

ЭКОЛОГИ

Я

Популяция

Экосистема

Биогеохимические циклы

Биосфера

Популяция

Популяция - группа организмов одного вида (внутри которой особи могут обмениваться генетической информацией), занимающая конкретное пространство и функционирующая как часть биотического сообщества.

Популяция

Важнейшее свойство популяции — **плотность**, т. е. число особей, отнесенное к некоторой единице пространства.

Рождаемость и смертность:

Пусть N - численность популяции, тогда

dN/dt - мгновенная скорость изменения N , т. е. изменение N в момент времени t

$dN/dt N$ - удельная мгновенная скорость изменения численности популяции

Если dN - число рожденных особей в популяции, то

$b = dN/dt$ - коэффициент рождаемости

Если dN - число погибших особей, то

$d = dN/dt$ - коэффициент смертности

$r = b - d$ - коэффициент прироста изолированной популяции, в которой нет ни эмиграции, ни иммиграции.

Популяция

Коэффициент прироста популяции - врожденная (специфическая) скорость естественного увеличения популяции, называемая иногда мальтузианским параметром.

Эта величина является мерой мгновенной удельной (в расчете на одну особь) скорости изменения размера популяции и выражается как число особей, отнесенное к единице времени в расчете на одну особь.

Различают:

- фактическую скорость увеличения популяции $r_a = b - d$
- максимальную мгновенную скорость прироста популяции (r_{\max}), при воображаемых идеальных условиях, когда значение b максимально, а d минимально, r_a достигает наибольшей величины (r_{\max})

Популяция

Типы роста популяции

1. Экспоненциальная кривая

Если $r = const$, то $dN/dt = rN$, следовательно, если N_0 - численность популяции в исходный момент, N_t - ее численность в момент t , то $N_t = N_0 e^{rt}$.

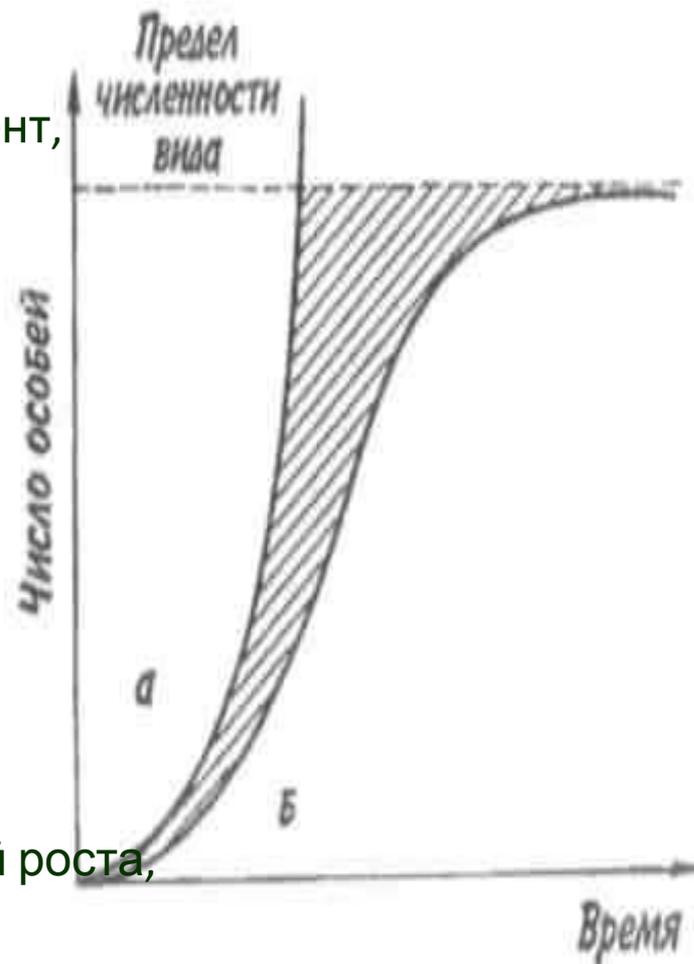
Экспоненциальная кривая выражает так называемый **биотический потенциал**.

2. Логистическая кривая

r не $const$, есть корректирующий фактор: $(K-N)/K$, где K - максимальное число особей, способных жить в рассматриваемой среде, т. е. асимптота кривой.

$dN/dt = rN[(K-N)K^{-1}]$ или $N_t = K/(1+e^{a-rt})$, где $a = r/K$.

Пространство, заключенное между биотическим потенциалом и логистической кривой роста, представляет собой **сопротивление среды**.



Популяция

Типы кривых выживания

1. Одинаковая продолжительность жизни у большинства особей, смерть в течение очень короткого отрезка времени

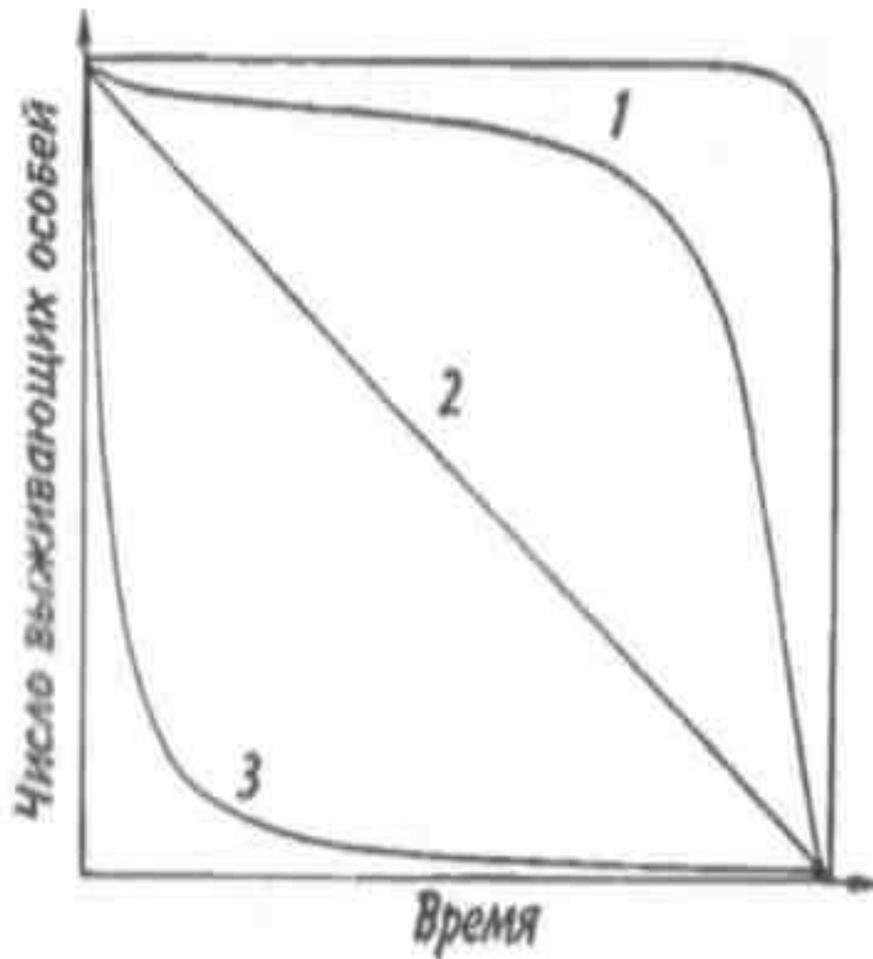
(пример: человек, копытные)

