

ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Колесников С.И.

*Южный федеральный университет
кафедра экологии и
природопользования*

ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ

Экосистемы

Понятие экосистемы

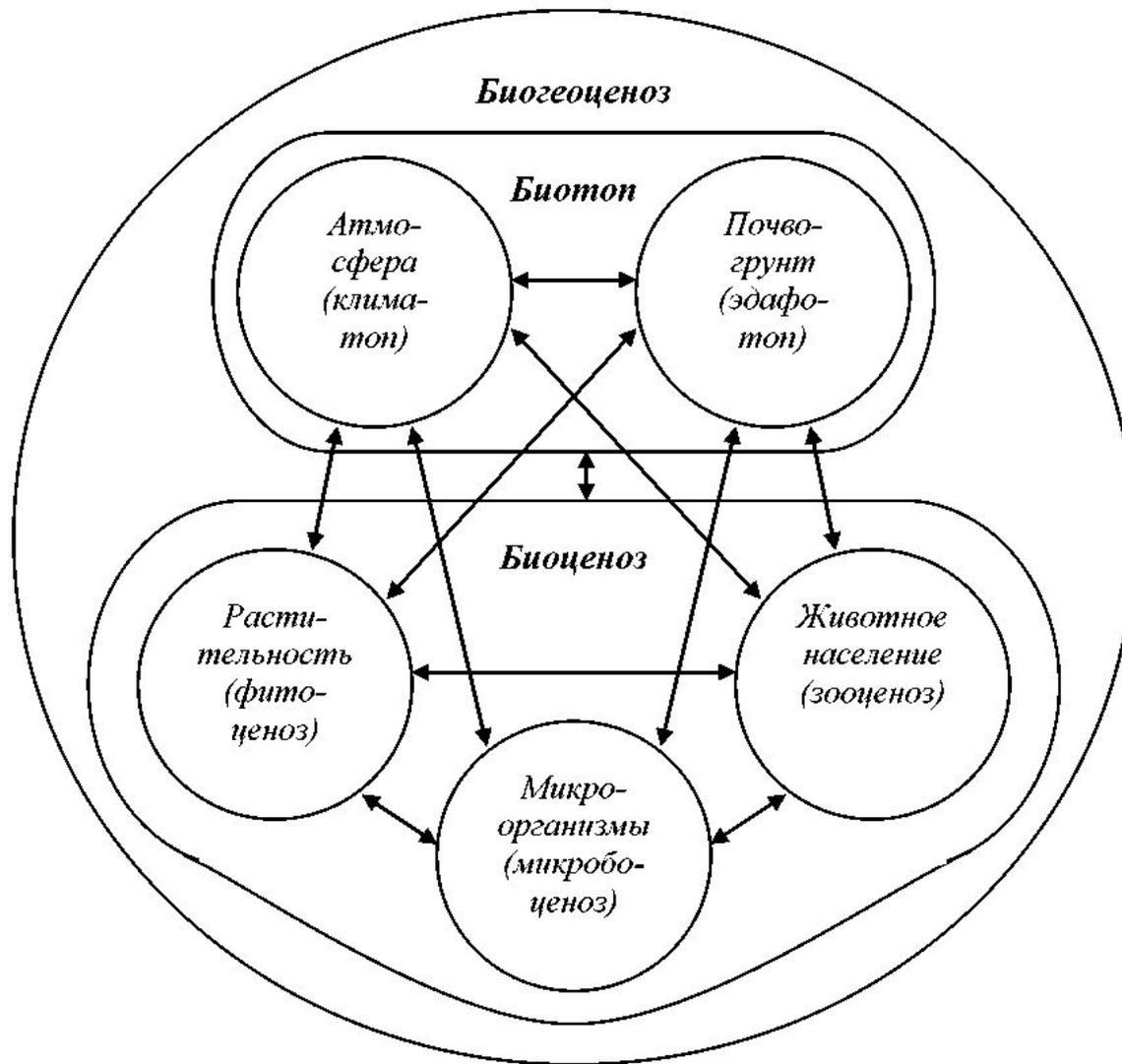
Биоценоз (от греч. «bios» — жизнь, «koinos» — общий) — **совокупность популяций разных видов**, обитающих на определенной территории. Растительный компонент биоценоза называют *фитоценозом*, животный — *зооценозом*, микробный — *микробоценозом*.

Биотоп (от греч. «bios» — жизнь, «topos» — место) — определенная **территория или акватория со свойственными ей абиотическими факторами среды обитания** (приземный слой атмосферы, солнечная энергия, климат, почва, горные породы, грунтовые воды, рельеф и др.), занятая определенным биоценозом.

Характерный для данного биотопа **комплекс условий определяет видовой состав** обитающих здесь организмов.

Совокупность биоценоза (**живой компонент**) и биотопа (**косный компонент**) образуют биогеоценоз.

Биогеоценоз (от греч. «bios» — жизнь, «ge» — Земля и «koinos» — общий) — однородный участок земной поверхности с определенным составом живых (биоценоз) и косных (биотоп) компонентов, объединенных потоком энергии и круговоротом веществ в единый природный комплекс (рис.).



Структура биогеоценоза (по В.Н. Сукачеву).

Термин «**биогеоценоз**» ввел в науку российский ученый **В.Н. Сукачев (1940)**. Термин получил распространение главным образом в отечественной литературе. За рубежом, особенно в англоязычных странах, в аналогичном значении используют термин «**экосистема**», который был предложен английским ученым **А. Тенсли (1935)**.

Экосистема (экологическая система) (от греч. «oikos» — жилище, местопребывание и «systema» — сочетание, объединение) — система совместно обитающих живых организмов и условий их существования, связанных потоком энергии и круговоротом веществ (рис.).

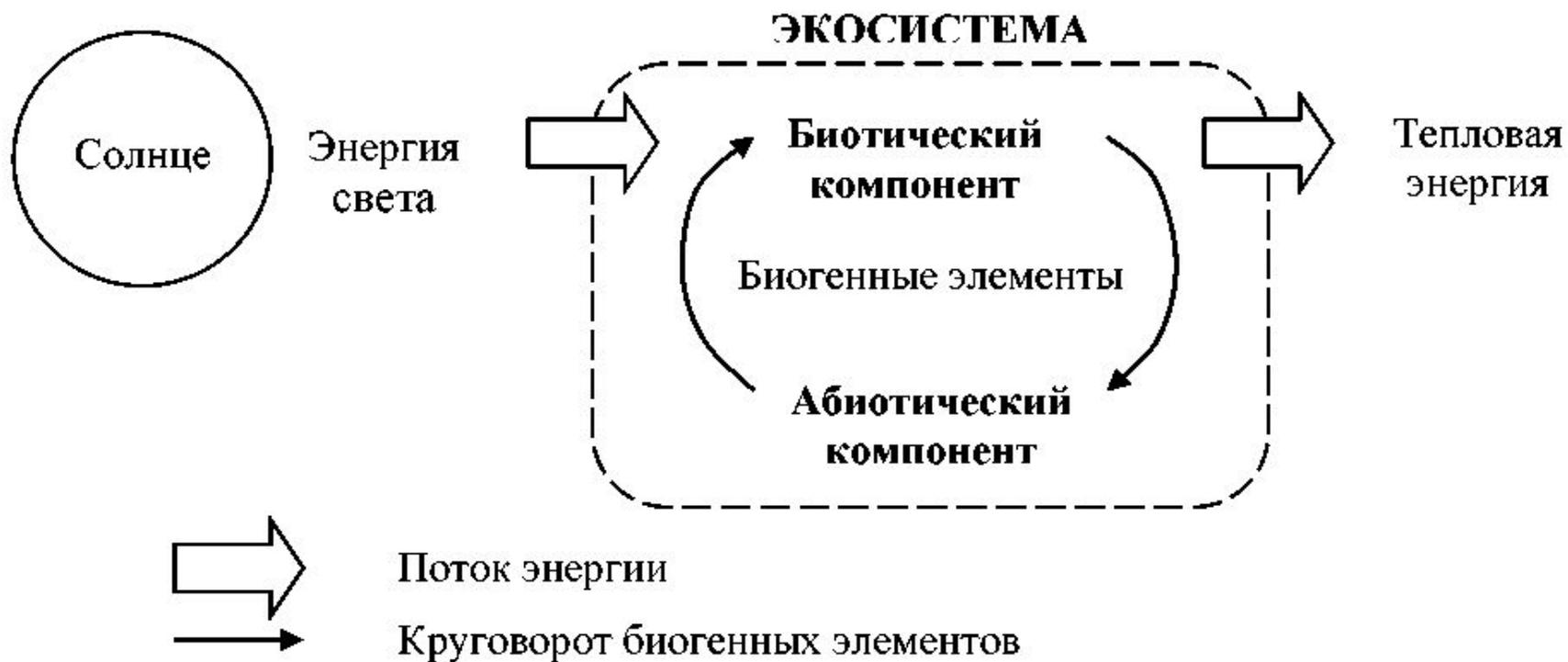


Артур Тенсли (1871 — 1955) — британский ботаник.

