150	5 – 10
Лиственный лес	100 – 250	10 – 30
Влажный тропический лес	500 – 1500	25 – 60
Коралловый риф	15 – 50	50 – 120

Биомасса – это суммарная масса организмов данной группы или всего сообщества в целом. В стабильных сообществах с уравновешенным круговоротом веществ вся продукция тратится в цепях питания и биомасса остаётся постоянной.

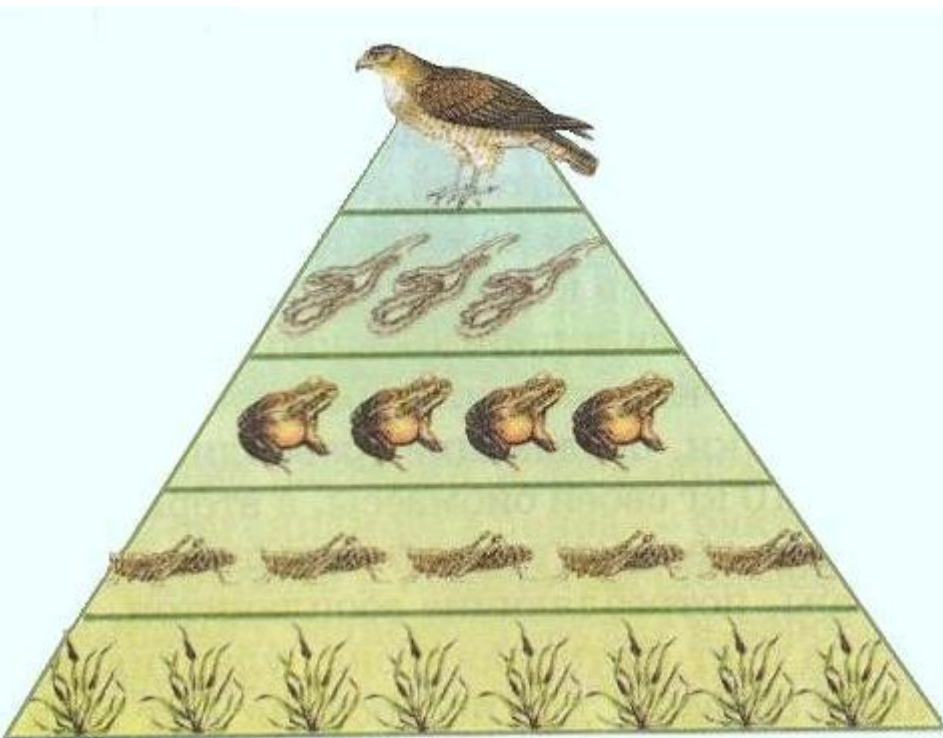
В целом по земному шару усвоение растениями солнечной энергии не превышает 0,1%, так как фотосинтетическая активность растений ограничивается множеством факторов: недостатком тепла и влаги, неблагоприятными почвенно-грунтовыми условиями и т.п..

Для пяти континентов мира средняя продуктивность экосистем различается сравнительно мало (82–103 ц/га в год). Исключением является Южная Америка (209 ц/га в год), на большей части которой условия для жизни растительности очень благоприятны.