2. Коэффициент смертности одинаков для всех возрастов

(пример: гидра)

3. Смертность максимальна на ранних стадиях, характерна высокая плодовитость

(пример: рыбы, моллюски)



Популяция

Пирамиды возрастов

1. Пирамида с широким основанием

соответствует высокому проценту молодняка, характерна для популяции с большим значением коэффициента рождаемости

2. Выравненная пирамида

соответствует равномерному распределению особей по возрастам в

популяции со сбалансированными коэффициентами рождаемости и

смертности

3. Пирамида с узким основанием (обращенная)

соответствует популяции с численным преобладанием старых особей

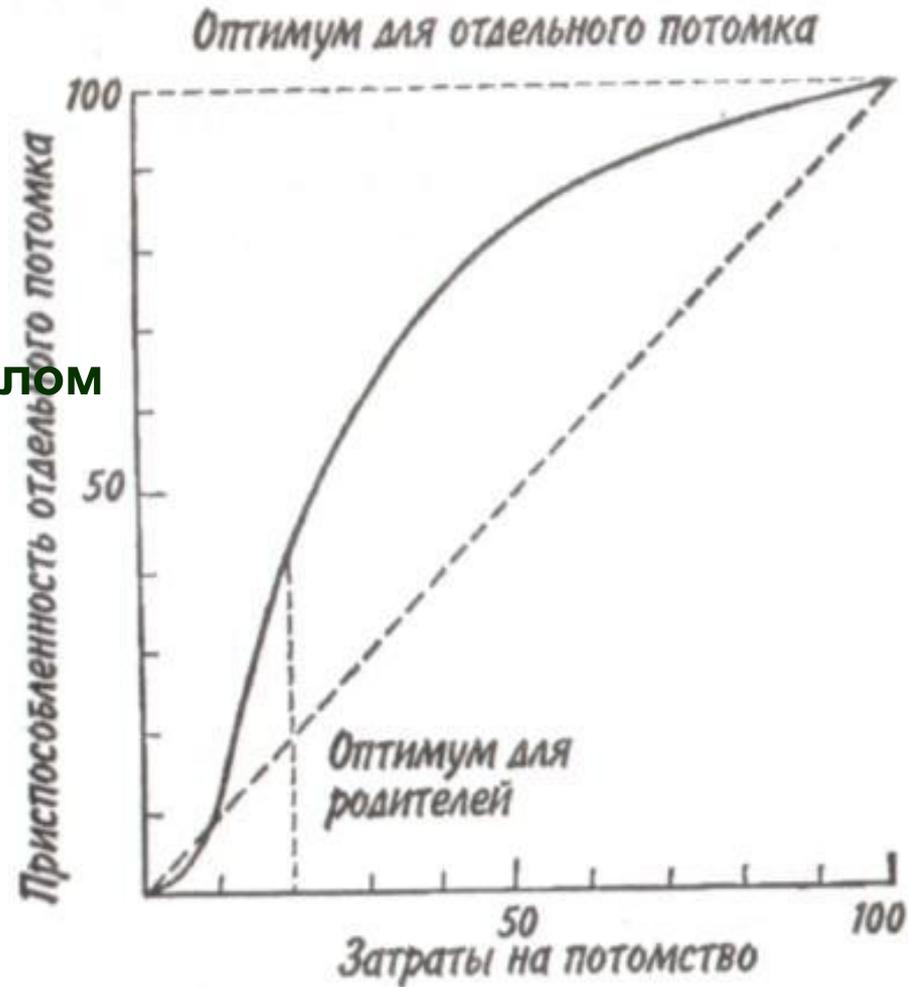
над молодняком, характерна для сокращающихся популяций

Популяция

Тактика размножения

При постоянной величине репродуктивного усилия средняя приспособленность отдельного потомка связана обратным соотношением с их числом