Автор термина экосистема.



Владимир Николаевич Сукачѳв (1880 — 1967) —
российский,
советский геоботаник, лесовод, географ.
Автор термина биогеоценоз.



Функциональная схема экосистемы.

«Экосистема» и «биогеоценоз» — понятия близкие, но не синонимы.

Экосистема — понятие более общее: от капли воды до биосферы в целом, включая искусственные комплексы организмов и абиотических компонентов (аквариум, космический корабль, сельскохозяйственное угодье, город и пр.).

Биогеоценоз — это экосистема в границах фитоценоза.

Таким образом, каждый биогеоценоз — это экосистема, но не каждая экосистема — биогеоценоз.

Совокупность биогеоценозов образует биогеоценотический покров Земли, то есть всю **биосферу**, а отдельные биогеоценозы являются элементарными единицами биосферы.

То же можно сказать и про экосистемы.

Совокупность экосистем образует биосферу — экосистему высшего порядка.

Структура экосистем

С точки зрения **трофической структуры** экосистему можно разделить на два яруса — автотрофный и гетеротрофный.



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

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

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

- неорганические вещества,
- органические вещества,
- воздушную, водную и субстратную среду,
- продуцентов,
- консументов,
- редуцентов.

1. **Неорганические вещества** (CO_2 , H_2O , N_2 , O_2 , минеральные соли и др.), включающиеся в круговороты.

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

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

4. **Продуценты** (от лат. *producentis* — производящий) — автотрофные организмы, способные **производить** органические вещества из неорганических, используя фотосинтез или хемосинтез.

К ним относятся:

- растения,
- автотрофные бактерии.

5. Консументы (от лат. *consumo* — потреблять, съесть) (макроконсументы, фаготрофы) — гетеротрофные организмы, **потребляющие** органическое вещество продуцентов или других консументов.

К ним относятся:

- животные,
- гетеротрофные растения,
- некоторые микроорганизмы.

Консументы бывают

- первого порядка (фитофаги, сапрофаги),
- второго порядка (зоофаги, некрофаги)
- и т.д.

6. Редуценты (от лат. *reducent* — возвращающий, восстанавливающий) (микроконсументы, деструкторы, сапротрофы, осмотрофы) — гетеротрофные организмы, питающиеся органическими остатками и **разлагающие** их до минеральных веществ.

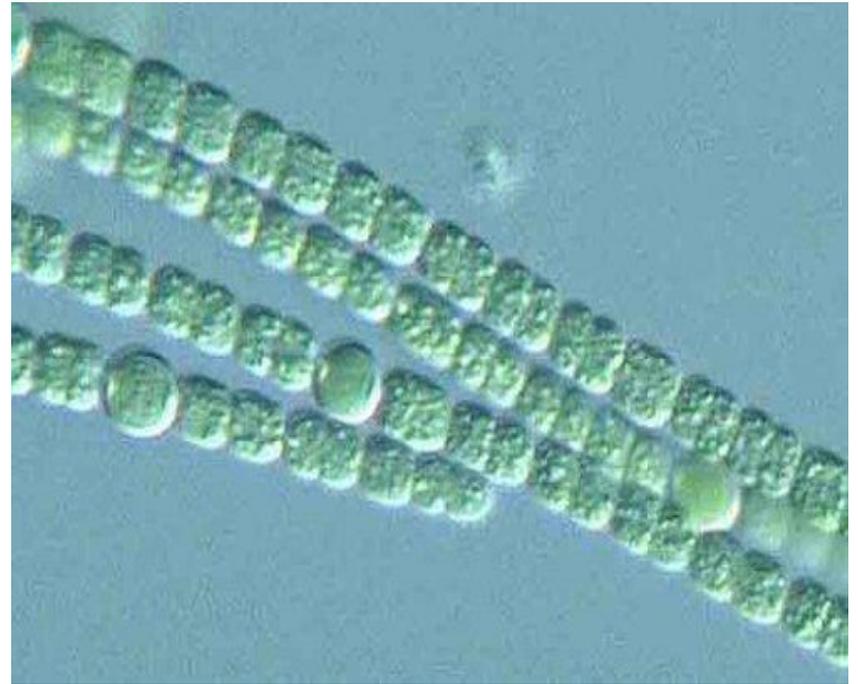
К ним относятся:

- сапротрофные бактерии,
- сапротрофные грибы.

Продуценты



Растения



Автотрофные бактерии

Консументы



Фитофаги



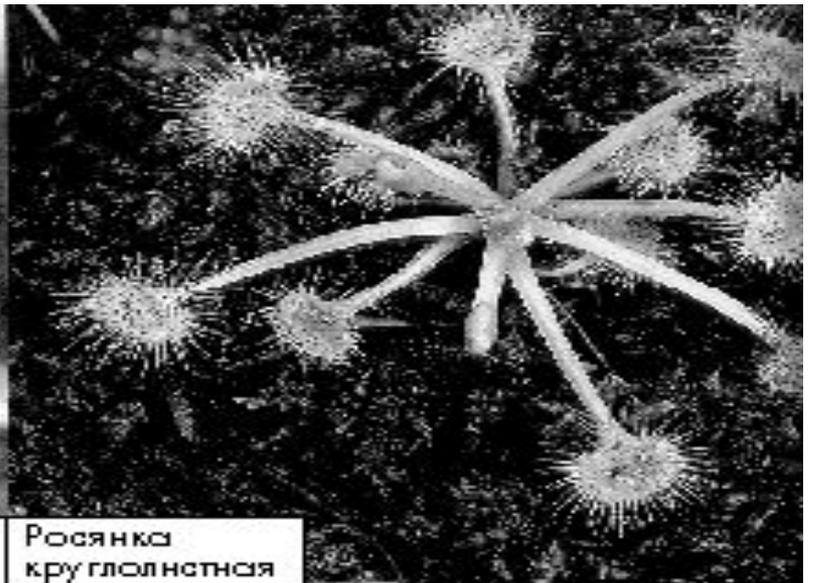
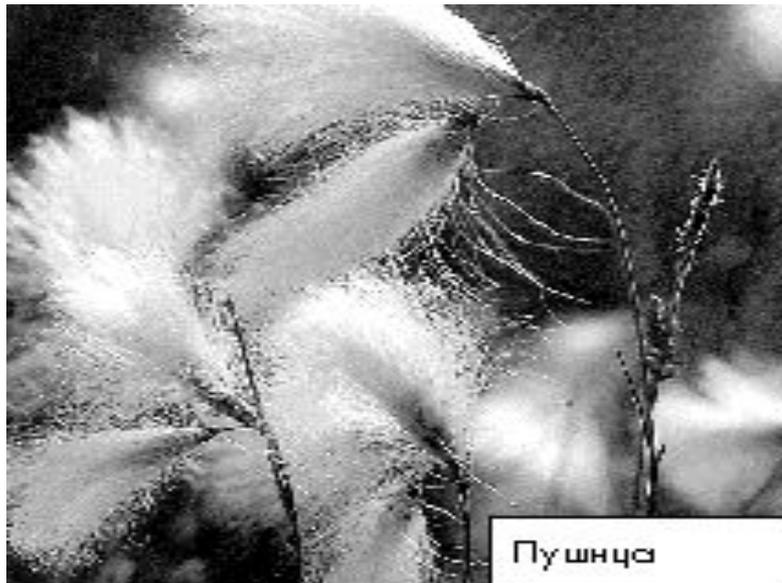
Сапрофаги



Зоофаги



Некрофаги



Пушница	Росянка круглолистная
Росянка английская	Вереск



Гетеротрофные растения

Редуценты



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

Таким образом, **как правило**, в любой экосистеме можно выделить **три функциональные группы** организмов: продуцентов, консументов и редуцентов.

В экосистемах, образованных только микроорганизмами, **консументы отсутствуют**.

В каждую группу входит множество популяций разных видов, населяющих экосистему.

