Лекция 5. Экология сообществ и экосистем (синэкология)

1 Структура биоценоза

Живые организмы находятся между собой и абиотическими условиями среды обитания в определенных отношениях, образуя тем самым, так называемые, экологические системы.

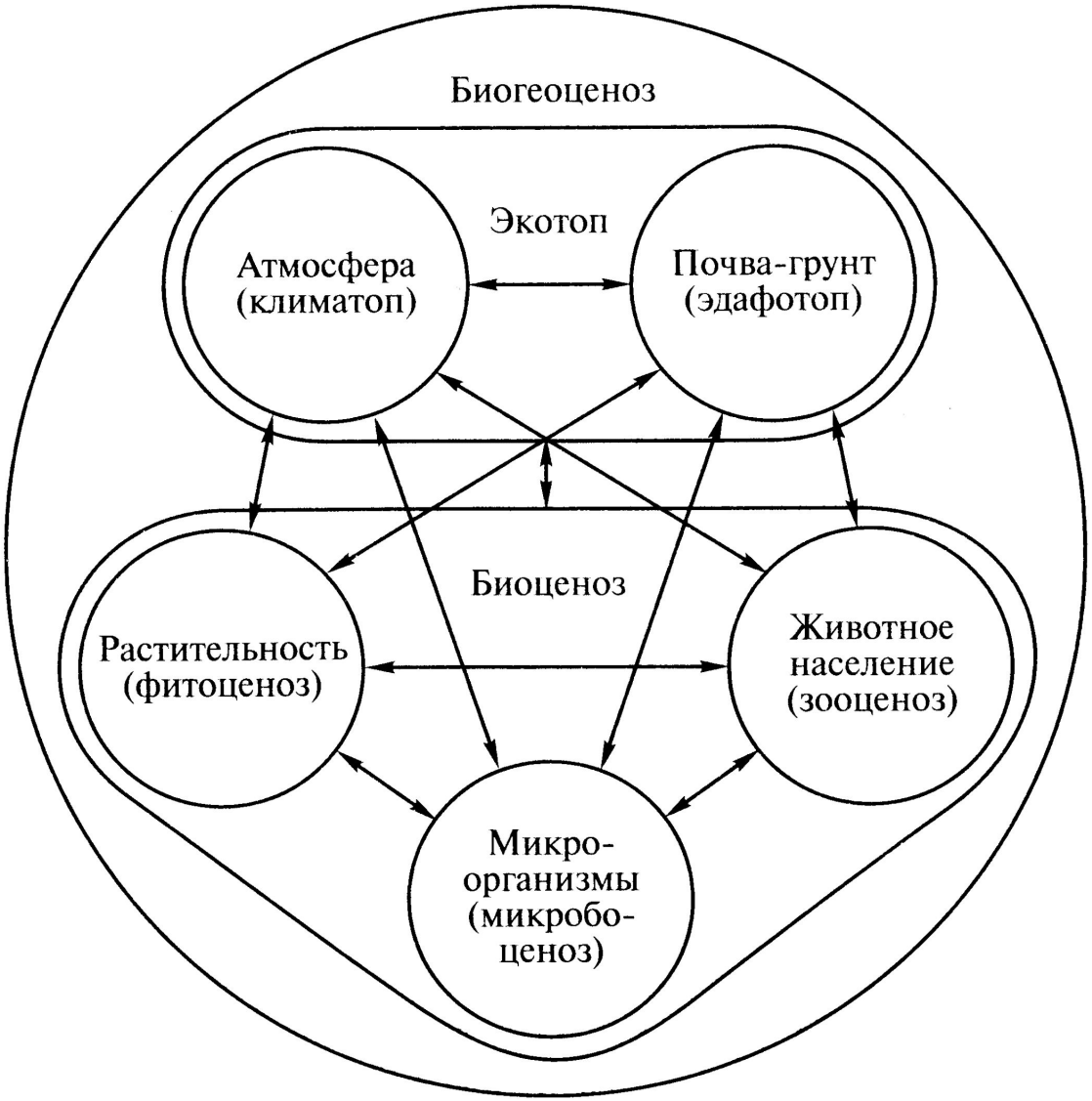
Биоценоз – это сочетание популяций растений, животных, микроорганизмов, взаимодействующих друг с другом в пределах данной среды обитания и образующих тем самым особую живую систему со своим собственным составом, структурой, взаимоотношениями со средой, развитием и функциями.

Растительный компонент биоценоза называют ***фитоценозом***, животный – ***зооценозом,*** микробный – ***микробоценозом.***

Ведущим компонентом в биоценозе является фитоценоз. Он определяет, каким будет зооценоз и микробоценоз.

Биотоп – определенная территория со свой ственными ей абиотическими факторами среды обитания (климат, почва).

Биогеоценоз – совокупность биоценоза и биотопа. Термин предложен российским ученым В. Н. Сукачевым (1942).



Структура биоценоза (по В. Н. Сукачеву)

Биотоп представляет собой естественное, достаточно однородное жизненное пространство биоценоза. Тесное взаимодействие между биоценозом и биотопом основано на постоянном обмене энергией, веществом и информацией.

Многие авторы отождествляют понятия «биотоп» и «местообитание». **Местообитание** – это совокупность абиотических и биотических условий, в которых проживает **особь** или популяция. Оно является компонентом **экологической ниши**, поэтому биотоп по сравнению с местообитанием является более широким понятием – это абиотическая среда биоценоза.

Термин предложен английским ботаником А. Тенсли в 1935 г. В современном понимании ***экосистема*** – это совокупность совместно проживающих популяций и неживой среды их обитания, взаимодействующих с данной средой таким образом, что поток энергии и вещества создает четко определенную трофическую структуру, видовое разнообразие и круговорот веществ внутри этой системы.

Состав экосистемы

Он представлен двумя группам компонентов: ***абиотическими*** и ***биотическими*.** К абиотическим относятся важнейшие элементы неживой природы: неорганические вещества и химические элементы, участвующие в биогенных круговоротах веществ (углекислый газ, кислород, азот, фосфор, сера, кальций, калий и т.д.); органические вещества, являющиеся отходами жизнедеятельности живых организмов (белки, жиры, углеводы и др.); воздушная водная или литосферная среда обитания; климатический и погодный режимы; уровень фонового ионизирующей излучения и т.д.

Биотические компоненты экосистемы

Биотические компоненты экосистемы представлены тремя группами организмов: ***продуцентами***, ***консументами*** и ***редуцентами***. Процессы создания первичного органического вещества продуцентами в результате фото- или хемосинтеза (автотрофные процессы), процессы дальнейшего преобразования органического вещества консументами (гетеротрофные процессы) и редуцирующие процессы (процессы разложения мертвого органического вещества), происходящие в экосистеме, разделены в пространстве.

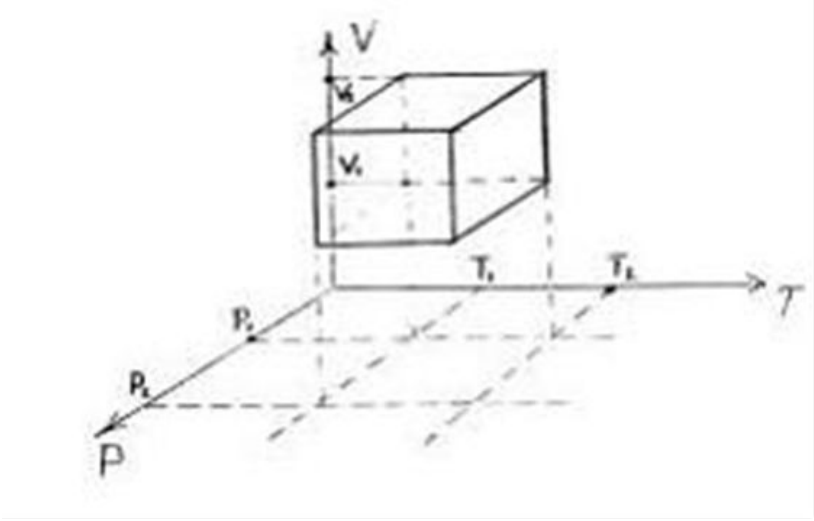
СТРОЕНИЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Экологическая ниша

Положение вида, которое он занимает в общей системе биоценоза, комплекс его биоценотических связей и требований к абиотическим факторам среды называют ***экологической нишей*** вида.