Большую роль в формировании потомства играет конкурентная обстановка

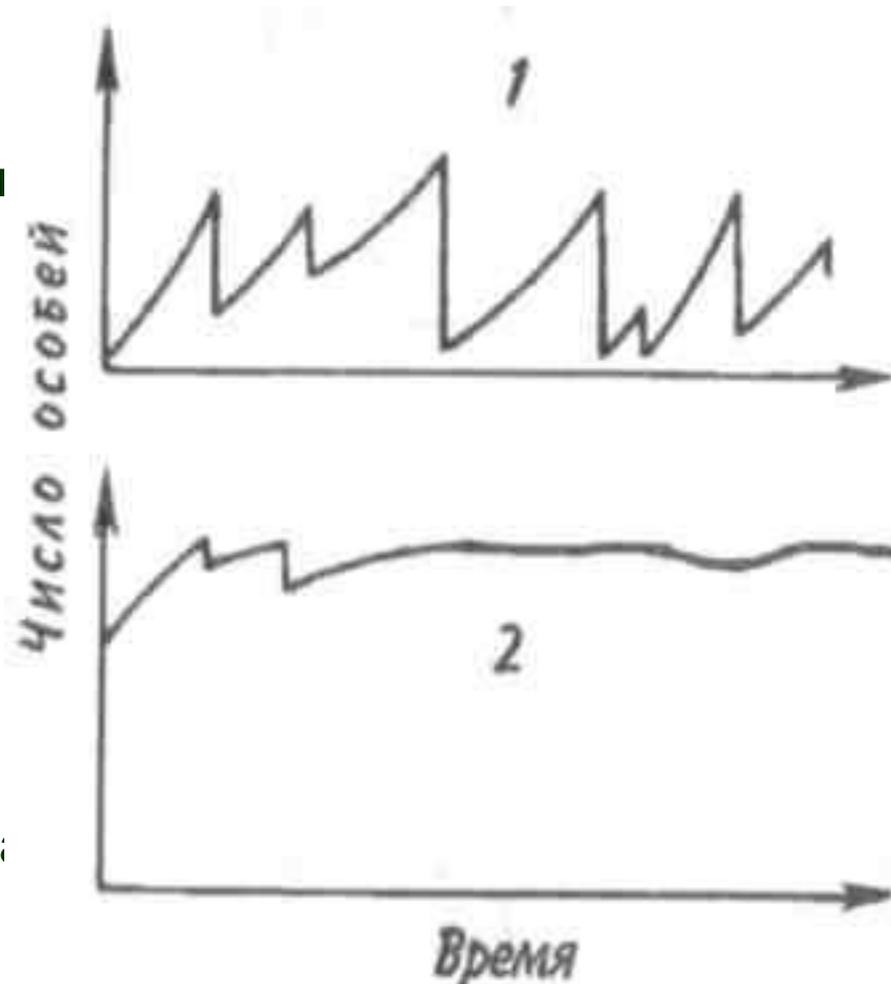


Популяция

Типы колебания численности

1. Оппортунистические популяции популяции, рост которых дает регулярные или случайные всплески (колебания не зависят от плотности, зависят от условий среды)

2. Равновесные популяции популяции, которые обычно находятся в состоянии, близком к состоянию равновесия с ресурсами, а значения их плотности гораздо более устойчивы (колебания зависят от плотности, и мало зависят от условий среды)



Популяция

		г-отбор	/К-отбор
1)	Смертность	Обычно катастрофическая, ненаправленная, не зависящая от плотности	Более направленная, зависящая от плотности
2)	Кривая выживания	Обычно третьего типа	Обычно первого и второго типов
3)	Размер популяций	Изменяемый во времени, не равновесный; обычно значительно ниже предельной емкости среды; сообщества или их части не насыщены; экологический вакуум; ежегодное заселение	Довольно постоянный во времени; равновесный, близкий к предельной емкости среды; насыщенные сообщества; повторные заселения не являются необходимыми
4)	Внутри- и межвидовая конкуренция	Изменяемая, часто слабая	Обычно острая
5)	Отбор благоприятствует	Быстрому развитию; высокой максимальной скорости увеличения популяции; раннему размножению; небольшому размеру тела; единственному в течение жизни акту размножения; большому числу мелких потомков	Более медленному развитию; большой конкурентоспособности; более позднему размножению; более крупному размеру тела; повторяющимся в течение жизни актам размножения; меньшему числу более крупных потомков
6)	Продолжительность жизни	Короткая, обычно менее одного года	Долгая, обычно более одного года
7)	Стадии сукцессии	Ранние	Поздние, климаксные

Популяция

Типы колебания численности

Во временном отношении:

- Непериодические

носят непредвиденный характер

(пример: увеличение численности морской звезды Терновый венец, *Acanthaster planci*)

- Периодические

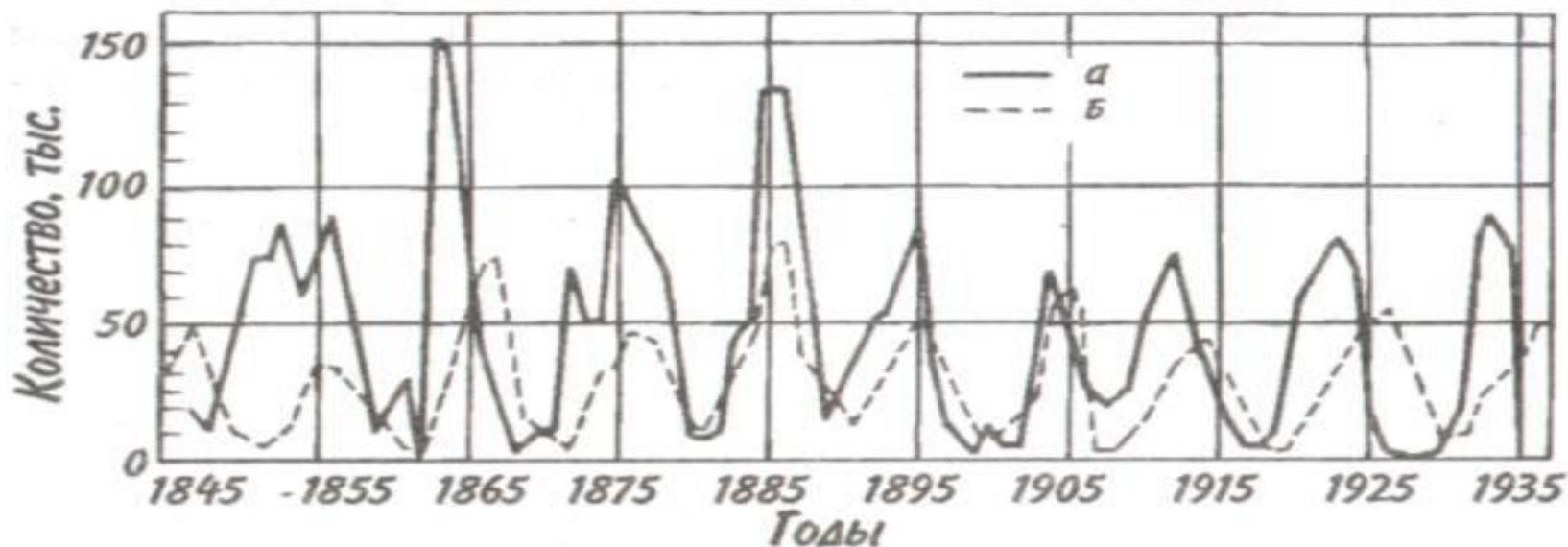
колебания с периодом в несколько лет (пример: колебания численности популяций при трансгрессии теплых вод Nino к югу от Перу раз в 7 лет)

и сезонные колебания (пример: колебание численности насекомых и птиц в течение года).