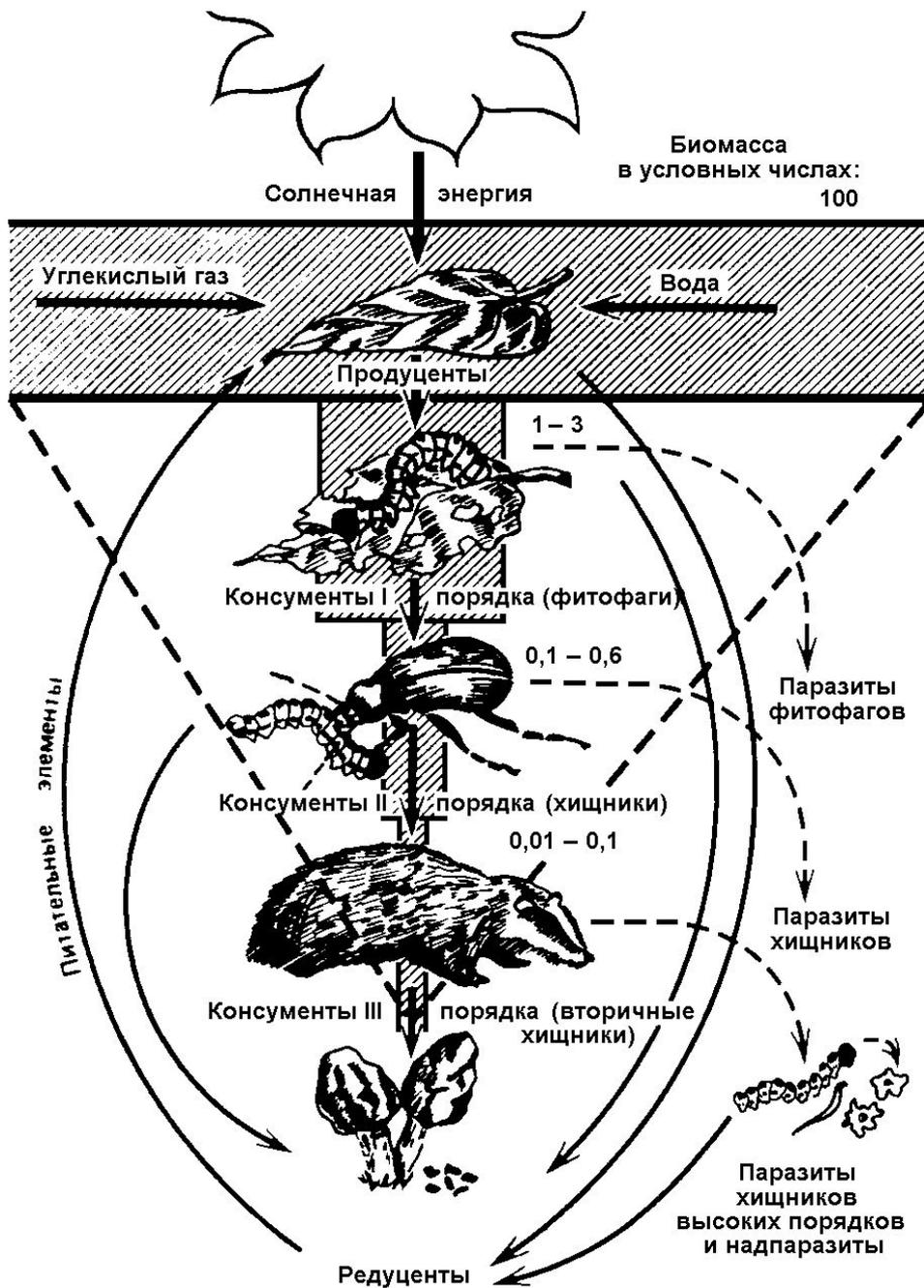
В экосистеме пищевые и энергетические связи идут в направлении: **продуценты → консументы → редуценты**.

Пищевые цепи и сети

Питаясь друг другом, живые организмы образуют цепи питания.

Цепь питания — последовательность организмов, по которой передается энергия, заключенная в пище, от ее первоначального источника.

Каждое звено цепи питания называется **трофическим уровнем** (рис.).



Трофические уровни
в экосистеме
(Н.Ф. Реймерс, 1990).

Трофические уровни в цепи питания

Уровень	Группа организмов	Организмы
Первый	Продуценты	Автотрофные организмы, преимущественно зелёные растения
Второй	Консументы первого порядка	Растительноядные животные и паразиты продуцентов
Третий	Консументы второго порядка	Первичные хищники, питающиеся растительноядными животными, и паразиты первичных консументов
Четвертый	Консументы третьего порядка	Вторичные хищники, питающиеся плотоядными животными, и паразиты вторичных консументов
...		
Последний	Редуценты	Сапротрофные бактерии и грибы, осуществляющие минерализацию — превращение органических остатков в неорганические вещества

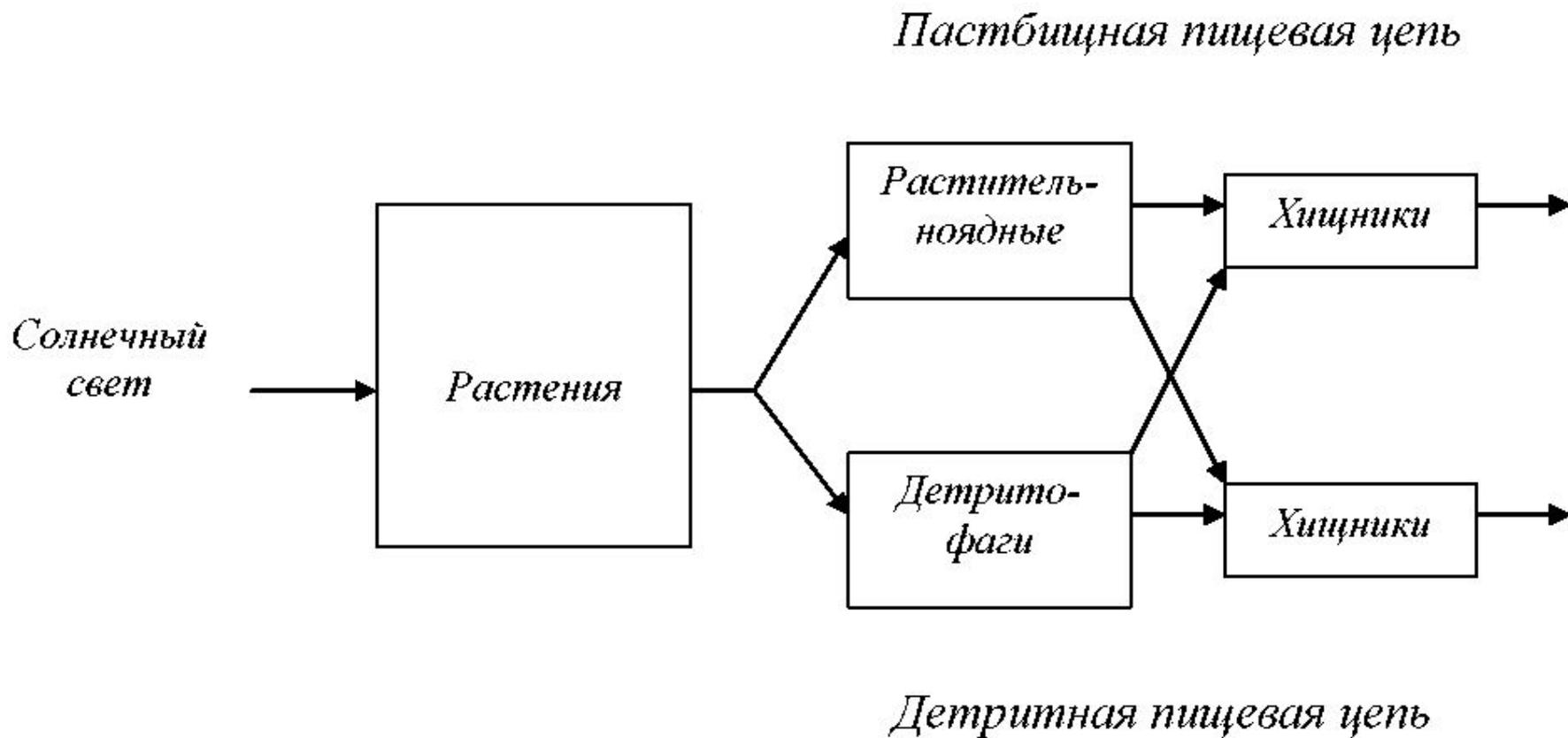
В пищевой цепи редко бывает больше 4–5 трофических уровней.

Редуценты могут представлять любой трофический уровень, начиная со второго.

Различают два типа пищевых цепей (табл.).