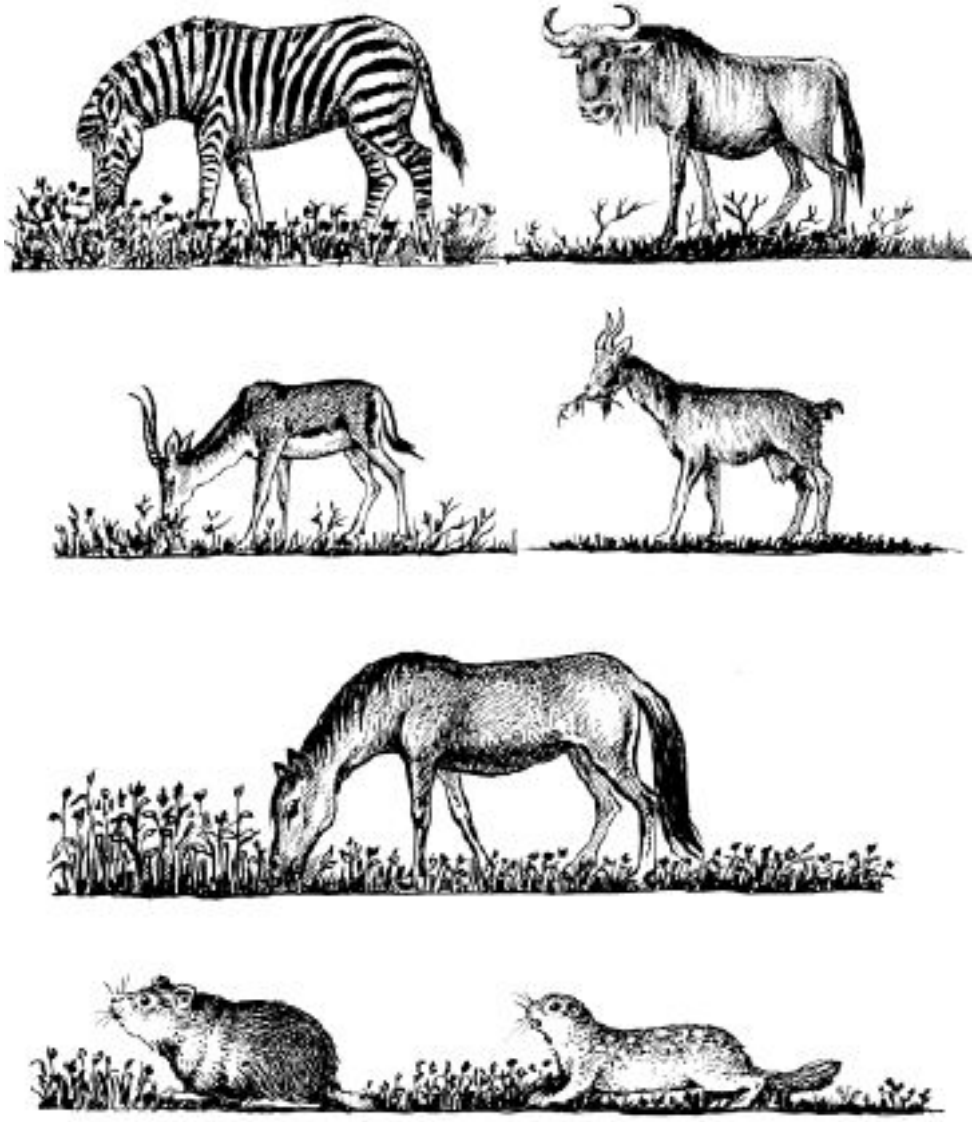
Г. Хатчинсон выдвинул понятия фундаментальной и реализованной экологической ниши. Под **фундаментальной *экологической нишей*** понимается весь набор условий, при которых вид может успешно существовать и размножаться. ***Реализованная экологическая ниша*** – это положение вида в конкретном сообществе, где его ограничивают сложные биоценотические отношения. Таким образом, реализованная ниша всегда меньше, чем фундаментальная.

Модель экологической ниши, предложенная Г. Е. Хатчинсоном, довольно проста: достаточно на ортогональных проекциях отложить значения интенсивности различных факторов, а из точек пределов толерантности восстановить перпендикуляры, то ограниченное ими пространство и будет соответствовать экологической нише данного вида.



На расширение или сужение экологической ниши вида в сообществе большое влияние оказывают конкуренты. **Правило конкурентного исключения**, сформулированное Г. Ф. Гаузе для близких по экологии видов, может быть выражено таким образом, что ***два вида не уживаются в одной экологической нише***. Эксперименты и наблюдения в природе показывают, что во всех случаях, когда виды не могут избежать конкуренции за основные ресурсы, более слабые конкуренты постепенно вытесняются из сообщества. Однако в биоценозах возникает много возможностей хотя бы частичного разграничения экологических ниш близких по экологии видов.

Выход из конкуренции достигается благодаря расхождению требований к среде, изменению образа жизни, что является разграничением (дифференциацией) экологических ниш видов. В этом случае они приобретают способность сосуществовать в одном биоценозе. Каждый из живущих вместе видов в отсутствие конкурента способен на более полное использование ресурсов. Улучшение условий жизни и увеличение численности какого-либо вида в результате удаления из биоценоза другого, близкого по экологическим требованиям, называется **конкурентным высвобождением**.



Разные виды травоядных поедают траву на разной высоте в африканских саваннах (верхние ряды) и в степях Евразии (нижние ряды) (по Ф. Р. Фуэнте, 1972; Б. Д. Абатурову, Г. В. Кузнецову, 1973)

2 Биотические связи организмов в биоценозах

Различные живые организмы находятся в постоянном взаимодействии между собой. Совокупность воздействий одних организмов на другие в процессе жизнедеятельности, а также на неживую среду обитания называют ***биотическими факторами***.

В результате взаимодействий между организмами возникают определенные взаимоотношения, которые можно раз делить на ***антагонистические*** и ***неантагонистические***.

При антагонистических отношениях организмы двух видов подавляют друг друга или один из организмов подавляет другой без ущерба для себя. Основными формами таких отношений являются: ***хищничество, паразитизм*** и ***конкуренция***.

Взаимосвязи между организмами можно разделить на межвидовые и внутривидовые. Межвидовые отношения обычно классифицируются по “интересам”, на базе которых организмы строят свои отношения:

1 – ***пищевые*** (***трофические***) связи – формируют трофическую структуру экосистемы; помимо отношений, когда одни организмы служат пищей другим, сюда же можно отнести отношения между растениями и насекомыми-опылителями цветов, конкурентные отношения из-за похожей пищи и др.; это самый распространенный тип связей;

2 – ***топические*** связи – основаны на особенностях местообитания, например, отношения между деревьями и гнездящимися на них птицами, живущими на них насекомыми, отношения между организмами и их паразитами и т.п.;

3 – ***форические*** связи – отношения по распространению семян, плодов и т.п.;

4 – ***фабрические*** связи – использование растений, пуха, шерсти для постройки гнезд, убежищ и т.п.