Популяция

Типы колебания численности

Взаимозависимые колебания численности популяций хищника и



увеличение численности жертвы влечет за собой рост численности хищника, а рост численности хищника приводит к падению численности жертвы

Популяция

Факторы динамики и численности популяции

1. Модифицирующие экологические факторы

Не зависят от плотности популяции. Воздействуют на организмы либо непосредственно, либо через изменения других компонентов биоценоза. По

существу, модифицирующие факторы представляют собой различные

абиотические факторы. Воздействия модифицирующих факторов приводят

лишь к преобразованиям (модификациям) колебаний численности, не устраняя

их.

2. Регулирующие экологические факторы

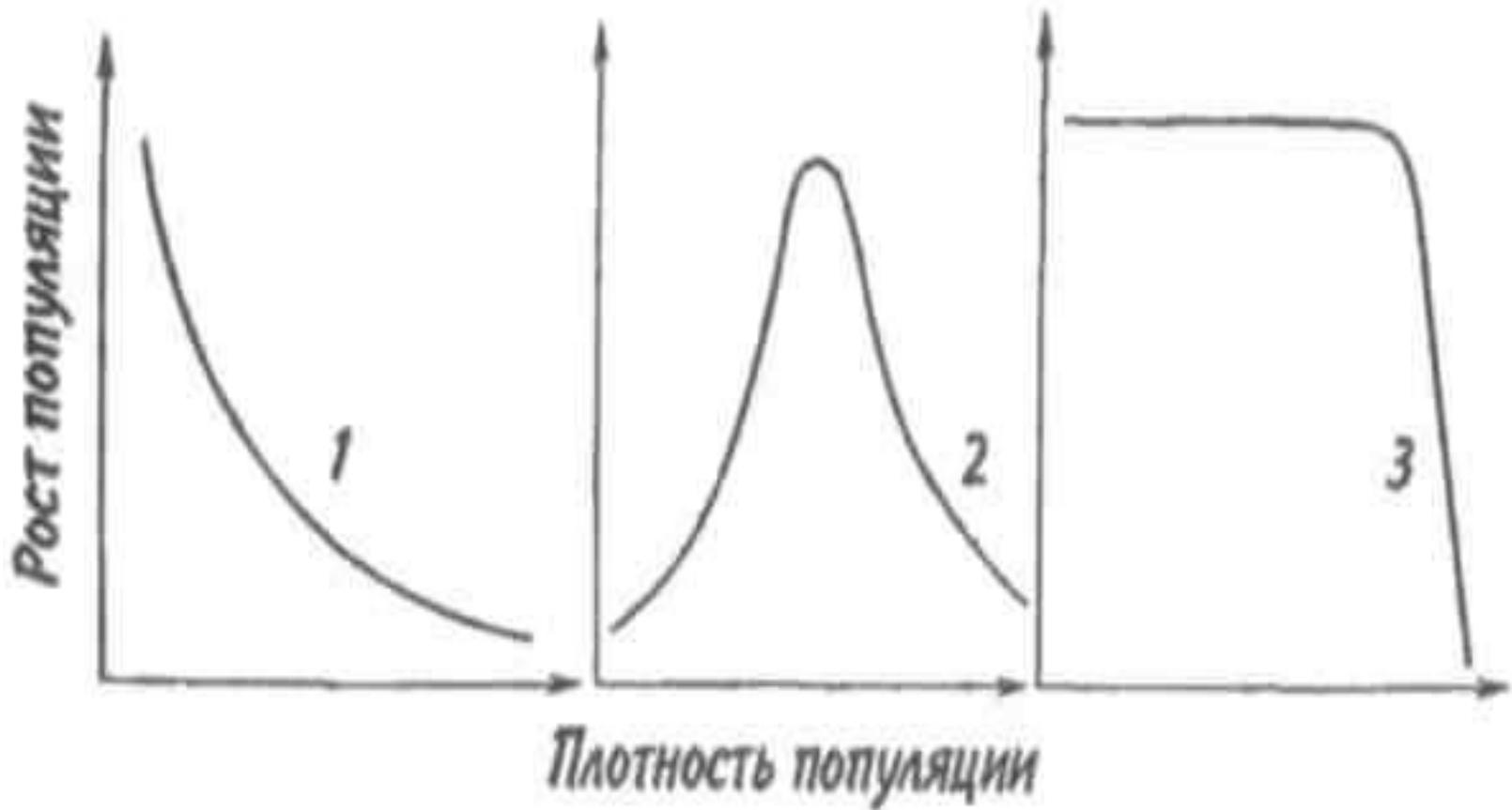
Зависят от плотности популяции. Связаны с существованием и активностью

живых организмов (биотические факторы), поскольку лишь живые

Популяция

Факторы динамики и численности популяции

Типы зависимости численности популяции от ее



Популяция

Факторы динамики и численности популяции

Типы зависимости численности популяции от ее плотности

1. Чем выше плотность, тем ниже темпы прироста

-внутривидовое регулирование (уменьшение плодовитости, позднее наступление половозрелого периода)