Типы пищевых цепей

Тип	Характеристика	Примеры
Цепи выедания (или пастбищные)	Пищевые цепи, начинающиеся с живых фотосинтезирующих организмов	Фитопланктон → зоопланктон → рыбы микрофаги → рыбы макрофаги → птицы ихтиофаги
Цепи разложения (или детритные)	Пищевые цепи, начинающиеся с отмерших остатков растений, трупов и экскрементов животных	Детрит → детритофаги → хищники микрофаги → хищники макрофаги



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

Таким образом, поток энергии, проходящий через экосистему, разбивается как бы на **два основных направления**.

Энергия к консументам поступает через **живые ткани растений** или через запасы **мертвого органического вещества**.

Цепи выедания преобладают в **водных экосистемах**, цепи разложения — в **экосистемах суши**.

В сообществах пищевые цепи сложным образом **переплетаются** и образуют **пищевые сети**.

В состав пищи каждого вида входит обычно не один, а несколько видов, каждый из которых в свою очередь может служить пищей нескольким видам.

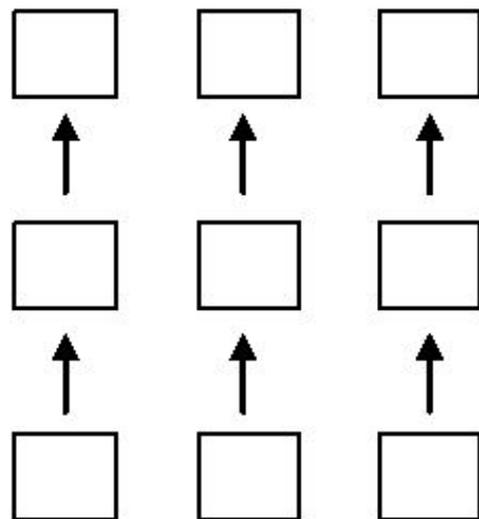
С одной стороны, каждый трофический уровень представлен многими популяциями разных видов, с другой стороны, многие популяции принадлежат сразу к нескольким трофическим уровням.

В результате благодаря сложности пищевых связей выпадение какого-то одного вида часто не нарушает равновесия в экосистеме (рис.).

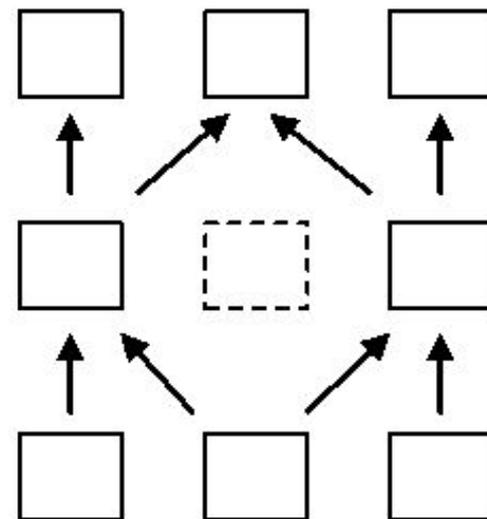
Консументы
II порядка

Консументы
I порядка

Продуценты



A



B

Функциональное замещение видов в экосистеме:

А — исходная структура трофических цепей;

Б — структура после выпадения одного из видов

(по И.А. Шилову, 2001).

Круговорот веществ и поток энергии в экосистеме

Биологический круговорот веществ.

В экосистеме органические вещества синтезируются автотрофами из неорганических веществ.

Затем они потребляются гетеротрофами.

Выделенные в процессе жизнедеятельности или после гибели организмов (как автотрофов, так и гетеротрофов) органические вещества подвергаются минерализации, то есть превращению в неорганические вещества.

Эти неорганические вещества могут быть вновь использованы автотрофами для синтеза органических веществ.

В то же время, **энергия не может циркулировать** в пределах экосистемы.

Поток энергии (передача энергии), заключенной в пище, в экосистеме осуществляется **однонаправленно** от автотрофов к гетеротрофам.

При передаче энергии с одного трофического уровня на другой большая часть энергии (**около 90%**) **рассеивается в виде тепла** (в соответствии со вторым законом термодинамики), и только **около 10%** от первоначального количества **передается** по пищевой цепи.