Теоретически взаимодействие популяций двух видов можно выразить в виде следующих комбинаций символов: 00, – –, ++, +0, –0 , +–. Выделяют 9 типов наиболее важных взаимодействий между видами (по Ю. Одуму, 1986):

- **нейтрализм** (0 0) – ассоциация двух видов популяций не сказывается ни на одном из них;
- **взаимное конкурентное подавление** (– –) – обе популяции взаимно подавляют друг друга;

- конкуренция из-за ресурсов (– –) – каждая популяция неблагоприятно воздействует на другую при недостатке пищевых ресурсов;

- аменсализм (0 –) – одна популяция подавляет другую, но сама при этом не испытывает отрицательного влияния;

- паразитизм (+ –) – популяция паразита наносит вред популяции хозяина;

- хищничество (+ –) – одна популяция неблагоприятно воздействует на другую в результате прямого нападения, но зависит от другой;

- **комменсализм** (0 +) – одна популяция извлекает пользу от объединения с другой, а другой популяции это объединение безразлично;

- **протокооперация** (+ +) – обе популяции получают пользу от объединения;

- **мутуализм** (+ +) – связь благоприятна для роста и выживания отдельных популяций, причём в естественных условиях ни одна из них не может существовать без другой.

Примечание: (0) – существенное взаимодействие между популяциями отсутствует; (+) – благоприятное действие на рост, выживание или другие характеристики популяции; (–) – ингибирующее действие на рост или другие характеристики популяции.

БИОТИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

0 0

Нейтрализм

0 –

Аменсализм

0 +

Комменсализм

+ –

Хищничество

– –

Конкуренция

+ +

Мутуализм

Девять описанных видов взаимодействий можно свести к двум более обобщенным типам – отрицательным (антибиотическим) и положительным (симбиотическим).

К антибиотическим отношениям можно отнести следующие формы отношений: конкуренцию; паразитизм; хищничество; аменсализм.

К симбиотическим можно отнести следующие формы отношений: собственно симбиоз (протокооперация); мутуализм; комменсализм.

Виды взаимоотношений между организмами

Различные формы взаимодействия между особями и популяциями:

внутривидовая конкуренция.

борьба за существование – главный биотический фактор для вида – чем больше совпадают потребности, тем сильнее борьба.

прямая конкуренция – животные дерутся между собой до смерти. У растений – **аллопатия** – выделение токсинов.

косвенная конкуренция – опосредованная, т.е. не напрямую.

3 Структура и функционирование экосистем

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

Процессы фотосинтеза активно протекают в верхних слоях, куда проникает солнечный свет, гетеротрофные и редуцирующие процессы – в почве, донных отложениях, т.е. в нижних слоях, поэтому пространственную структуру экосистем представляют в виде двух ярусов: ***верхнего*** и ***нижнего***.

Верхний (***автотрофный***) ***ярус*** включает хлорофиллоносные части растений, в которых происходит фотосинтез. Этот ярус называют «зеленым поясом» Земли.

Нижний (***гетеротрофный***) ***ярус*** представлен консументами, редуцентами и их средой обитания (почва, донные отложения). Данный ярус носит название «коричневый пояс» Земли.

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

1) неорганические вещества; 2) органические вещества; 3) воздушную, водную и субстратную среду; 4) продуцентов; 5) макроконсументов; 6) микроконсументов.

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

В экосистеме пищевые и энергетические связи идут в направлении:

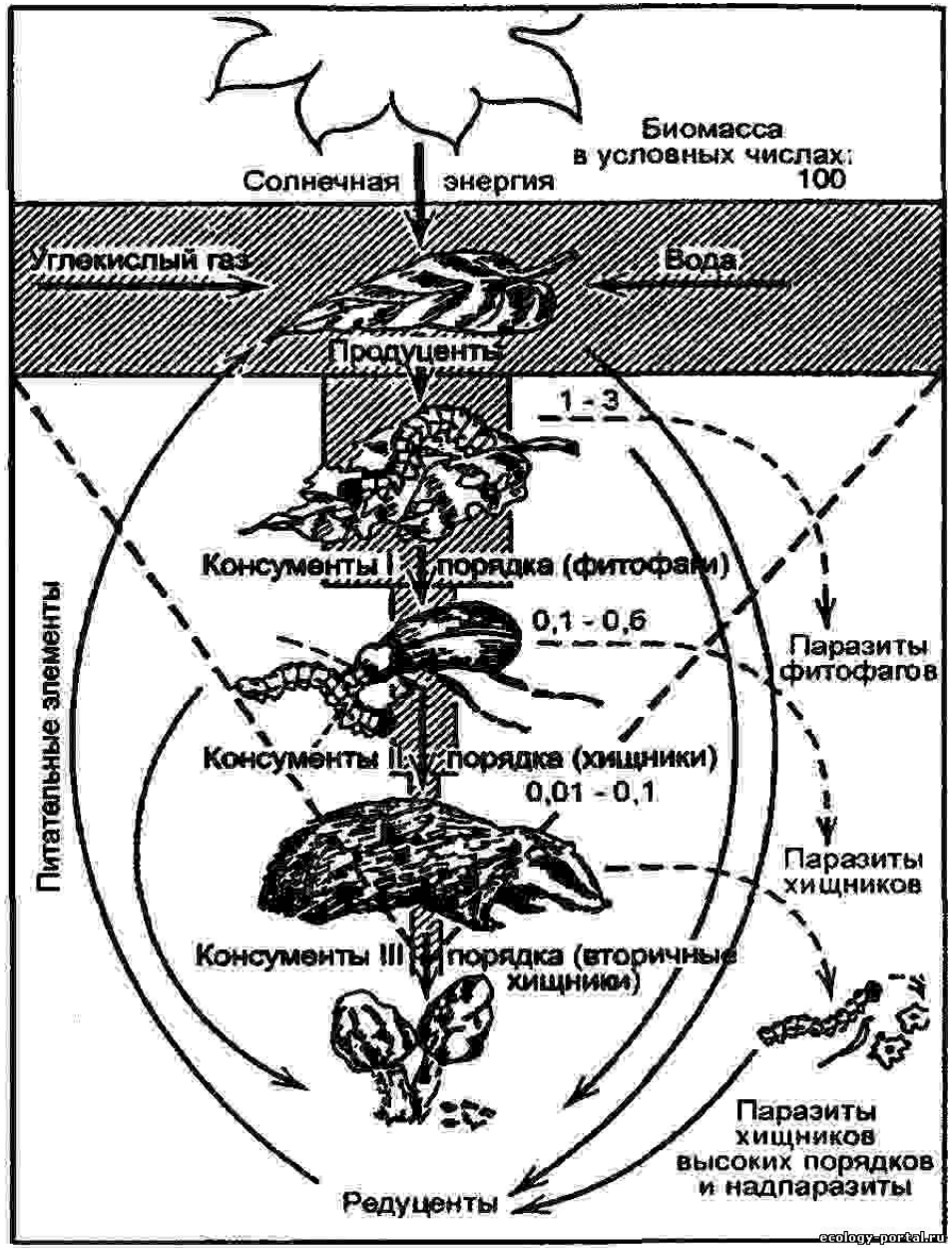
продуценты → консументы → редуценты.

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*** называется ***трофическим уровнем*** (см. рисунок). Первый трофический уровень – ***продуценты*** (автотрофные организмы, преимущественно зеленые растения).