-равновесная популяция, K-стратеги

2. Скорость роста популяции максимальна при средних значениях плотности

-характерно для видов с групповым эффектом

-равновесные популяции, K-стратеги

3. Рост популяции не зависит от плотности до тех пор, пока плотность не

становится избыточной

-внутривидовые механизмы регулирования

-оппортунистические популяции, r-стратеги

Популяция

Факторы динамики и численности популяции

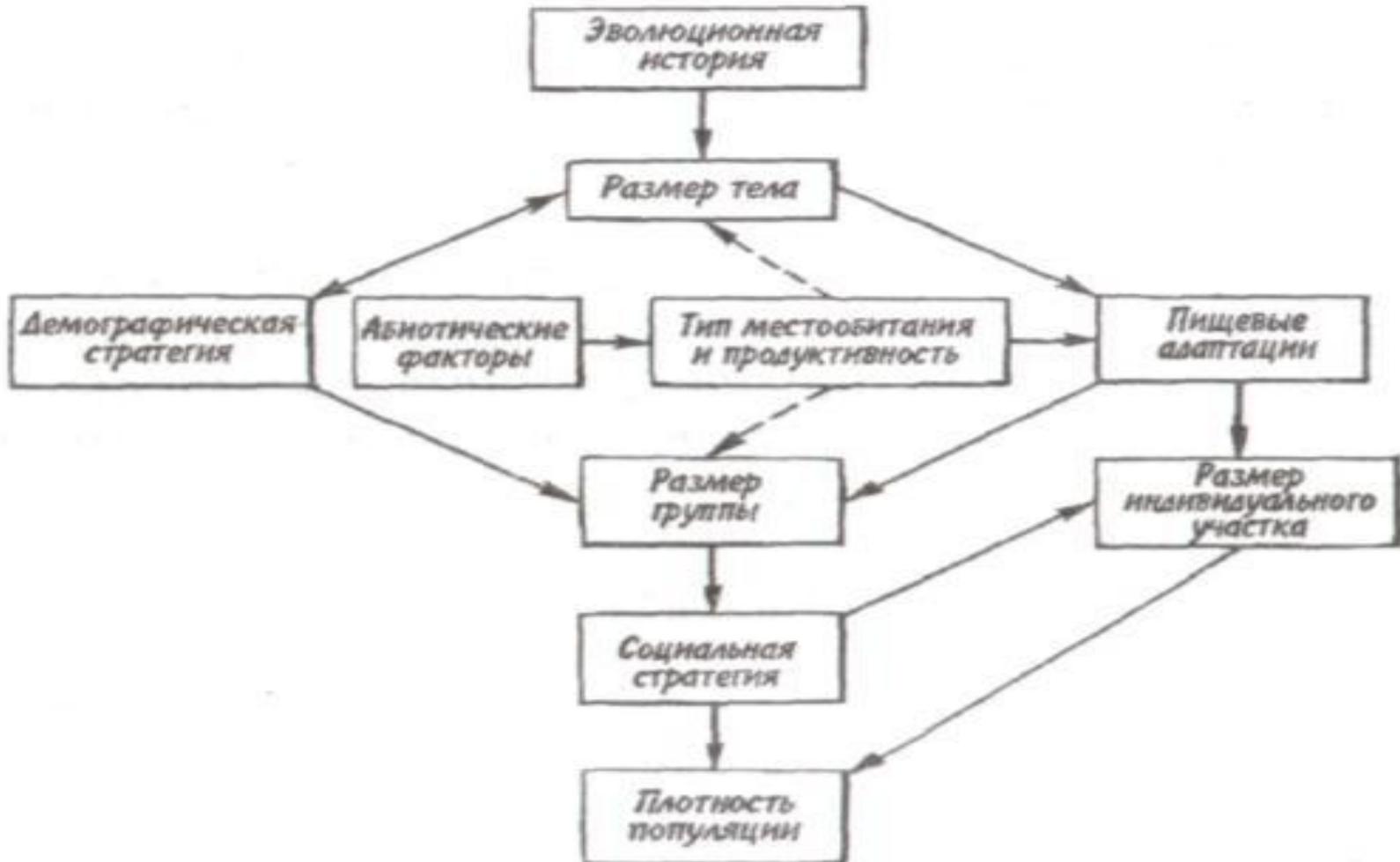
Включение разных регулирующих механизмов на разных уровнях численности популяции



Популяция

Факторы динамики и численности популяции

Влияние размеров тела, факторов среды и поведения на плотность



Популяция

Выводы

1. Факторы динамики численности делятся на модифицирующие и регулирующие.
2. По характеру реакции на факторы динамики численности следует различать равновесные и оппортунистические популяции.

Для равновесных популяций характерно:

- Низкая плодовитость особей
- Большая продолжительность жизни особей
- Низкие темпы обновления популяции
- Относительная независимость особей от климатических условий

Для оппортунистических популяций характерно:

- Высокая плодовитость особей
- Меньшая продолжительность жизни особей
- Большое число генераций в году
- Большая зависимость особей от климатических условий

Популяция

Выводы

3. Регуляция численности равновесных популяций определяется преимущественно биотическими факторами. Среди них главным фактором часто оказывается внутривидовая конкуренция.

Регуляция численности оппортунистических популяций определяется преимущественно абиотическими факторами. При благоприятных климатических условиях быстрое развитие особей позволяет им сильно размножиться за короткий промежуток времени.