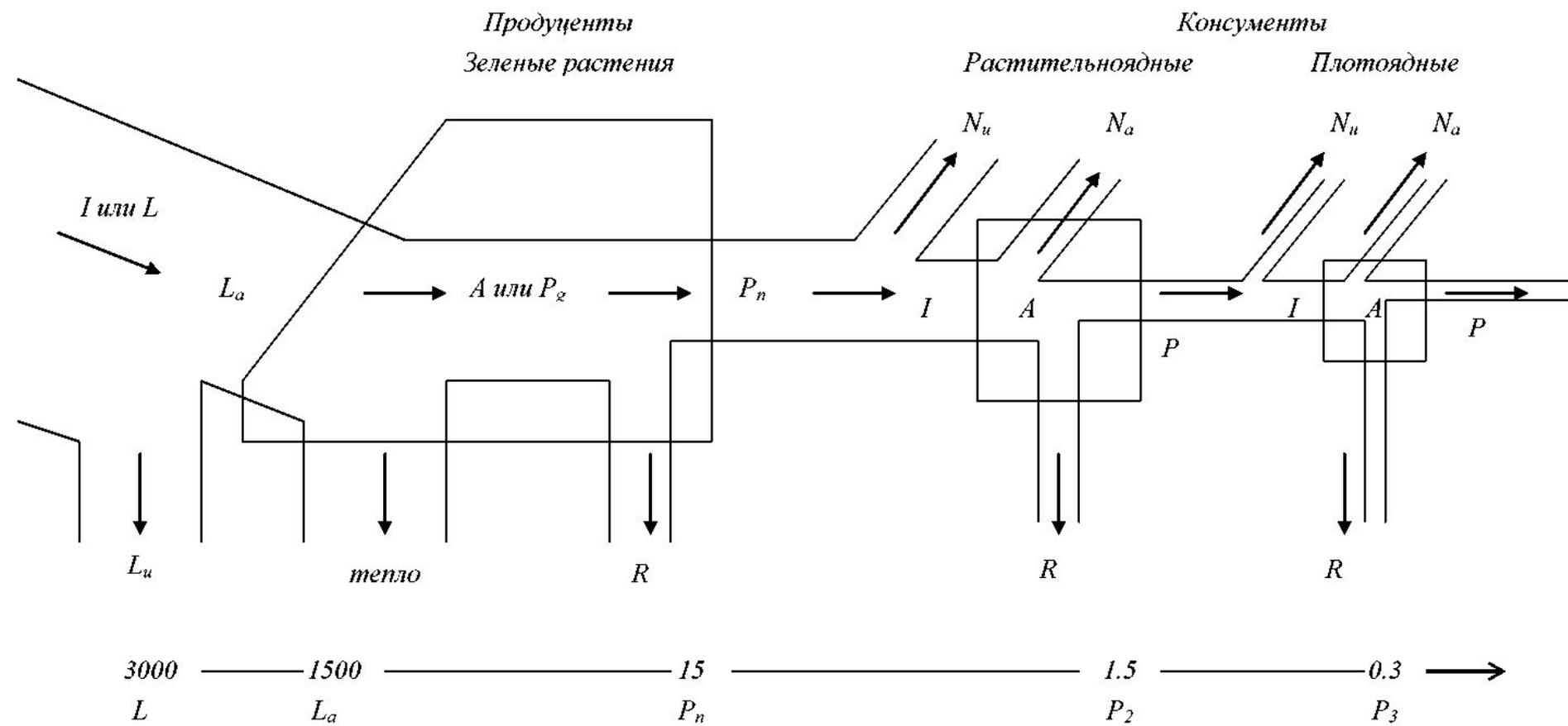


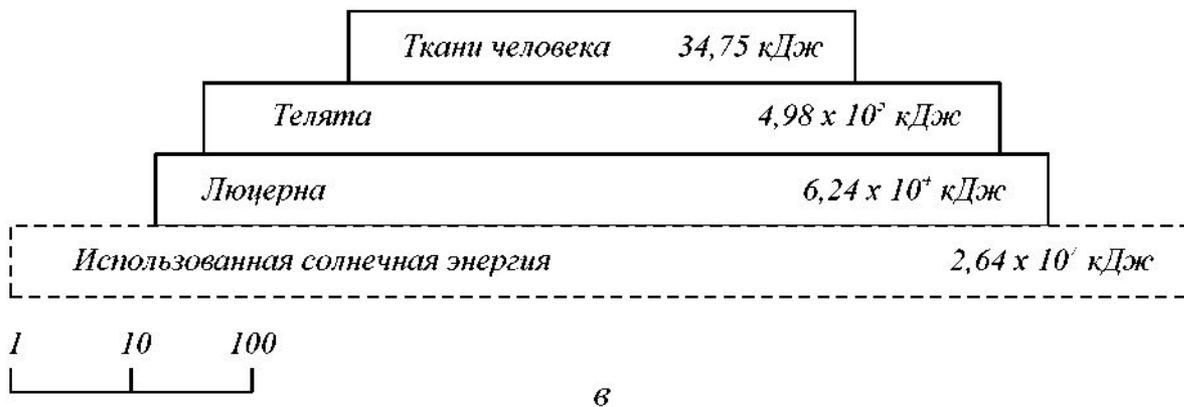
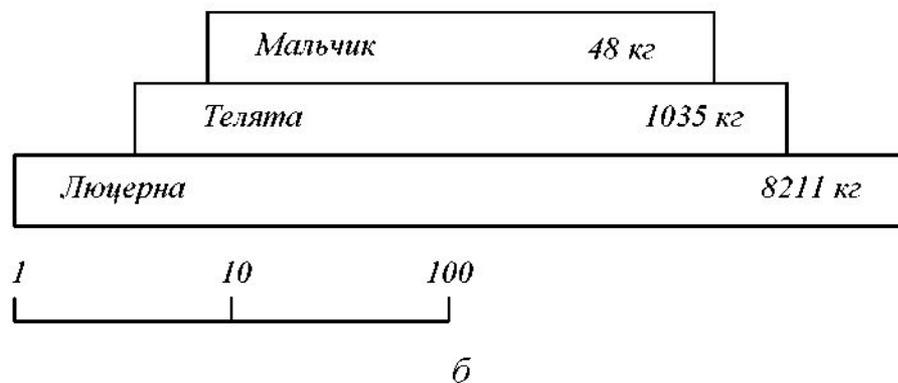
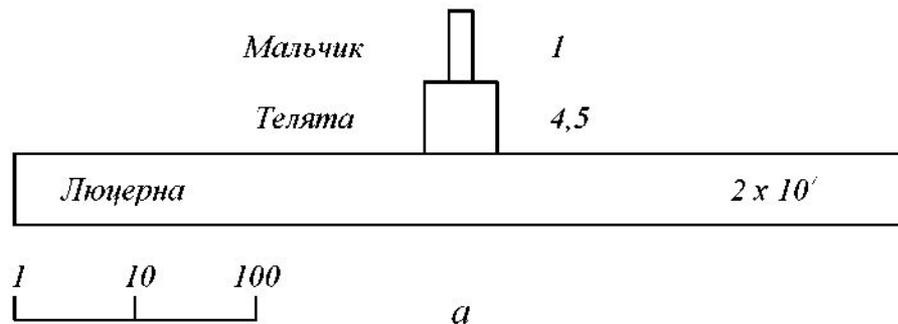
Схема потока энергии в пищевой цепи, показывающая три трофических уровня (по Ю. Одуму, 1986).

I — поступление энергии на трофический уровень; L — солнечная энергия, попадающая на растения; L_a — энергия, поглощаемая растениями (около 0,5 L); L_u — неиспользуемая часть энергии солнечного света; A — ассимиляция, т.е. энергия, ассимилированная (запасенная) в органическом веществе; R — траты на дыхание; P_g — валовая первичная продукция (около 0,05 L_a); P_n — чистая первичная продукция; P — вторичная продукция (консументов); N_u — неиспользуемая консументами энергия (накапливаемая или экспортируемая); N_a — неассимилируемая консументами энергия (выделенная с экскрементами). Цифры внизу — порядок величины потерь энергии при каждом переносе, начиная с поступления солнечного излучения в количестве 3000 ккал/м² в сутки.

Круговорот веществ и поток энергии в экосистеме

Пищевые цепи можно представить в виде ***экологических пирамид***.

Различают **три основных типа экологических пирамид** (рис.).



Пирамиды чисел (а), биомасс (б) и энергии (в), представляющие упрощенную экосистему: люцерна — телята — мальчик 12 лет

(по Ю. Одуму, 1959).

Пирамида чисел (а) показывает, что если бы мальчик питался в течение одного года только телятиной, то для этого ему потребовалось бы 4,5 теленка, а для пропитания телят необходимо засеять поле в 4 га люцерной, что составит 2 x 10⁷ растений. В пирамиде биомасс (б) число особей заменено их биомассой. В пирамиде энергии (в) учтена солнечная энергия. Люцерна использует 0,24 % солнечной энергии. Для накопления продукции телятами в течение года используется 8 % энергии, аккумулированной люцерной. На развитие и рост ребенка в течение года используется 0,7 % энергии, аккумулированной телятами. В результате чуть более одной миллионной доли солнечной энергии, падающей на поле в 4 га,

Экологические пирамиды

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

Пирамида биомасс показывает изменение биомасс на каждом следующем трофическом уровне: для наземных экосистем пирамида биомасс сужается кверху, для экосистемы океана — имеет **перевернутый** характер (сужается книзу), что связано с быстрым потреблением фитопланктона консументами.

Пирамида энергии (продукции) имеет **универсальный характер** и отражает уменьшение количества энергии, содержащейся в продукции, создаваемой на каждом следующем трофическом уровне.

Биологическая продуктивность экосистем

Прирост биомассы в экосистеме, созданной за единицу времени, называется **биологической продукцией (продуктивностью)**.

Различают первичную и вторичную продукцию сообщества.

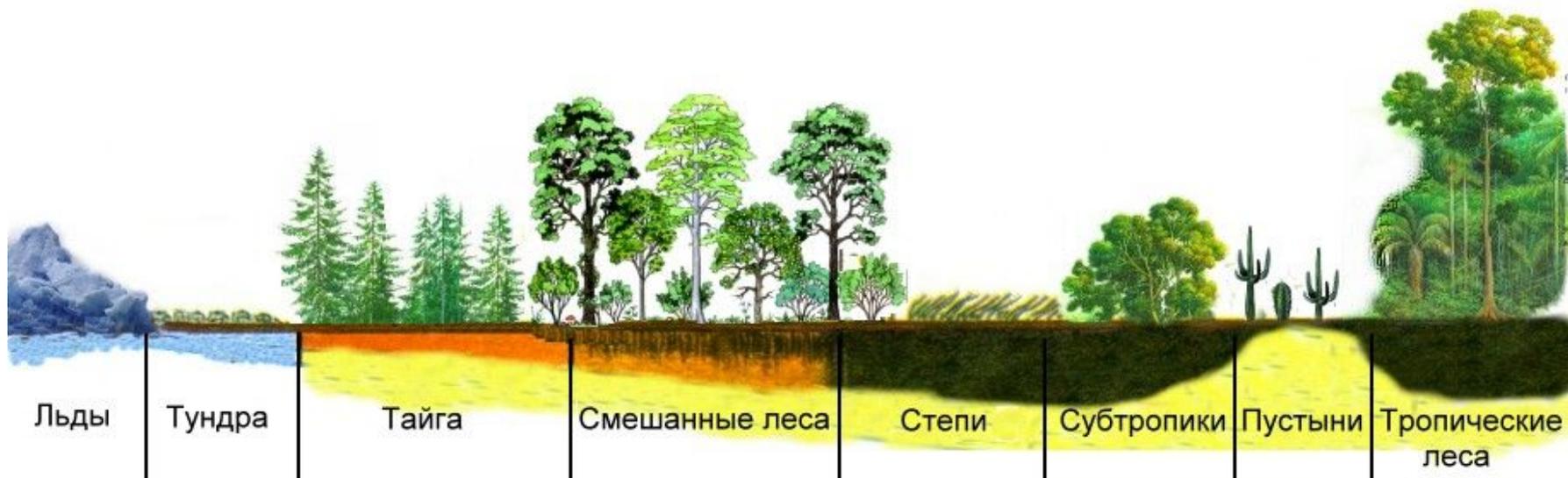
Первичная продукция — биомасса, созданная за единицу времени продуцентами. Она делится на валовую и чистую. **Валовая первичная продукция** (общая ассимиляция) — это общая биомасса, созданная растениями в ходе фотосинтеза. Часть ее расходуется на поддержание жизнедеятельности растений — траты на дыхание (40–70%). Оставшаяся часть составляет **чистую первичную продукцию** (чистая ассимиляция), которая в дальнейшем используется консументами и редуцентами, или накапливается в экосистеме.