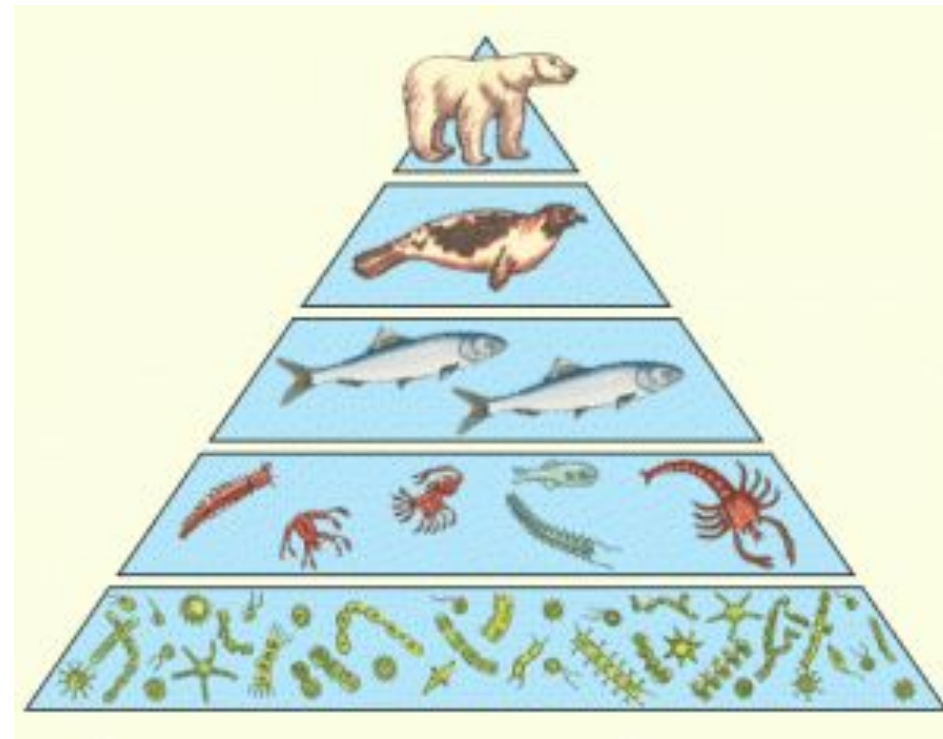
Общая годовая продукция сухого органического вещества на Земле составляет **150–200 млрд тонн**. Более трети его образуется в океанах, около двух третей – на суше.

Почти вся чистая первичная продукция Земли служит для поддержания жизни всех гетеротрофных организмов. Питание людей обеспечивается в основном сельскохозяйственными культурами, занимающими примерно 10% площади суши. Сельскохозяйственные площади при рациональном их использовании и распределении продукции могли бы обеспечить растительной пищей примерно вдвое большую численность населения планеты, чем существующую. Сложнее обеспечить население вторичной продукцией. Имеющиеся на Земле ресурсы, включая продукцию животноводства и результаты промысла на суше и в океане, могут обеспечить ежегодно менее 50% от потребностей современного населения Земли. Следовательно, большая часть населения планеты находится в состоянии хронического белкового голодания. В связи с этим **увеличение биологической продуктивности экосистем и особенно вторичной продукции является одной из важнейших задач человечества.**

Экологические пирамиды. Каждая экосистема имеет определённую трофическую структуру, которую можно выразить либо числом особей на каждом трофическом уровне, либо их биомассой, либо количеством энергии, фиксируемой на единице площади за единицу времени на каждом последующем трофическом уровне. Графически это представляют в виде пирамиды, основанием которой служит первый трофический уровень, а последующие образуют этажи и вершину пирамиды.