4. В районах с относительно устойчивым и благоприятным для размножения

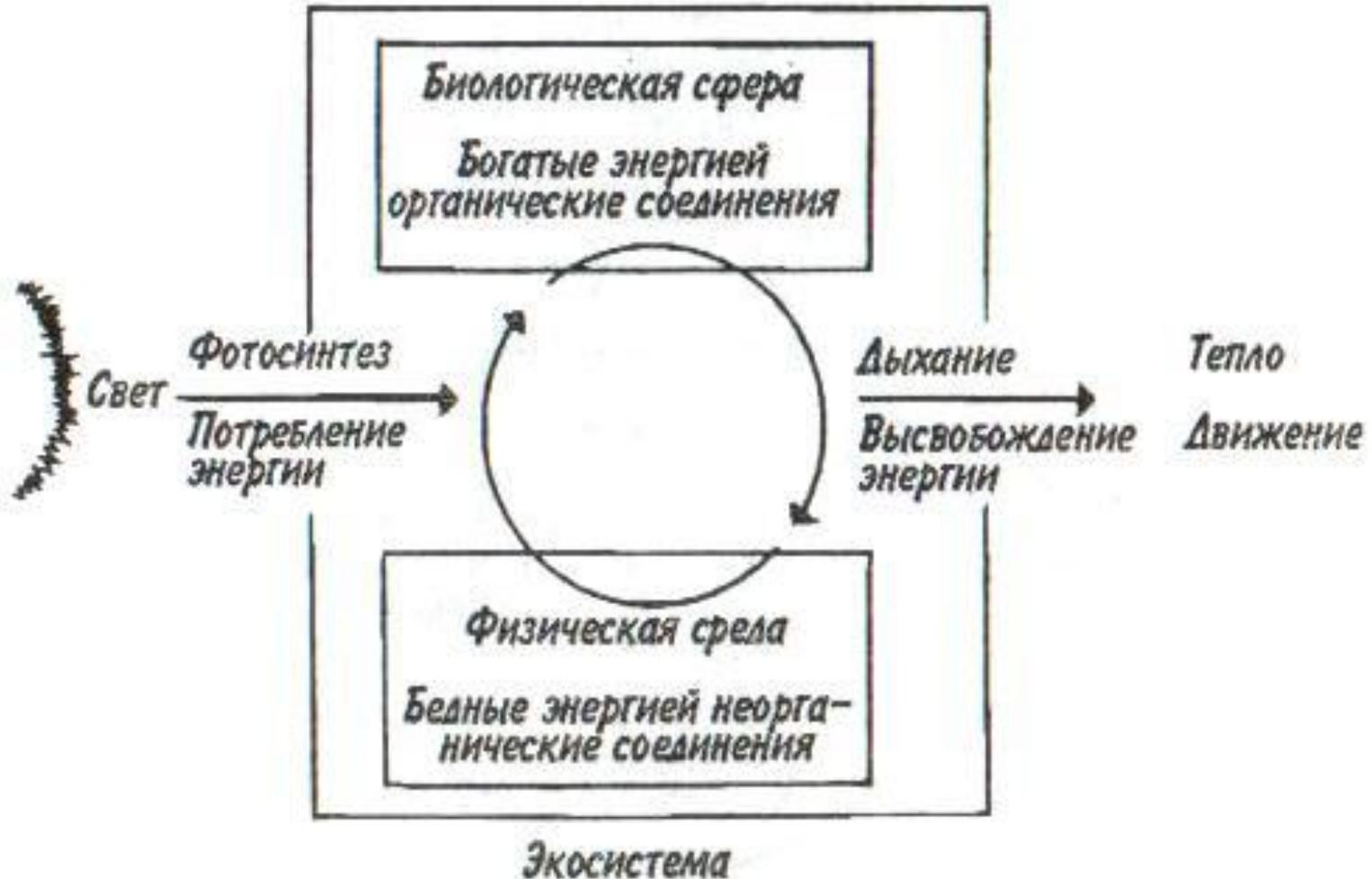
климатом основную роль играют биотические факторы, в местности с менее благоприятным климатом, особенно с отчетливо выраженным зимним периодом, климатическим факторам принадлежит решающая роль

5. Устойчивость популяций зависит от степени сложности экосистемы. Чем сложнее экосистема, чем больше число взаимодействий видов, тем более устойчивы популяции