Существует два вида таких организмов: ***фотосинтезирующие*** и ***хемосинтезирующие***. Фотосинтезирующие организмы синтезируют органические соединения из CO_2, H_2O и минеральных веществ, используя при этом солнечную энергию (зеленые растения, водоросли и некоторые бактерии). Хемосинтезирующие организмы осуществляют синтез органических соединений за счет энергии, получаемой при окислении аммиака, сероводорода, железа и т.д. Хемосинтез наблюдается в подземных условиях, в

Второй трофический уровень – ***консументы первого порядка*** (растительноядные животные и паразиты продуцентов). Третий трофический уровень – ***консументы второго порядка*** (первичные хищники, питающиеся растительноядными животными, и паразиты первичных консументов). Четвертый трофический уровень – ***консументы третьего порядка*** (вторичные хищники, питающиеся плотоядными животными, и паразиты вторичных консументов). В пищевой цепи редко бывает больше 4-5 трофических уровней. Последний трофический уровень – ***редуценты*** (сапротрофные бактерии и грибы). Они осуществляют минерализацию – превращение органических остатков в неорганические вещества. Редуценты могут представлять любой трофический уровень, начиная со второго.



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

Различают два типа пищевых цепей.

Цепи выедания (или пастбищные) – пищевые цепи, начинающиеся с живых фотосинтезирующих организмов.

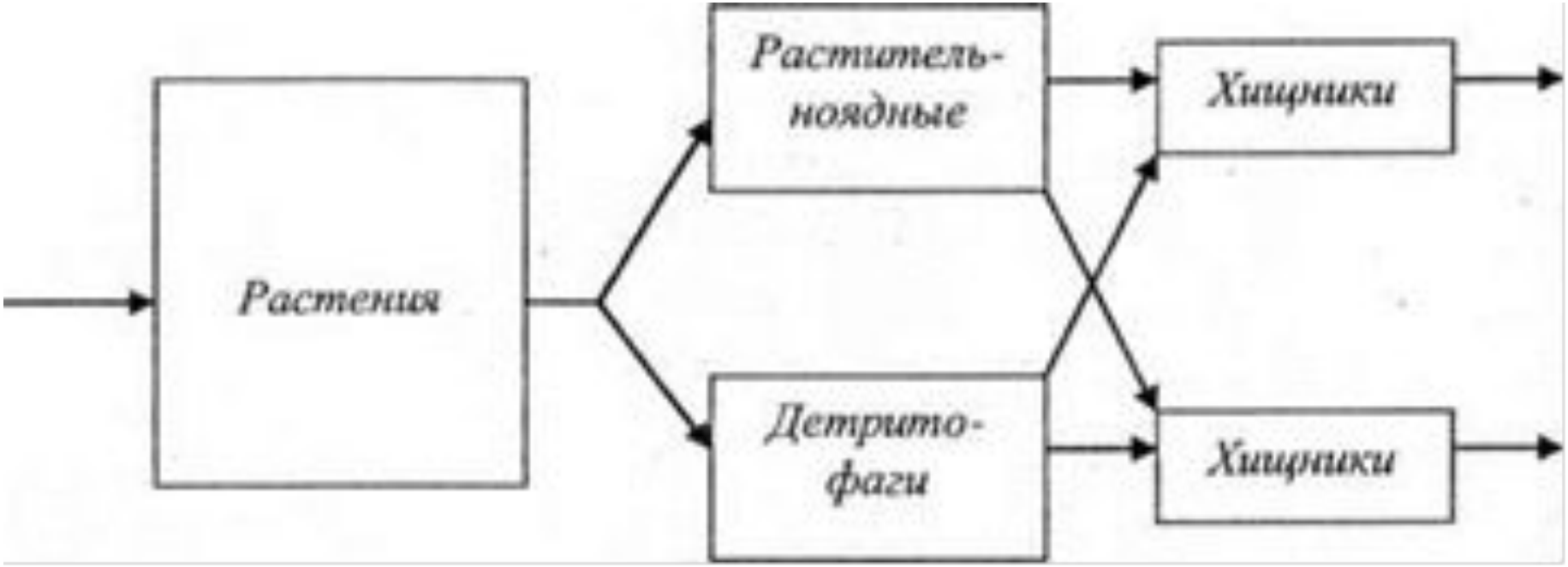
Цепи разложения (или детритные) – пищевые цепи, начинающиеся с отмерших остатков растений, трупов и экскрементов животных. Таким образом, поток энергии, проходящий через экосистему, разбивается как бы на два основных направления. Энергия к консументам поступает через живые ткани растений или через запасы мертвого органического вещества. ***Цепи выедания*** преобладают в водных экосистемах, ***цепи разложения*** – в экосистемах суши.

ЦЕПИ ПИТАНИЯ

ПАСТБИЩНАЯ (выедания) ЦЕПЬ

ДЕТРИТНАЯ (разложения) ЦЕПЬ

Пастбищная пищевая цепь

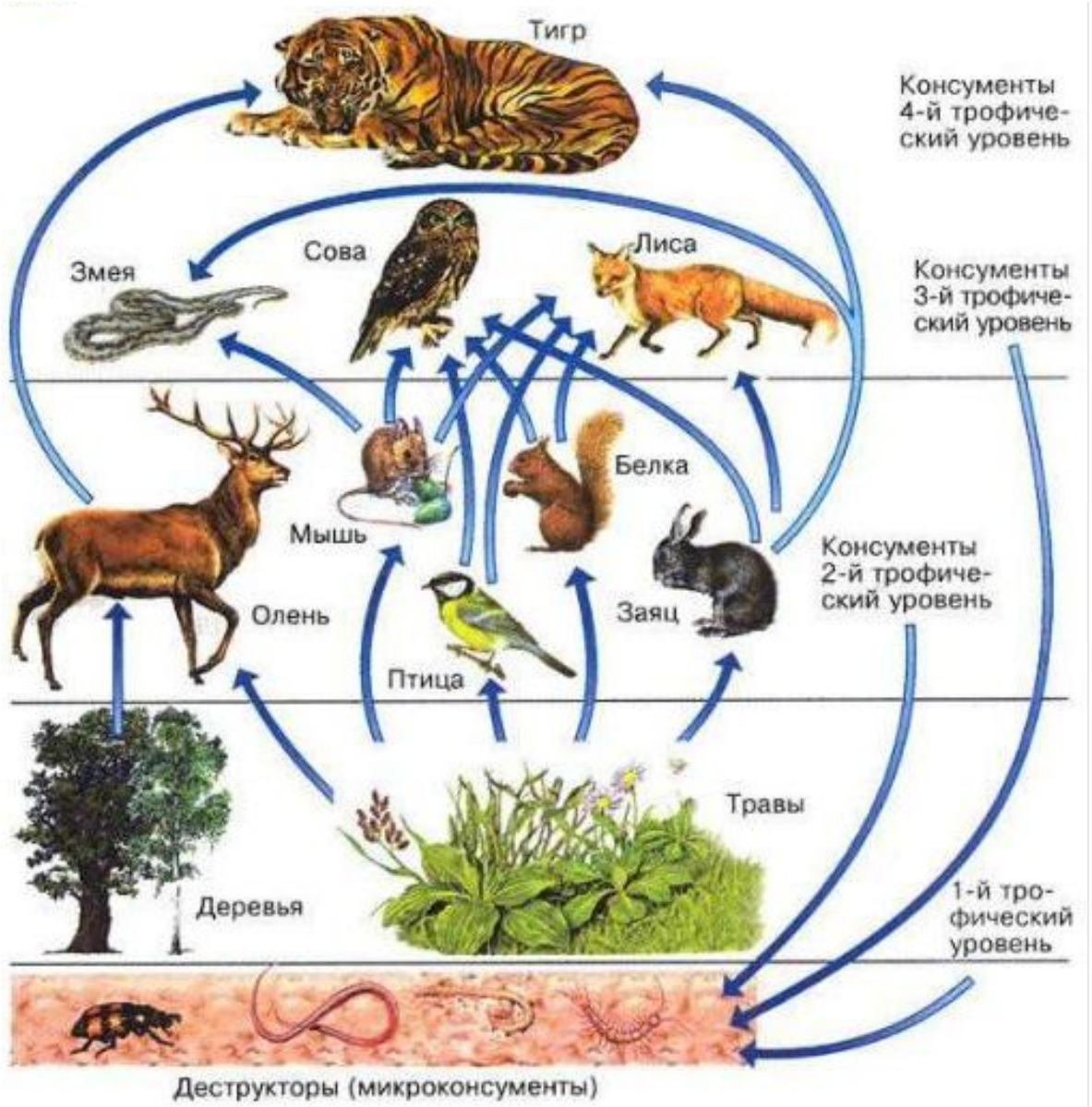


Детритная пищевая цепь

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

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.