Суша



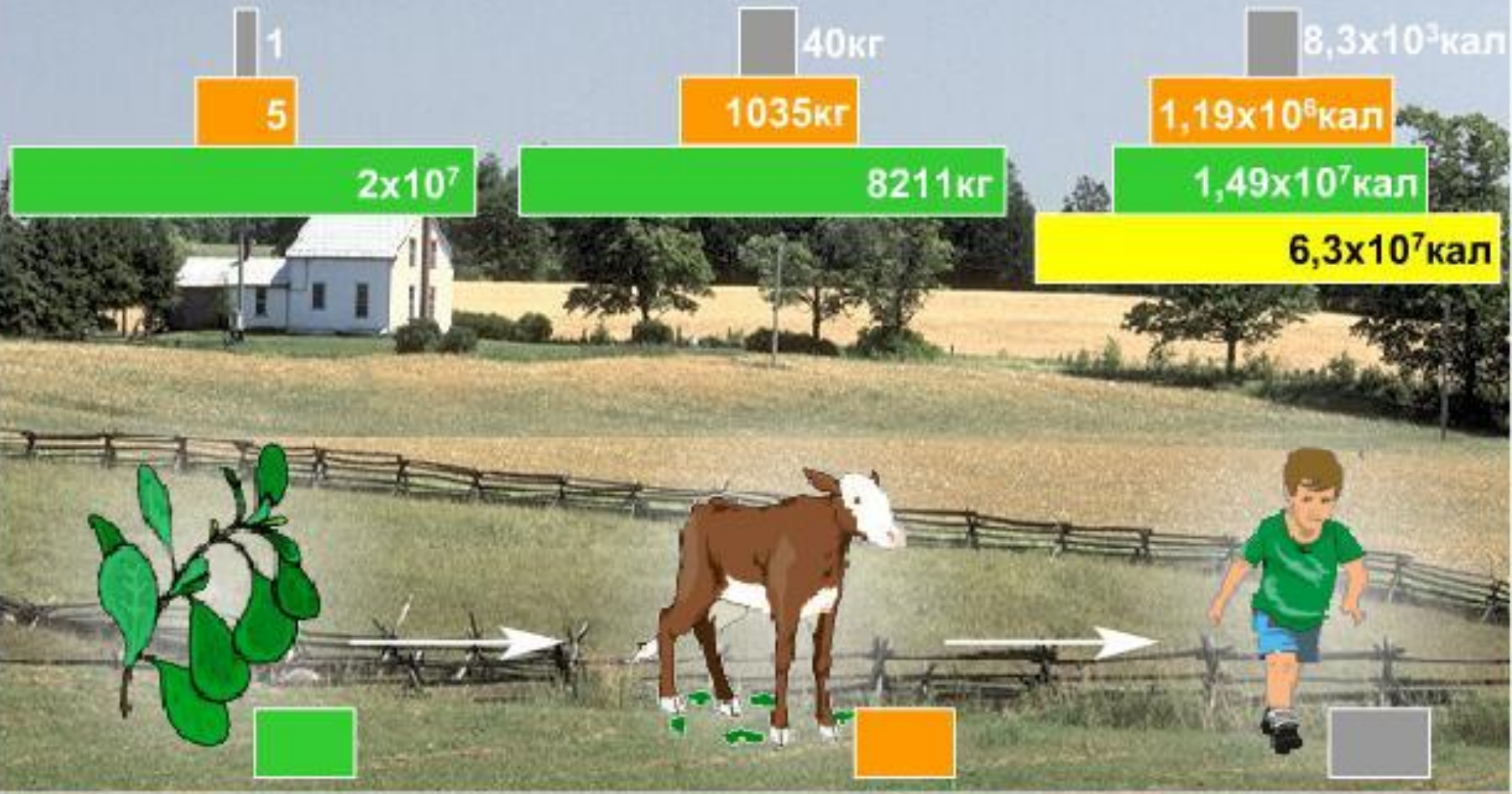
Океан

Экологические пирамиды

Пирамида чисел

Пирамида биомасс

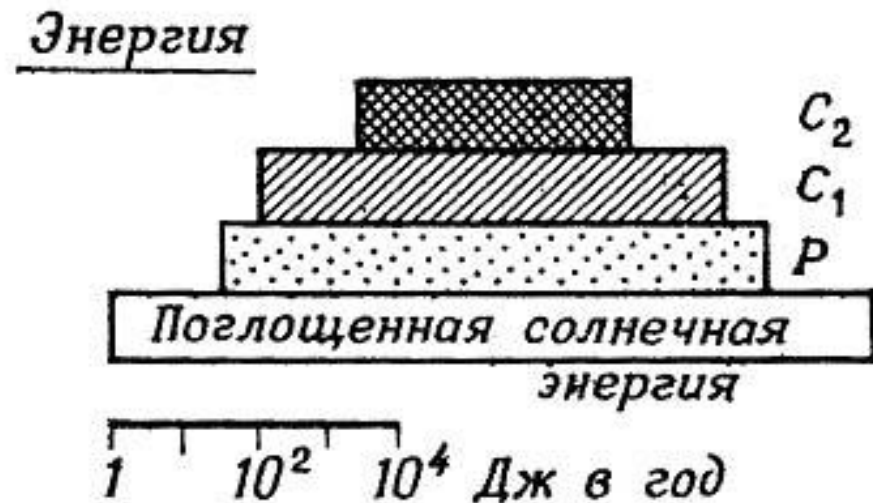
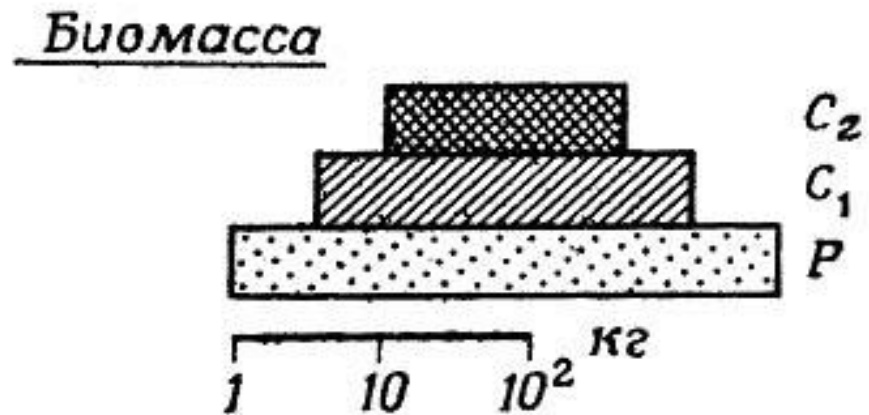
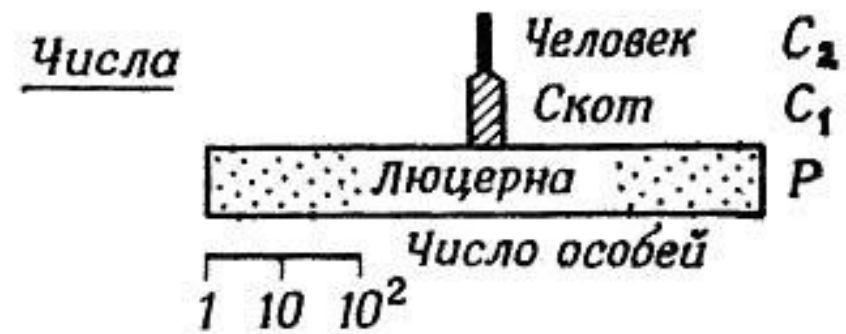
Пирамида энергии