Экосистема

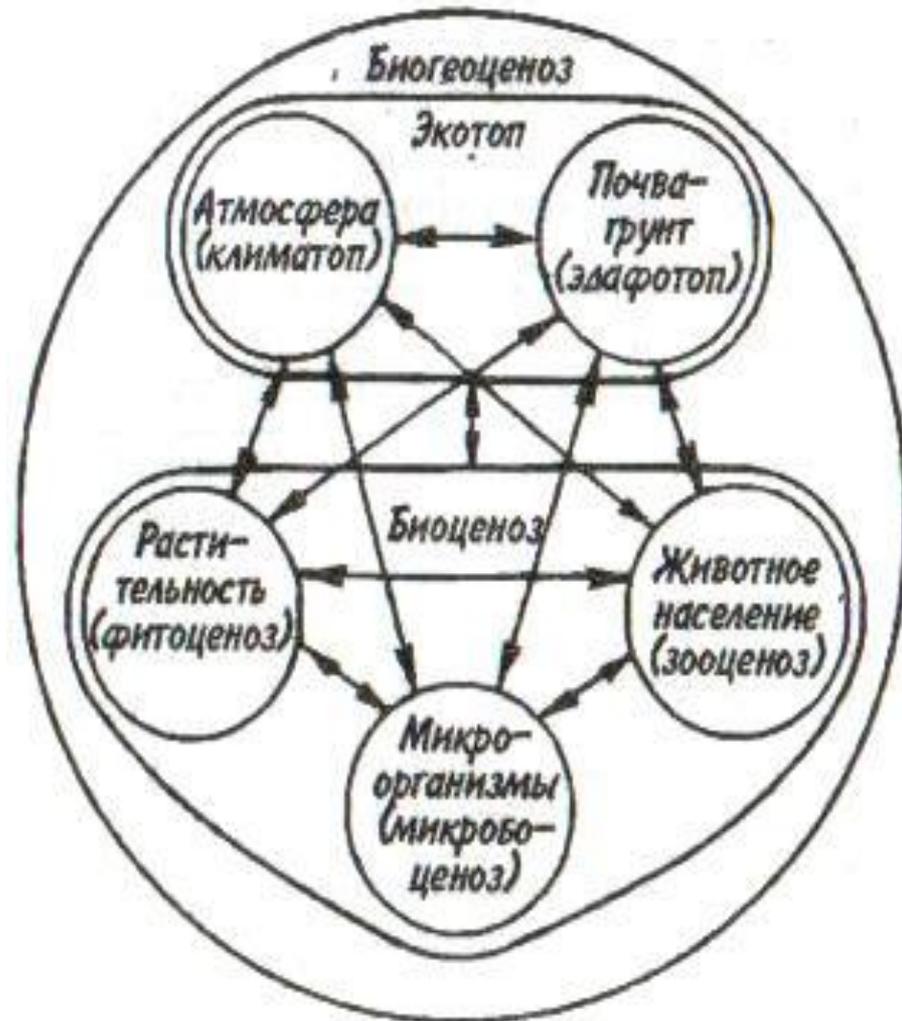
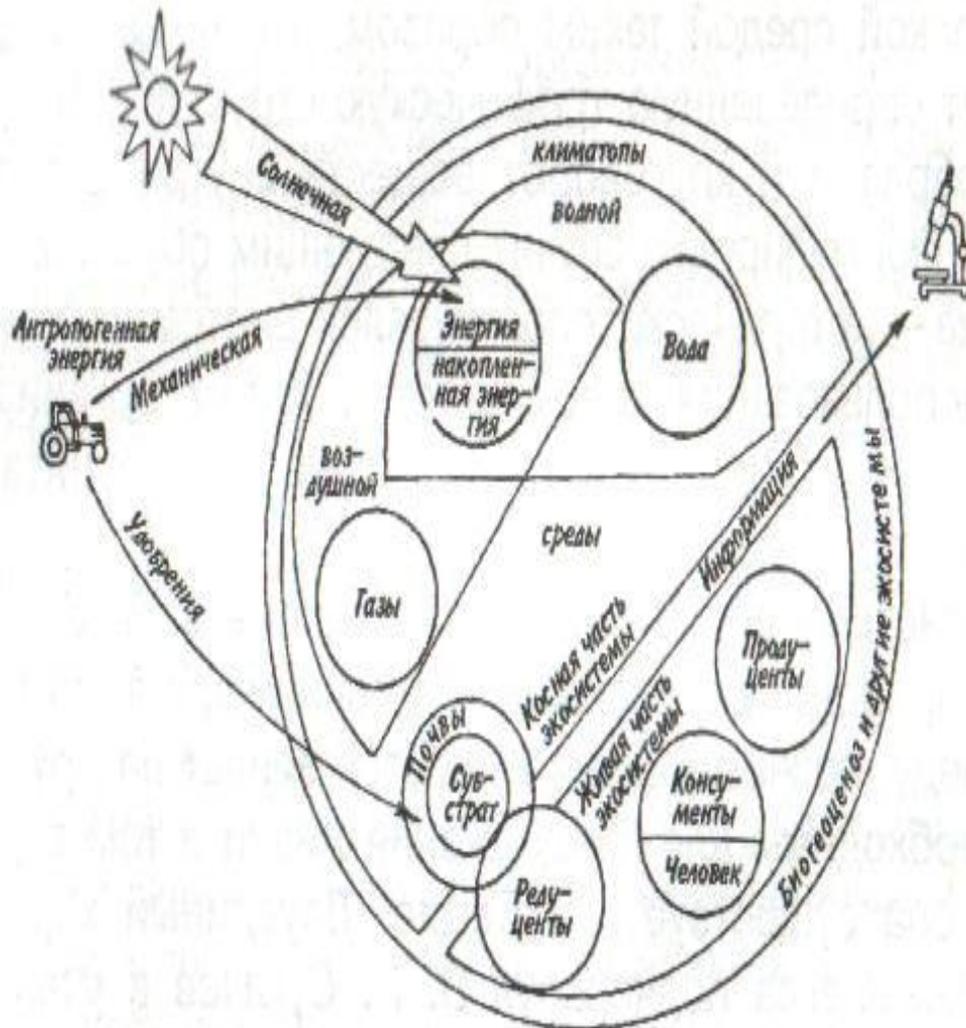
Экосистема – исторически сложившаяся система совместного использования совокупностью организмов определенного пространства в целях питания, роста и размножения.

Экосистема



Экосистема

Биогеоценоз (экотоп + биоценоз)



Экосистема

Компоненты экосистемы

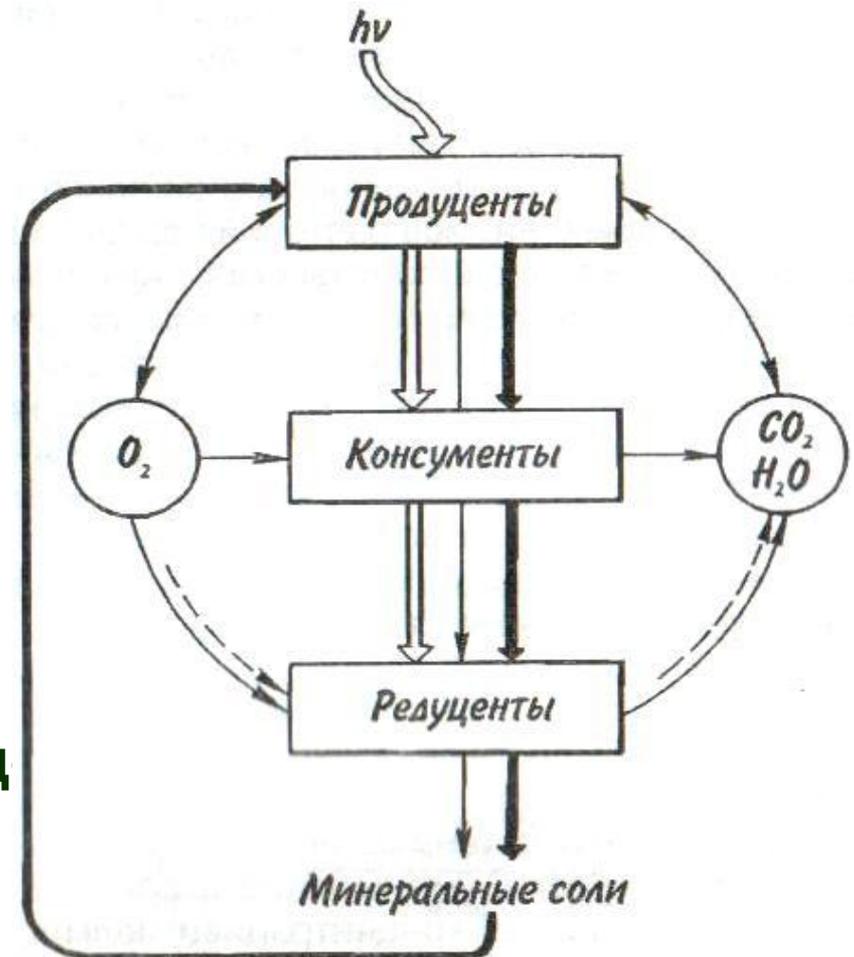
- 1) неорганические вещества (углерод, азот, углекислый газ, вода и т. д.), вступающие в круговороты
- 2) органические соединения (белки, углеводы, липиды, гуминовые вещества и т. д.), связывающие биотическую и абиотическую части
- 3) климатический режим (температура и другие физические факторы)
- 4) продуценты — автотрофные организмы, главным образом зеленые растения, которые способны создавать пищу из простых неорганических веществ
- 5) консументы — гетеротрофные организмы, главным образом животные, которые поедают другие организмы или частицы органического вещества
- 6) редуценты (деструкторы, декомпозиторы) — гетеротрофные организмы, преимущественно бактерии и грибы, которые расщепляют сложные соединения до простых, пригодных для