Пищевая сеть

Круговорот веществ и поток энергии в экосистеме

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. Так осуществляется ***биологический***

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 рассеивается в виде тепла (в соответствии со вторым законом термодинамики), и только около 10 % от первоначального количества пере дается по пищевой цепи.

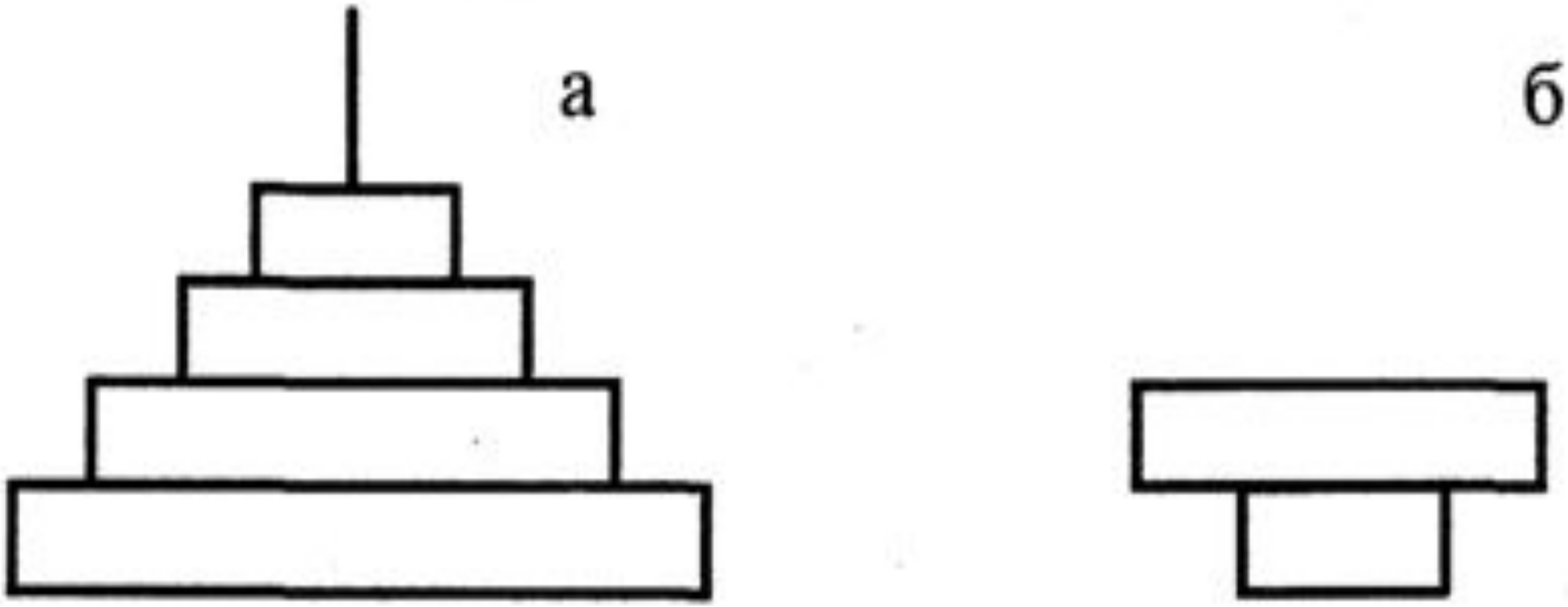
В результате, пищевые цепи можно представить в виде ***экологических пирамид***.

Типы экологических пирамид

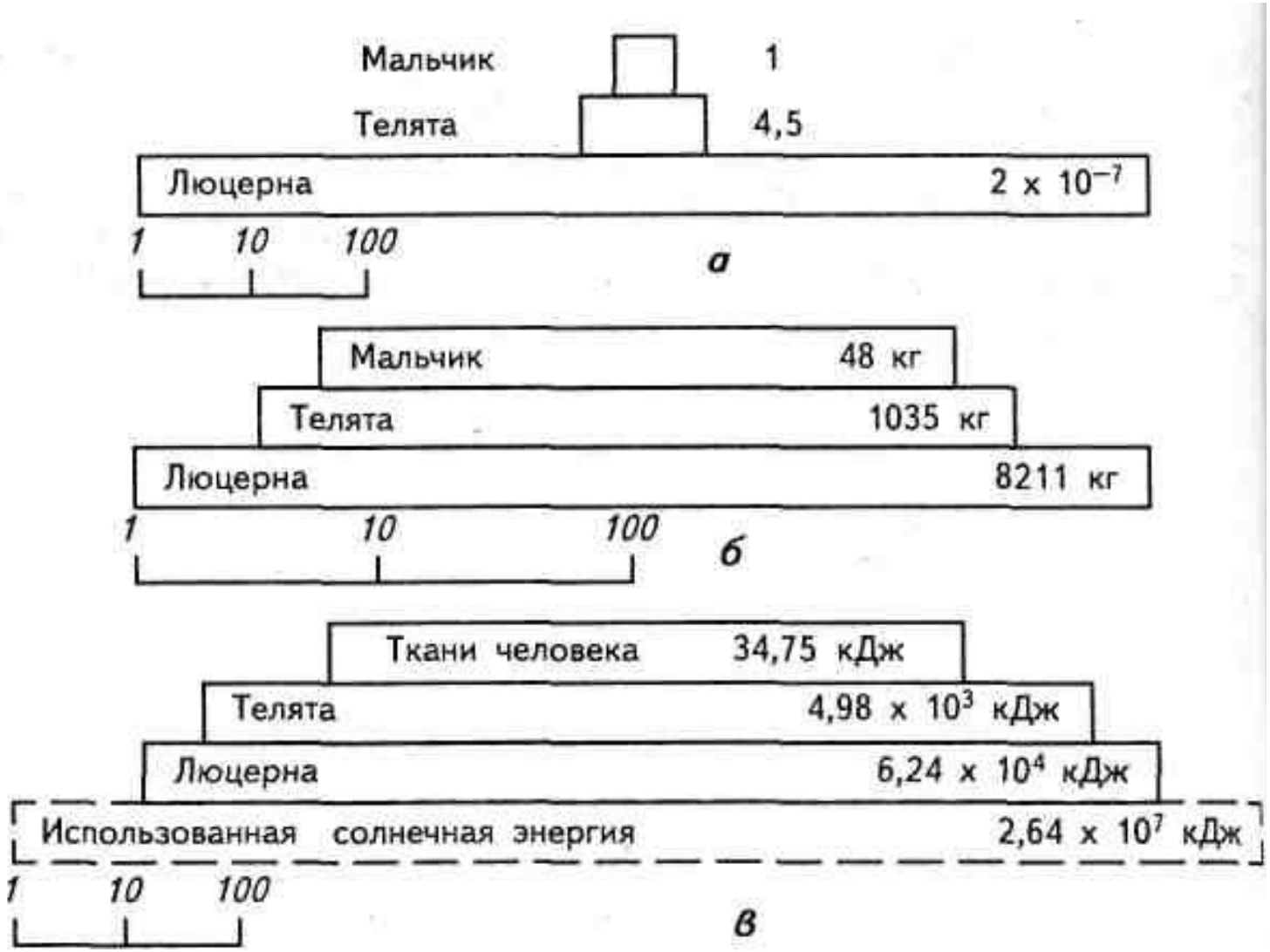
Пирамида чисел (пирамида Элтона) отражает уменьшение численности организмов от продуцентов к консументам.