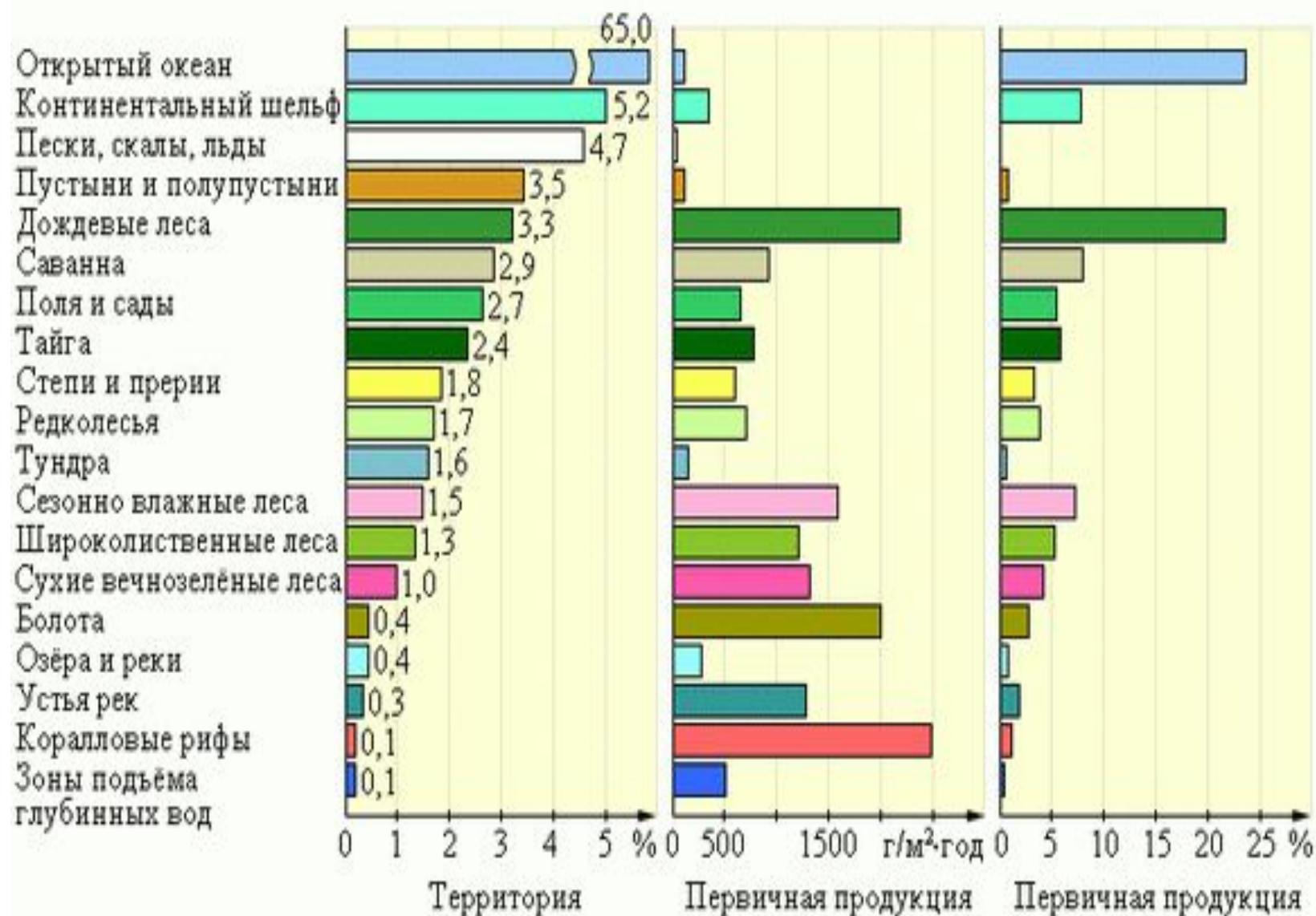
Биологическая продуктивность экосистем

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

Масса организмов определенной группы (продуцентов, консументов, редуцентов) или сообщества в целом называется **биомассой**.

Самой высокой биомассой и продуктивностью обладают **тропические дождевые леса**, самой низкой — **пустыни и тундры**.





Если в экосистеме скорость прироста растений (образования первичной продукции) выше темпов переработки ее консументами и редуцентами, то это ведет к **увеличению биомассы продуцентов**.

Если при этом присутствует недостаточная утилизация продуктов опада в цепях разложения, то происходит **накопление мертвого органического вещества**. Это проявляется в заторфовывании болот, образовании мощной лесной подстилки и т.п.

В стабильных экосистемах биомасса остается **постоянной**, так как практически вся продукция расходуется в цепях питания.

Динамика экосистем

Изменения в сообществах могут быть **циклическими и поступательными**.

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

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

Например, чередование световой и темновой фаз фотосинтеза у растений, сна и бодрствования у животных.

Сезонная цикличность связана с изменением экологических факторов в течение года и наиболее сильно выражена в высоких широтах, где велик контраст зимы и лета.

Сезонная изменчивость проявляется не только в изменении состояния и активности, но и количественного соотношения отдельных видов.

На определенный период многие виды выключаются из жизни сообщества, впадая в спячку, оцепенение, перекочевывая или улетаю в другие районы.

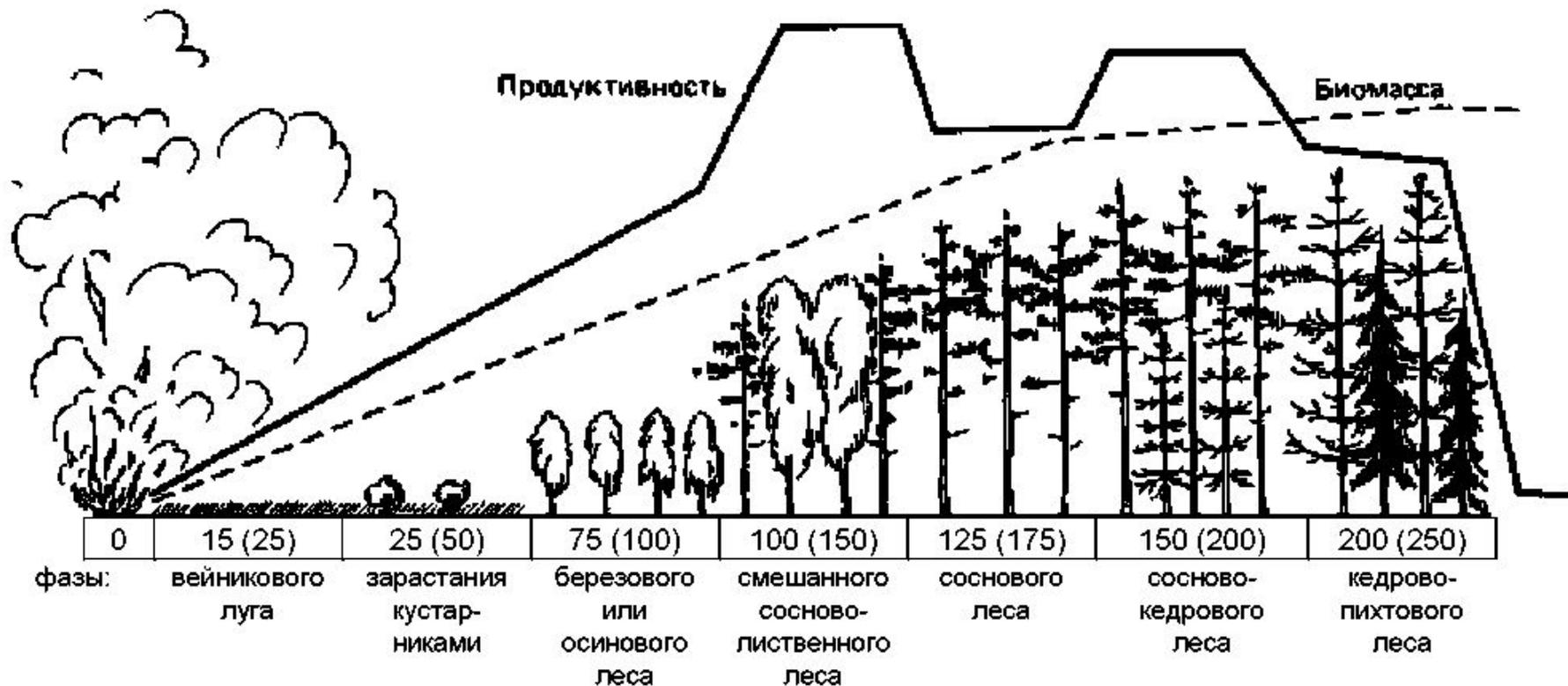
Многолетняя изменчивость связана с флуктуациями климата или другими внешними факторами (степень разлива рек), либо с внутренними причинами (особенности жизненного цикла растений-эдификаторов, повторения массового размножения животных).

Поступательные изменения — изменения в биоценозе, в конечном счете **приводящие к смене** этого сообщества другим.