3 типа экологических пирамид – чисел, биомассы и продукции (или энергии).

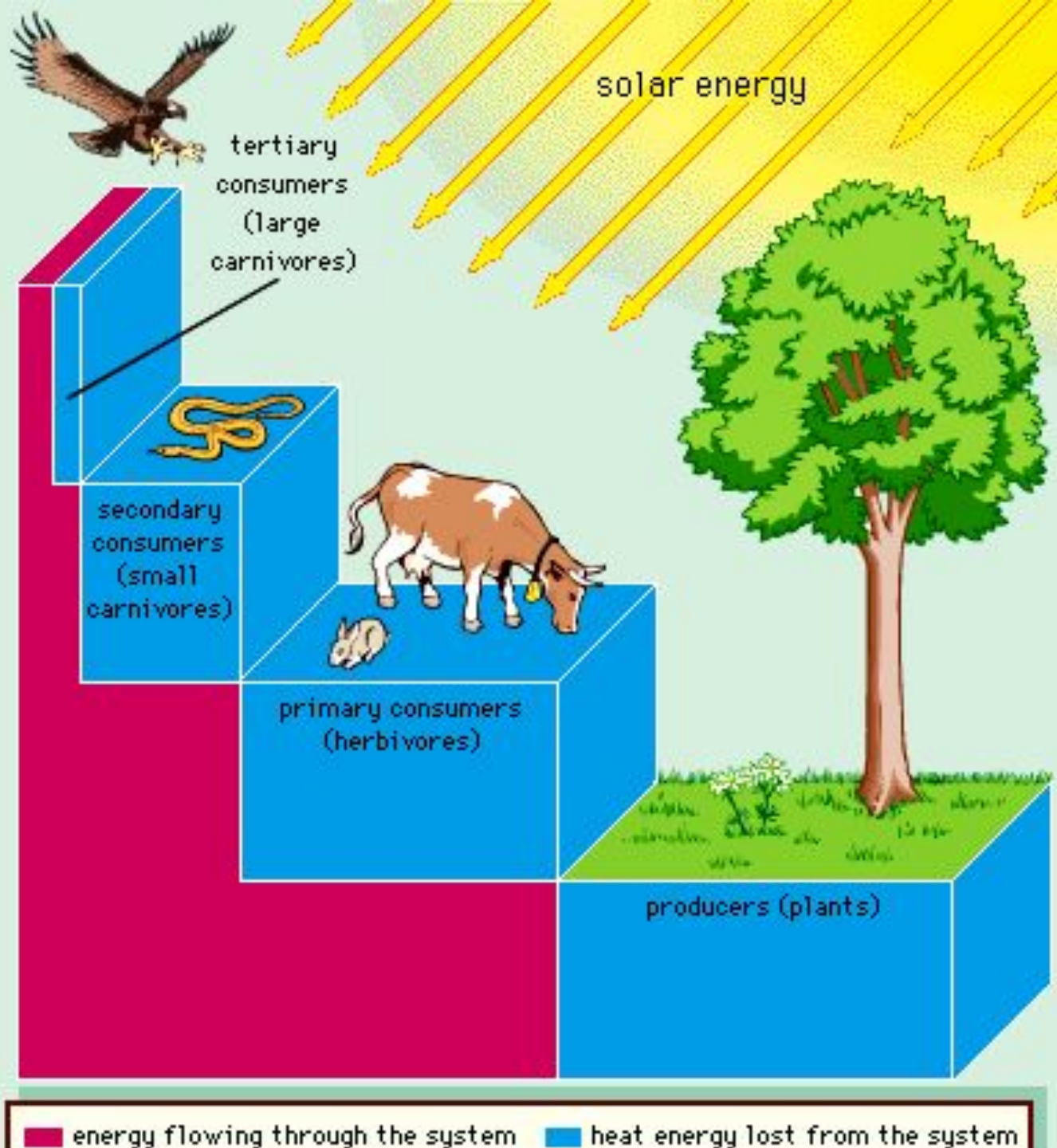
Пирамида чисел отражает распределение особей по трофическим уровням. В трофических цепях, где передача энергии происходит через связи «хищник – жертва», часто выдерживается правило: **общее число особей в цепях питания на каждом последующем трофическом уровне уменьшается**.