Пирамида биомасс показывает изменение биомасс на каждом следующем трофическом уровне.

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



Пирамиды энергии и продукции для экосистем суши и океана (а) и биомасс для экосистем океана (б)



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 2×10^7 растений. В пирамиде биомасс ***(б)*** число особей заменено их биомассой. В пирамиде энергии ***(в)*** учтена солнечная энергия. Люцерна использует 0,24 % солнечной энергии. Для накопления продукции телятами в течение года используется 8 % энергии, аккумулированной люцерной. На развитие и рост ребенка в течение года используется 0,7 % энергии, аккумулированной телятами. В результате чуть более одной миллионной доли солнечной энергии, падающей на поле в 4 га, используется для пропитания ребенка в течение одного года.

В 1942 г. **Р. Линдеман** сформулировал закон, согласно которому только часть энергии (≈ 10 %), поступившей на определенный трофический уровень биоценоза, передается на следующий уровень.

Остальная энергия расходуется на обеспечение процессов жизнедеятельности организмов и в конечном итоге превращается в тепловую энергию. Этим объясняется ограниченное число звеньев (5-6) в пищевой цепи любых биоценозов.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПИРАМИДА
ТРОФИЧЕСКИЕ УРОВНИ
1 кг
10 кг
100 кг
1000 кг
ПРОДУКЦИЯ
ПРОДУКЦИЯ

4 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.

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.

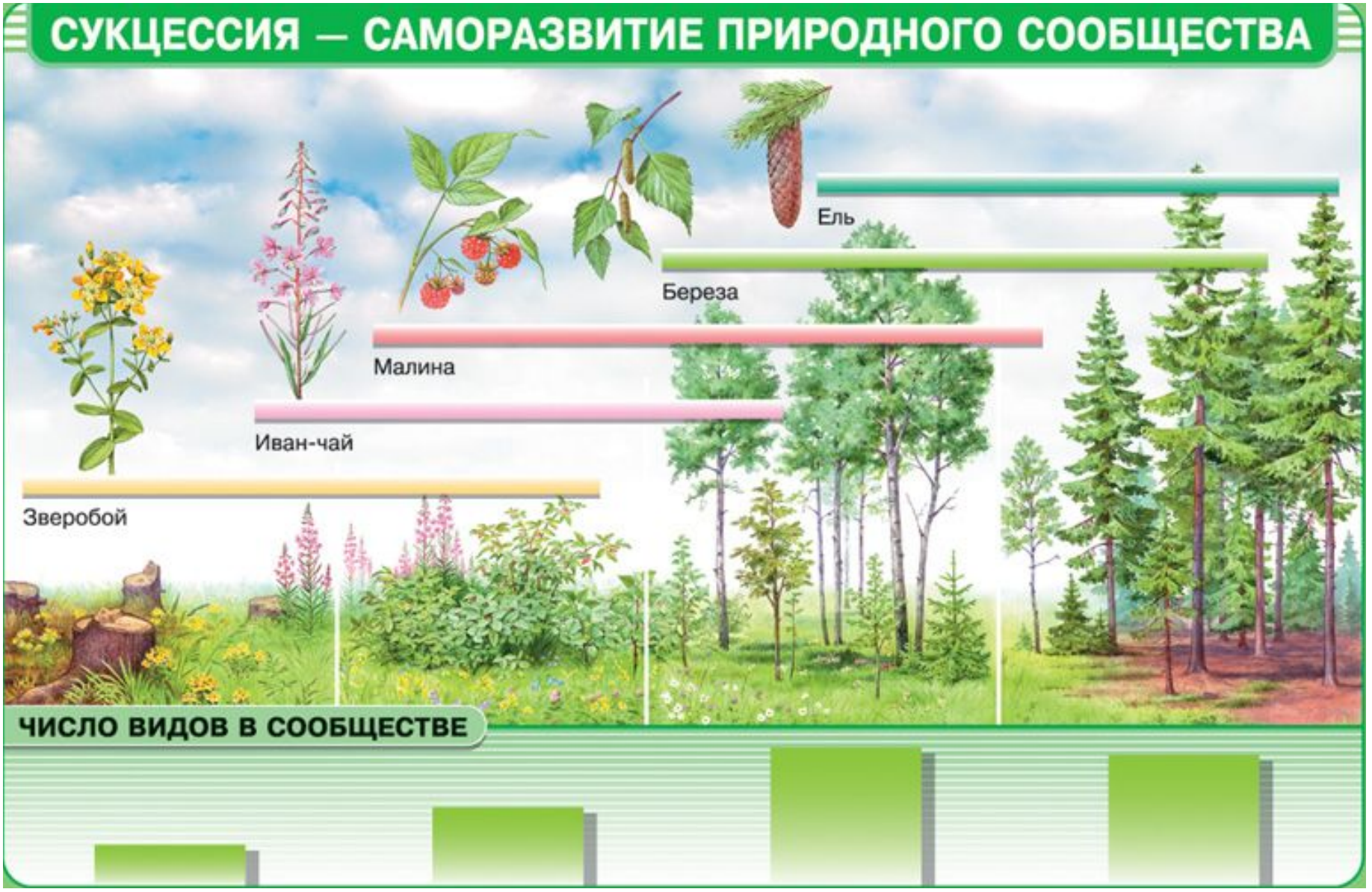
5 Динамика экосистем

Изменения в сообществах могут быть циклическими и поступательными.