Сукцессия (от лат. successio — преемственность) — **последовательная смена биоценозов** (экосистем), выраженная в изменении видового состава и структуры сообщества (рис.).

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

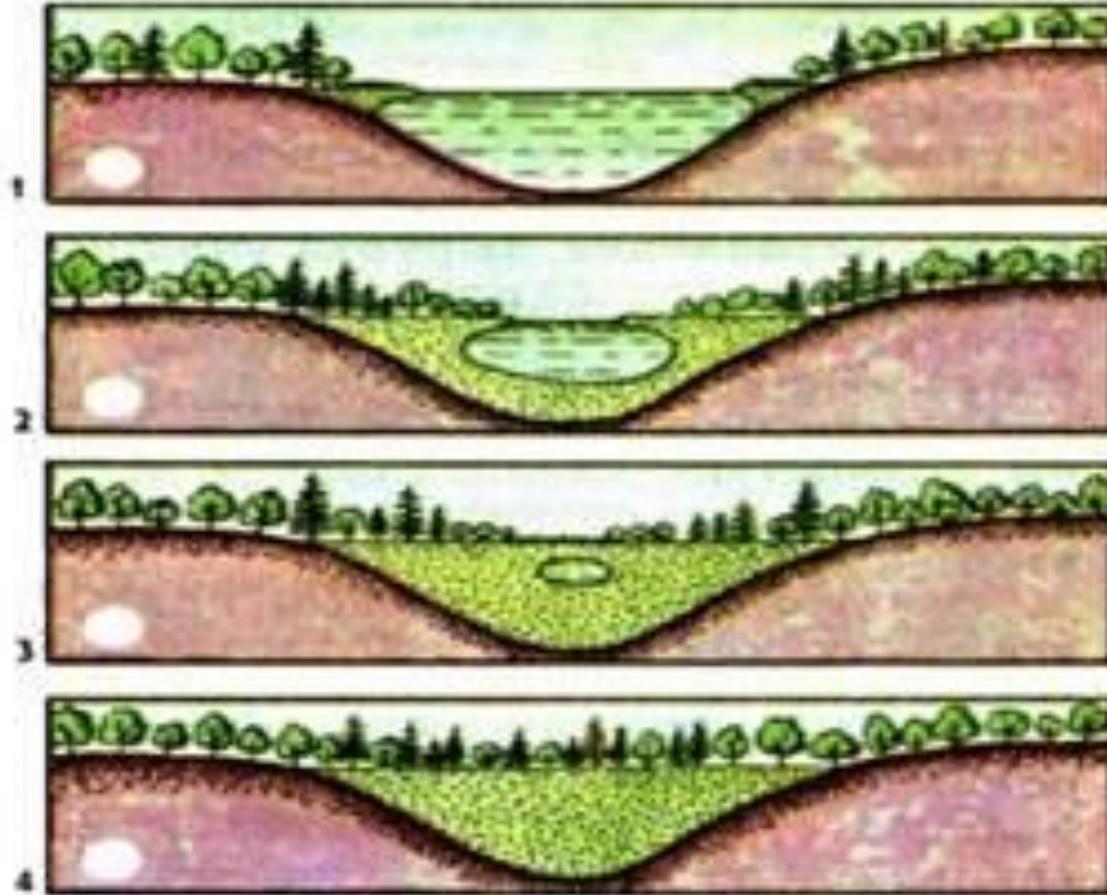
К сукцессиям относятся опустынивание степей, зарастание озер и образование болот и др.



Сукцессия сибирского темнохвойного леса (пихтово-кедровой тайги) после опустошительного лесного пожара (обобщенная схема)

(Н.Ф. Реймерс, 1990).

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



Сукцессия при зарастании небольшого озера
(по А.О. Рувинскому и др., 1993)

В зависимости от причин, вызвавших смену биоценоза, сукцессии подразделяют на

- природные и антропогенные,
- аутогенные и аллогенные,
- первичные и вторичные,
- и т.д.

Классификация сукцессий

Тип	Характеристика	Примеры
<i>В зависимости от участия человека</i>		
Природные	Происходят под действием естественных причин, не связанных с деятельностью человека	Появление пруда в результате деятельности бобров; восстановление биоценоза после пожара, вызванного естественными причинами
Антропогенные	Обусловлены деятельностью человека	Эвтрофикация (зарастание) водоёма в результате попадания в него азотных и фосфорных удобрений с сельскохозяйственных полей; восстановление биоценоза после пожара, вызванного человеком

Классификация сукцессий

Тип	Характеристика	Примеры
<i>В зависимости от первоначального состояния субстрата, на котором развивается сукцессия</i>		
Первичные	Развиваются на субстрате, не занятом живыми организмами	Развиваются на скалах, обрывах, застывшей лаве, сыпучих песках, отмелях, в новых водоёмах
Вторичные	Происходят на месте уже существующих биоценозов после их нарушения	В результате вырубки леса, пожара, распашки, осушения, орошения земель

Классификация сукцессий

Тип	Характеристика	Примеры
<i>В зависимости от причин, вызвавших сукцессию</i>		
Аутогенные (самопорождающие ся)	Возникают вследствие внутренних причин (изменения среды под действием сообщества)	Регулярно-периодическое выгорание калифорнийской и австралийской чапарали в результате формирования огнеопасной среды
Аллогенные (порождённые извне)	Вызваны внешними причинами	Опустынивание степей в результате изменения климата (уменьшения количества осадков)

В своем развитии экосистема стремится к устойчивому состоянию.

Сукцессионные изменения происходят до тех пор, пока не сформируется стабильная экосистема, производящая максимальную биомассу на единицу энергетического потока.

Сообщество, находящееся в равновесии с окружающей средой, называется **климаксным**.

Классификация экосистем

Существуют различные классификации экосистем: **по размерам, источнику энергии, участию человека** и т.д.

Классификация экосистем по размерам

Тип	Характеристика	Примеры
Микроэкосистемы	До десятков метров	Капля воды с микроорганизмами, ствол гниющего дерева, поляна в лесу, аквариум, комнатный цветок в горшке
Мезоэкосистемы	От десятков метров до десятков километров	Лесной массив, озеро, пруд, поле, болото
Макроэкосистемы	От десятков до тысяч километров	Тундра, тайга, степь, пустыня, океан, континент
Мегаэкосистема (глобальная экосистема)	Вся поверхность Земли	Биосфера

Классификация экосистем по источнику энергии и участию человека

Типы по источнику энергии		Типы по влиянию человека	
		Естественные	Антропогенные
Автотрофные	Фотоавтотрофные	Тундры, болота, степи, леса, луга, озера, моря и др.	Агроэкосистемы, лесные культуры, морские «огороды» и др.
	Хемоавтотрофные	Экосистемы подземных вод и рифтовых зон в океане	—
Гетеротрофные		Экосистемы океанических глубин, высокогорных ледников, темных пещер, муравейников	Города, промышленные предприятия, экосистемы биологических очистных сооружений, рыборазводные пруды, культура дождевого червя, плантации шампиньонов и др.

Биомная классификация экосистем

Крупные экосистемы называют **биомами**.

В зависимости от природных условий можно выделить **три группы и ряд типов** природных экосистем (Ю.Одум, 1986).

В основе классификации для наземных экосистем лежит **тип естественной (исходной) растительности**, для водных экосистем — **гидрологические и физические особенности**.

Наземные экосистемы

1. Тундра: арктическая и альпийская;
2. Бореальные хвойные леса (тайга);
3. Листопадный лес умеренной зоны;
4. Степь умеренной зоны;
5. Чапарраль (районы с дождливой зимой и засушливым летом);
6. Тропические злаковники и саванна;
7. Пустыня: травянистая и кустарниковая;
8. Полувечнозеленый тропический лес (районы с выраженными влажным и сухим сезонами);
9. Вечнозеленый тропический дождевой лес.

Тундра



Бореальные хвойные леса



Листопадный лес умеренной зоны



Степь



ARTGALLERY.RU

Тропические саванны



Чапараль



Пустыня



Полувечнозеленый тропический лес



Вечнозеленый тропический лес



Пресноводные экосистемы

1. Лентические (стоячие воды): озера, пруды, водохранилища и др.;
2. Лотические (текучие воды): реки, ручьи, родники и др.;
3. Заболоченные угодья: болота, болотистые леса, марши (приморские луга).