Это объясняется тем, что хищники, как правило, крупнее своих жертв и одному хищнику для поддержания его жизни требуется несколько жертв. Например, одному льву требуется 50 зебр в год. Однако из этого правила есть исключения, пирамиды чисел могут быть перевёрнутыми.



Пирамида

биомассы отражает суммарную массу организмов каждого трофического уровня. В большинстве наземных экосистем суммарная масса растений больше, чем биомасса всех растительноядных организмов, а масса последних, в свою очередь, превышает массу всех хищников



4. Динамика экосистем

Циклические изменения отражают суточную, сезонную и многолетнюю периодичность внешних условий и проявления эндогенных ритмов организмов.

Суточная динамика экосистем связана с ритмикой природных явлений: изменениями температуры, влажности, освещённости днём и ночью, что снижает конкуренцию видам со сходными экологическими требованиями, способствует более полно использовать ресурсы среды.

Сезонная изменчивость влияет на видовой состав биоценозов. Миграции, состояние покоя, спячки, оцепенения на определённое время года выключают виды из жизни сообщества. Уменьшение числа активных видов влечёт снижение уровня биологического круговорота веществ. Наиболее отчётливо выражена в климатических зонах с резкими изменениями физических параметров среды летом и зимой.

Многолетняя изменчивость зависит от изменения по годам количества осадков, температуры или других внешних факторов, воздействующих на сообщество. Многолетние изменения в составе биоценозов повторяются вслед за периодическими изменениями климата.

В процессе циклических изменений целостность сообществ обычно сохраняется. Биоценоз испытывает лишь периодические колебания количественных и качественных характеристик.



Поступательные изменения в экосистеме приводят в результате к смене одного сообщества другим. Причинами их могут быть внешние по отношению к биоценозу факторы, длительное время действующие в одном направлении, например заболачивание почв, усиленный выпас скота. Такие смены одного сообщества другим называют **экзогенетическими**. Смены, приводящие к упрощению структуры сообщества, обеднению его видового состава и снижению продуктивности, называют **дигрессиями**.

Эндогенетические смены возникают в результате процессов, происходящих внутри самого сообщества. Закономерный направленный процесс изменения сообщества в результате взаимодействия живых организмов между собой и окружающей их абиотической средой называют **сукцессией**. В основе её лежит неполнота биологического круговорота в данном биоценозе. Популяции при длительном существовании в сообществе изменяют условия среды обитания в неблагоприятную для себя сторону.

Последовательный ряд закономерно сменяющих друг друга в сукцессии сообществ называется ***сукцессионной серией***.