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

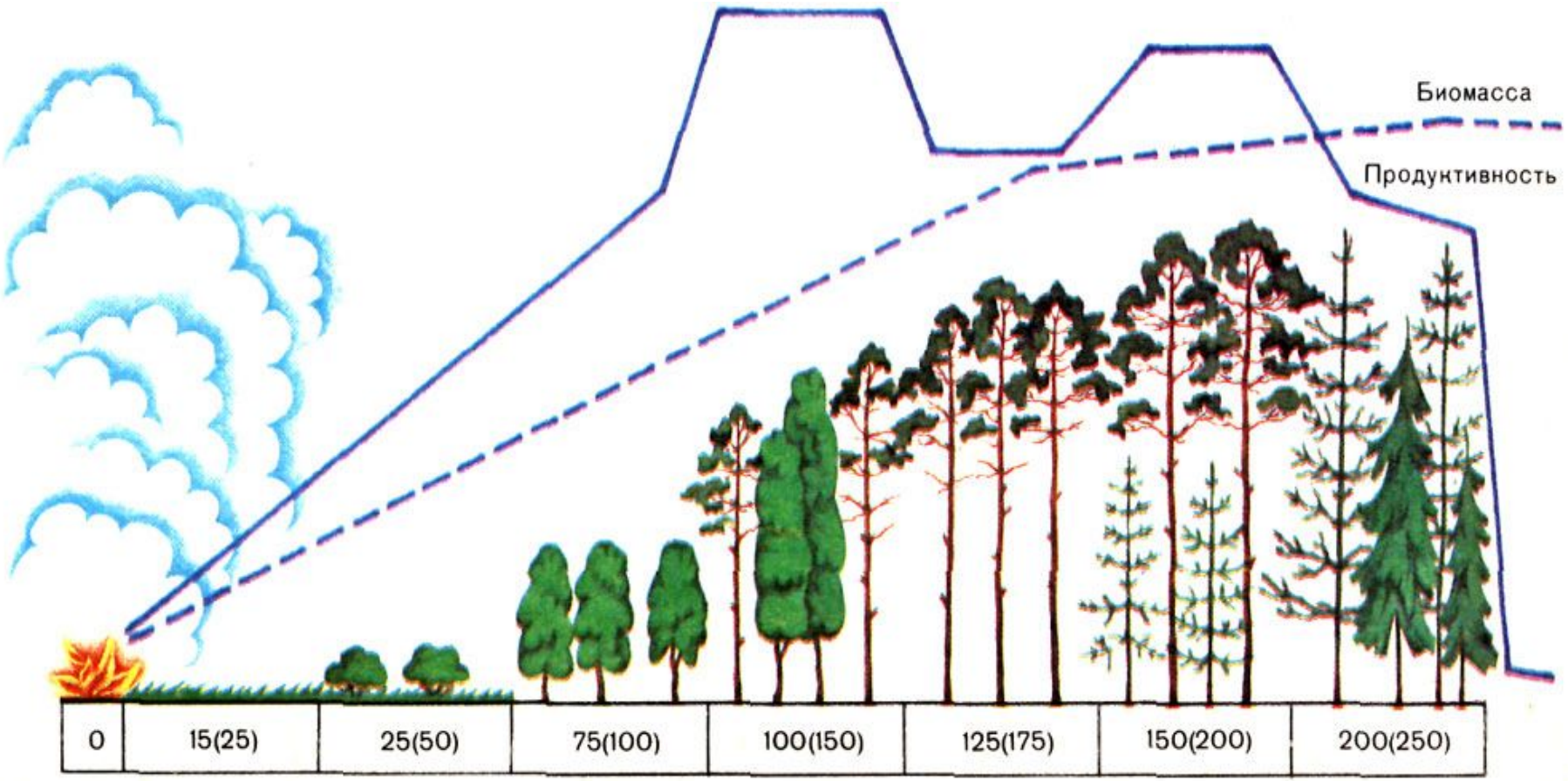
Поступательные изменения — изменения в биоценозе, в конечном счете приводящие к смене этого сообщества другим.

СУКЦЕССИЯ — САМОРАЗВИТИЕ ПРИРОДНОГО СООБЩЕСТВА



Сукцессия – последовательная смена биоценозов (экосистем), выраженная в изменении видового состава и структуры сообщества. Последовательный ряд сменяющих друг друга в сукцессии сообществ называется ***суцессионной 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)

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.) (Н.Ф. Реймерс, 1990)

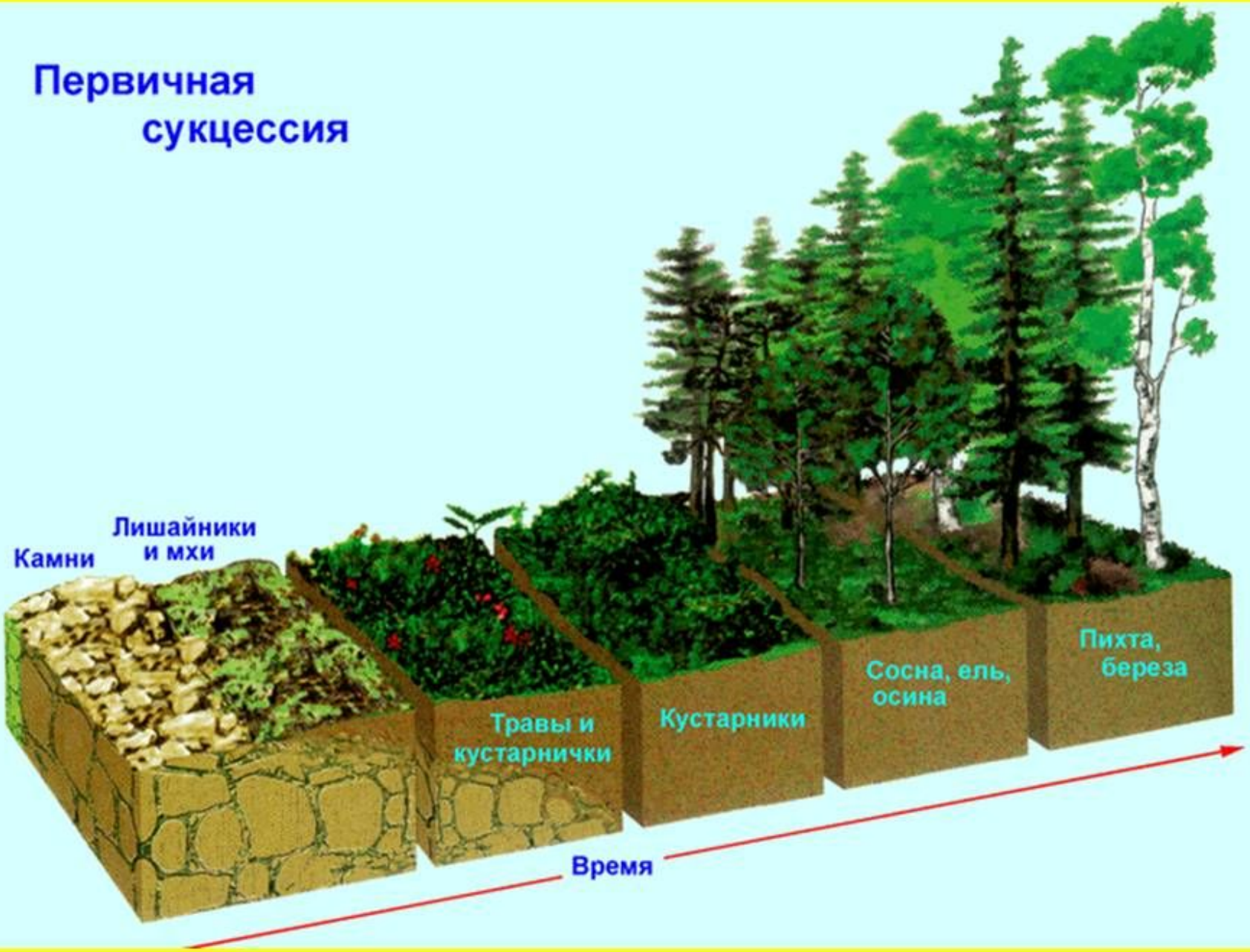
В зависимости от причин, вызвавших смену биоценоза, сукцессии делят на природные и антропогенные, аутогенные и аллогенные.