Лентические



Лотические

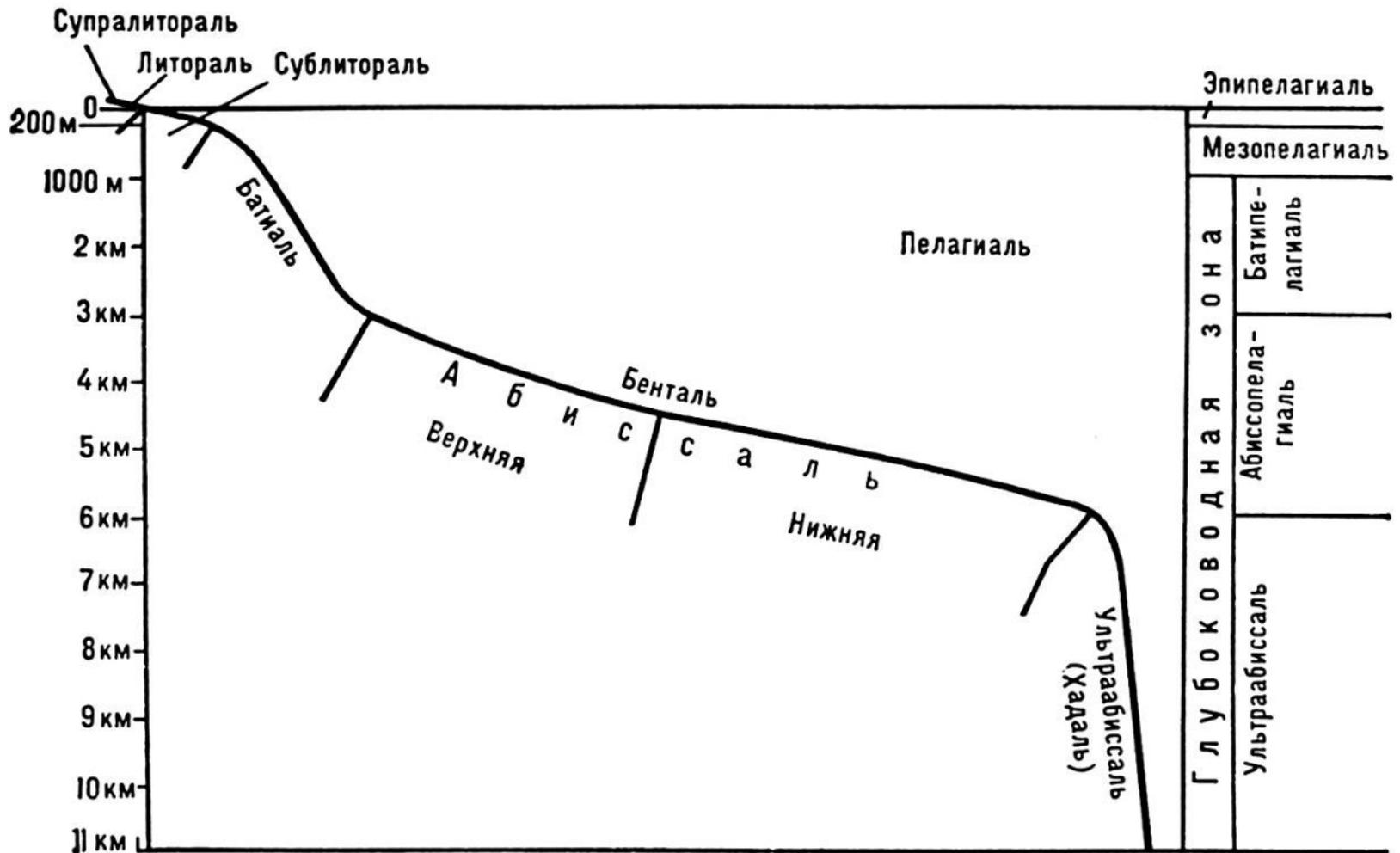


Заболоченные угодья



Морские экосистемы

1. Открытый океан (пелагическая экосистема);
2. Воды континентального шельфа (прибрежные воды);
3. Районы апвеллинга (плодородные районы с продуктивным рыболовством);
4. Эстуарии (прибрежные бухты, проливы, устья рек, лиманы, соленые марши и др.);
5. Глубоководные рифтовые зоны.



Вертикальная экологическая зональность океана



Вертикальная экологическая зональность озера

Открытый океан



Воды континентального шельфа



Эстуарии



Глубоководные рифовые зоны



Помимо основных типов природных экосистем (биомов) различают **переходные типы — экотоны**.

Например,

- лесотундра,
- смешанные леса умеренной зоны,
- лесостепь,
- полупустыни
- и др.

Сравнение основных признаков фототрофных наземных и пресноводных экосистем (по Б.М. Миркину, Л.Г. Наумовой, 2011)

Признак	Наземные экосистемы	Пресноводные экосистемы
Среды жизни	Наземно-воздушная, почвенная, организменная	Водная, организменная
Факторы, лимитирующие первичную биологическую продукцию (ПБП)	Вода, элементы минерального питания, свет, тепло	Элементы минерального питания (особенно фосфор), кислород, свет
Соотношение ПБП и запаса биомассы	Среднегодовая ПБП меньше запаса биомассы или равна ему	Среднегодовая ПБП больше среднегодового запаса биомассы
Длина пищевой цепи	2-4 звена	4–6 звеньев

Сравнение основных признаков фототрофных наземных и пресноводных экосистем (по Б.М. Миркину, Л.Г. Наумовой, 2011)

Признак	Наземные экосистемы	Пресноводные экосистемы
Основные продуценты	Высшие растения	Микроскопические водоросли, цианобактерии
Основные консументы		
А) фитофаги	Насекомые, млекопитающие, птицы	Ракообразные, коловратки, реже – рыбы
Б) зоофаги	Насекомые, паукообразные, млекопитающие, птицы	Ракообразные, рыбы, реже – птицы
В) детритофаги	Нематоды, черви, клещи, колемболы	Бентосные ракообразные, моллюски
Основные редуценты	Бактерии, грибы	Бактерии

Сравнение основных признаков фототрофных наземных и пресноводных экосистем (по Б.М. Миркину, Л.Г. Наумовой, 2011)

Признак	Наземные экосистемы	Пресноводные экосистемы
Участие бактерий в цепях питания	Большая часть бактерий в живом состоянии не поедается	Значительная часть бактерий поедается в живом состоянии
Пирамида биомассы	Биомасса убывает по ряду: растения – фитофаги – зоофаги	Биомасса возрастает по ряду: растения – фитофаги – зоофаги I порядка, после чего убывает
Полнота выедания организмов в пищевых цепях	10-30% при поедании растений и до 70-80% при поедании животных	Может достигать 40% при поедании растений и 80-90% на высшем трофическом уровне
Период круговорота углерода	От нескольких лет до десятков лет	Меньше одного года

Антропогенные экосистемы

Агроэкосистемы (сельскохозяйственные экосистемы, агроценозы) — искусственные экосистемы, возникающие в результате сельскохозяйственной деятельности человека (пашни, сенокосы, пастбища).

Агроэкосистемы создаются человеком для получения высокой чистой продукции автотрофов (урожая).

В них, так же, как в естественных сообществах, имеются продуценты (культурные растения и сорняки), консументы (насекомые, птицы, мыши и т.д.) и редуценты (грибы и бактерии).

Обязательным звеном пищевых цепей в агроэкосистемах является человек.

Отличия агроценозов от естественных биоценозов:

- незначительное видовое разнообразие (агроценоз состоит из небольшого числа видов, имеющих высокую численность);
- короткие цепи питания;
- неполный круговорот веществ (часть питательных элементов выносятся с урожаем);
- источником энергии является не только Солнце, но и деятельность человека (мелиорация, орошение, применение удобрений);
- искусственный отбор (действие естественного отбора ослаблено, отбор осуществляет человек);
- отсутствие саморегуляции (регуляцию осуществляет человек) и др.

Таким образом, агроценозы являются неустойчивыми системами и способны существовать только при поддержке человека.

Урбосистемы (урбанистические системы) — искусственные системы (экосистемы), возникающие в результате развития городов, и представляющие собой средоточие населения, жилых зданий, промышленных, бытовых, культурных объектов и т.д.

В их составе можно выделить следующие территории:

- **промышленные зоны**, где сосредоточены промышленные объекты различных отраслей хозяйства и являющиеся основными источниками загрязнения окружающей среды;
- **селитебные зоны** (жилые или спальные районы) с жилыми домами, административными зданиями, объектами быта, культуры и т.п.;

- **рекреационные зоны**, предназначенные для отдыха людей (лесопарки, базы отдыха и т.п.);
- **транспортные системы и сооружения**, пронизывающие всю городскую систему (автомобильные и железные дороги, метрополитен, заправочные станции, гаражи, аэродромы и т.п.).

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

Благодарю за внимание !