2 основных типа сукцессионных смен:

- 1) с участием как автотрофных, так и гетеротрофных организмов;
- 2) с участием только гетеротрофов. Сукцессии второго типа происходят только в условиях, где имеется запас или постоянное поступление органических соединений, за счёт которых существует сообщество, например, в кучах навоза или компоста, скоплениях разлагающихся растительных остатков, в пещерах и т.п. Сукцессии со сменой растительности могут быть первичными и вторичными.

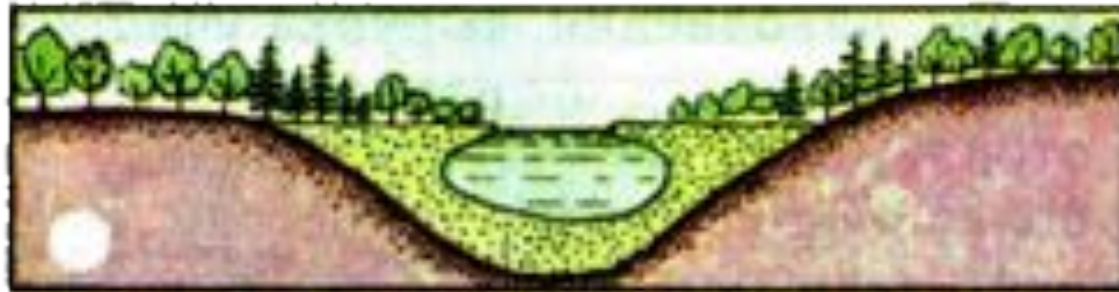
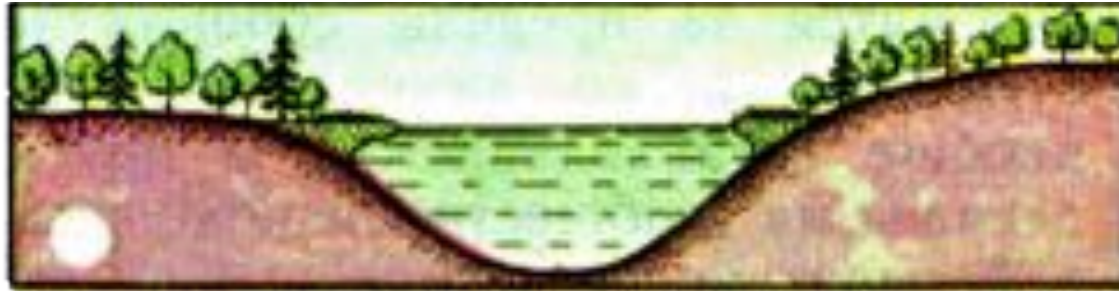
Первичные сукцессии начинаются на местах, лишённых жизни, — на скалах, сыпучих песках, отвалах горнодобывающей промышленности.

Этапы сукцессии:

- 1) возникновение незанятого участка;
- 2) миграция на него организмов или их зачатков;
- 3) приживание их на данном участке;
- 4) конкуренция их между собой и вытеснение некоторых видов;
- 5) преобразование живыми организмами местообитания, постепенная стабилизация условий и отношений.

Заращение озера: Этапы сукцессии:

Вторичные сукцессии представляют собой восстановительные смены. Они начинаются там, где уже сложившиеся сообщества частично нарушены, например в результате вырубki, пожара, выпаса скота. Смены, ведущие к восстановлению прежнего состава биоценоза, называют *демутационными*.



Восстановительные смены совершаются быстрее и легче первичных, так как в нарушенном сообществе сохраняются почвенный профиль, семена, зачатки и часть прежнего населения. Темпы происходящих изменений в процессе сукцессии постепенно замедляются. Каждый последующий этап длится дольше предыдущего. Итогом сукцессии является формирование **климаксового сообщества**, способные к длительному самоподдержанию, так как круговорот веществ в них сбалансированный

В ходе сукцессии общая биомасса системы стабилизируется. В зрелых, устойчивых экосистемах весь годовой прирост растительности расходуется в цепях питания гетеротрофами, поэтому чистая продукция биоценоза приближается к нулю.