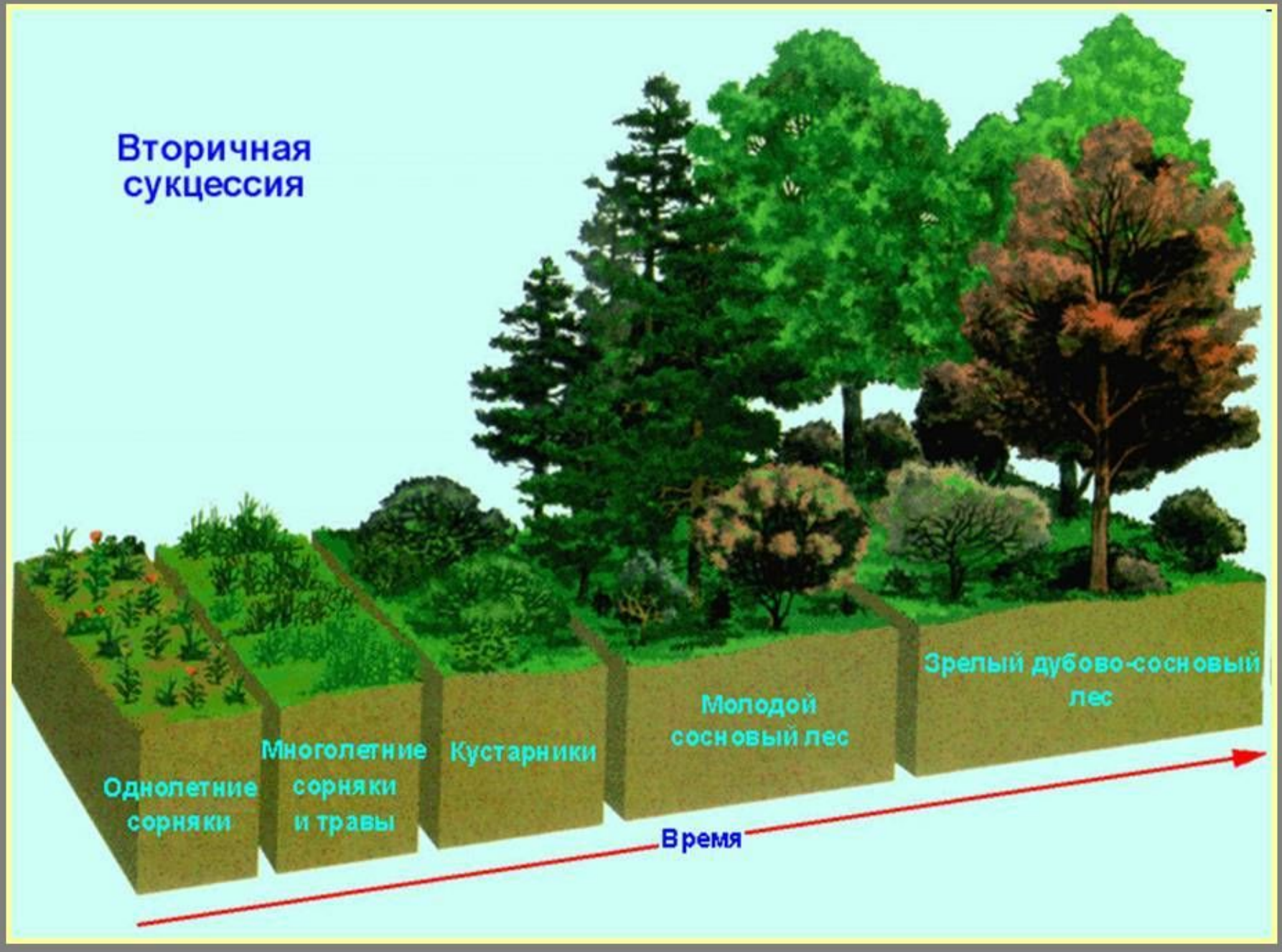
Природные сукцессии происходят под действием естественных причин, не связанных с деятельностью человека. ***Антропогенные сукцессии*** обусловлены деятельностью человека.

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

В зависимости от первоначального состояния субстрата, на котором развивается сукцессия, различают первичные и вторичные сукцессии. ***Первичные сукцессии*** развиваются на субстрате, не занятом живыми организмами (на скалах, обрывах, сыпучих песках, в новых водоемах и т.п.). ***Вторичные сукцессии*** происходят на месте уже существующих биоценозов после их нарушения (в результате вырубки, пожара, вспашки, извержения вулкана и т.п.).

Первичная сукцессия




Вторичная сукцессия
Однолетние сорняки
Многолетние сорняки и травы
Кустарники
Молодой сосновый лес
Зрелый дубово-сосновый лес
Время

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.***

6 Природные экосистемы

Биом – это совокупность экосистем с определенными климатическими условиями и типом растительности, тесно связанных потоками энергии, круговоротом веществ, миграцией организмов и составляющих географическое единство. Выделяют три основные группы биомов: сухопутные, морские и пресноводные.

1. Сухопутные:

А) тундра;

Б) тайга;

В) биом средиземноморского типа (чапараль); Здесь мягкий климат с дождливой зимой и зачастую сухим летом. Это Средиземноморье, Мексика, Калифорния, Южная Америка и Австралия. В этом биоме преобладает жестко листная растительность: пальмы, эвкалипты, кустарники. Из животных встречаются олени, кенгуру (Австралия), кролики.

Г) пустыни;

Д) тропические саванны;

Е) тропические леса.

Мировой океан занимает 70,8 % поверхности Земли, поэтому **морские биомы** играют существенную роль в функционировании биосферы. Они формируются в зависимости от глубины океана. Подводная выровненная окраина материка шириной примерно 200 миль, ограниченная с одной стороны берегом, а с другой – заметным перегибом, связанным с переходом к материковому склону, называется **континентальным шельфом**. Прибрежная зона моря, расположенная над шельфом, называется **литоральной зоной.** Она является важнейшим морским биомом. Глубины здесь составляют 200-500 м.

Общая площадь поверхности литоральной зоны составляет всего около 8,6 % от площади Мирового океана, но из-за благоприятных экологических факторов в этой зоне производится значительная часть биомассы гидросферы и сосредоточено почти 92 % промыслового отлова рыбы. Общая биомасса литоральной зоны со ставляет почти 80 % всей биомассы океана. Над материковым склоном, который простирается от нижнего края шельфа до глубины 3-4 км, расположена **батиальная зона**. Площадь этого биома около 15,3 % от всей площади океана. Её биомасса не превышает 10 % от биомассы океана.

Над батиальной зоной расположена **пелагическая зона** глубиной до 500 м. Это достаточно крупный биом, площадь его поверхности составляет более 90 % от площади Мирового океана. В сравнении с соседней литоральной зоной из-за недостатка питательных веществ пелагическая зона значительно беднее, и ее иногда называют «океанической пустыней».

От подножья материкового склона (глубина около 2,5 км) и до глубин 6-7 км простирается морской биом, называемый **абиссальной зоной**. Данная зона является самым крупным морским биомом по объему воды. Он занимает более 75 % площади дна океана.

К **пресноводным биомам** относятся реки, озера, пруды.

Пресноводные экосистемы:

1) Лентические (стоячие воды): озера, пруды, водохранилища и др.;

2) Логические (текучие воды): реки, ручьи, родники и др.;

3) Заболоченные угодья: болота, болотистые леса, марши (приморские луга).

Антропогенные экосистемы

В зависимости от источника энергии и степени энергетических субсидий Ю. Одум (1986) разделил существующие экосистемы на 4 типа.

1 – Природные экосистемы, движимые Солнцем и несубсидируемые (например, открытые океаны, глубокие озера, высокогорные леса).

Они получают мало энергии и имеют низкую продуктивность, но при этом занимают основные площади биосферы.

2 – Природные экосистемы, движимые Солнцем и субсидируемые другими естественными источниками (например, эстуарии в приливных морях, некоторые дождевые леса, речные экосистемы).

Помимо солнечного света они получают дополнительную энергию в виде дождя, ветра, органических веществ, минеральных элементов и т.д.

3 – Экосистемы, движимые Солнцем и субсидируемые человеком (например, агроэкосистемы, аквакультуры).

Дополнительная энергия поставляется в них человеком в виде горючего, органических и минеральных удобрений, пестицидов, стимуляторов роста и т.п. Эти экосистемы производят продукты питания и другие материалы.

4 – Индустриально-городские экосистемы, движимые топливом (например, города, пригороды, промышленные комплексы).

Основным источником энергии служит не Солнце, а топливо. Эти экосистемы зависят от экосистем первых трех типов, паразитируют на них, получая продукты питания и топливо.

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

В них, так же, как в естественных сообще ствах, 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 (небольшое число видов, имеющих высокую численность);
- короткие цепи питания;
- неполный круговорот веществ (часть питательных элементов выносится 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.

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; ***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 го рючих ископаемых и атомной промышленности.

Таким образом, экосистема – совокупность биоценоза и биотопа – является предметом изучения такого раздела экологии, как синэкология.