Знание этих закономерностей имеет большое практическое значение для человека. Изымая избыток чистой продукции из биоценозов на начальных стадиях сукцессии, мы задерживаем её, но не подрываем основу существования сообщества. Вмешательство же в климаксовые экосистемы вызывает нарушение сложившегося равновесия. Пока нарушения не превышают самовосстановительной способности биоценоза, демутационные смены могут вернуть его к исходному состоянию. Но если сила воздействия выходит за рамки этих возможностей, то сообщество постепенно деградирует, сменяясь производными с малой способностью к самовозобновлению.

5. Саморегуляция и устойчивость экосистем

Устойчивость экосистем обеспечивается следующими правилами и принципами, свойственными экосистемам.

- **Правило внутренней непротиворечивости:** в естественных экосистемах деятельность входящих в них видов направлена на поддержание этих экосистем как среды их обитания.
- **Принцип системной дополненности:** подсистемы одной природной системы в своём развитии обеспечивают предпосылку для успешного развития других подсистем, входящих в ту же систему.
- **Закон экологической корреляции:** в экосистеме все входящие в неё виды и абиотические компоненты функционально соответствуют друг другу. Выпадение одной части системы ведёт к исключению тесно связанных с этой частью других её частей.

следующие свойства экосистем:

- **Взаимная дополнительность частей биоценоза.** В лиственном лесу деревья перехватывают 70–80% света. Второй ярус – 10–20%, а наземные травянистые растения – 1–2%. Дополняя друг друга, растения способствуют более полному использованию солнечного излучения.
- **Взаимозаменяемость видов.** Многие виды со сходными экологическими требованиями заменяют друг друга в сообществах.
- **Регуляторные свойства.** Принцип отрицательной обратной связи состоит в том, что отклонение системы от нормального состояния приводит в действие механизмы, которые возвращают её в норму. Так, возрастание численности жертв приводит к увеличению численности хищников. Рост плотности популяции выше оптимального уровня так изменяет связи внутри вида, что снижается его воспроизводительная способность или усиливается расселение особей в пространстве. Саморегуляция успешнее, чем выше разнообразие видов в биоценозах.
- **Надёжность обеспечения функций.** Главные функции биоценоза – создание органического вещества, его последующее разрушение и регуляция численности популяций обеспечиваются множеством видов организмов, которые как бы подстраховывают друг друга.

Таким образом, главным условием устойчивости

6. Искусственные экосистемы

Благодаря деятельности человека возникают особые системы, которые отличаются от природных (естественных) рядом признаков.

В сельскохозяйственных экосистемах (**агроэкосистемах**) резко снижено разнообразие организмов. Виды, культивируемые человеком, не могут выдерживать борьбу за существование с дикими видами без помощи человека. Агроэкосистемы получают дополнительную энергию (кроме солнечной) благодаря деятельности человека. Чистая первичная продукция (урожай) удаляется из экосистемы и не поступает в цепи питания. Поэтому искусственные экосистемы полей, садов, лугов, парков, скверов, газонов и т.д. не способны к саморегулированию и существуют только при постоянном вмешательстве человека. В агроценозах часто происходит чрезмерное увеличение численности отдельных видов, которые могут полностью погубить урожай культивируемых растений.

Из этого экологического тупика есть только один выход: не идти по пути предельного упрощения агроэкосистем. С экологических позиций крайне опасно упрощать природное окружение человека, превращая весь ландшафт в агрохозяйственный. Основная стратегия по созданию высокопродуктивного и устойчивого ландшафта должна заключаться в сохранении и умножении его разнообразия.

- При создании искусственных экосистем необходимо учитывать так называемые экологические законы жизни:
- Энергия переходит из одной формы жизни в другую, но она никогда не создаётся вновь и не исчезает бесследно.
 - В соперничестве с другими экосистемами выживает та, которая наилучшим образом способствует поступлению энергии и использует её максимальное количество самым эффективным способом.
 - Каждый вид организмов, поглощая из окружающей среды необходимые вещества и выделяя в неё продукты жизнедеятельности, изменяет её в неблагоприятную для себя сторону.
 - Постоянное существование организмов в любом ограниченном пространстве возможно лишь в экосистемах, внутри которых отходы жизнедеятельности одних видов организмов утилизируются другими видами.
 - Устойчивость экосистем определяется соответствием их видового состава условиям жизни и степенью развитости этих систем.

Конец лекции