Экосистема

Строение экосистемы

Три уровня

1. Продуценты, консументы, редуценты
2. Трансформации энергии
3. Два круговорота — твердых и газообразных веществ



Экосистема

Гомеостаз

Гомеостаз - способность экосистемы к самоподдержанию и саморегулированию

Способы регулирования:

- **Метод дублирования пищевых цепей (наличие полифагов в цепях)**
- **Метод функциональной избыточности (разнообразии видов с разными толерантностями)**
- **Специализация (возникновение специализированных видов)**
- **Соотношение приспособленных видов**

Экосистема

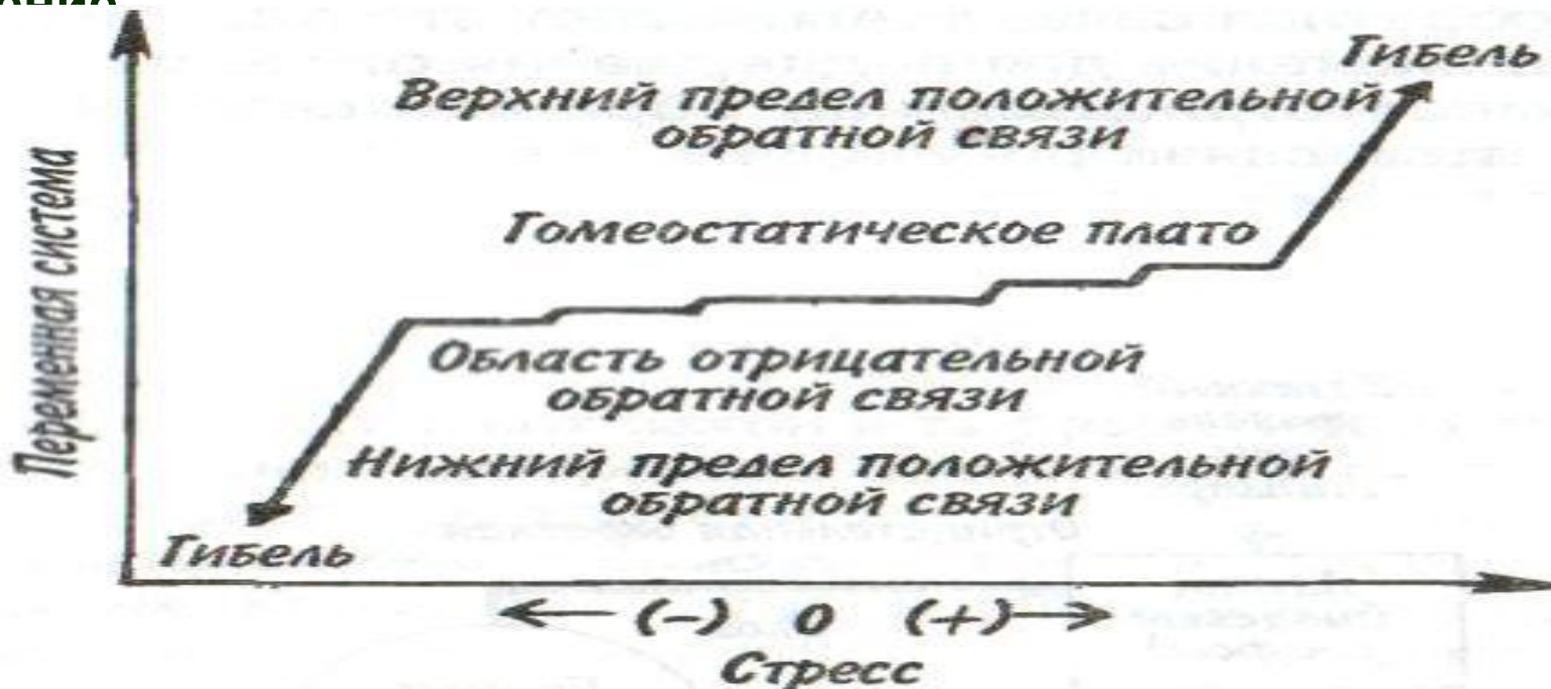
Гомеостаз

В основе гомеостаза лежит *принцип обратной связи*

Отрицательная обратная связь уменьшает отклонение от нормы

Положительная обратная связь увеличивает это отклонение

Поддержан
опреде
пределах



Экосистема

Энергетика экосистемы

Принципом стабильности:

Любая естественная система с проходящим через нее потоком

энергии склонна развиваться в сторону устойчивого состояния, и в

ней вырабатываются саморегулирующие механизмы.

Отношение энергии, затрачиваемой в экосистеме на дыхание, т. е.

на поддержание ее жизнедеятельности (R), к энергии, заключенной в структуре биомассы (B), обозначают как **меру**

термодинамической устойчивости (B/R)

Экосистема

Энергетика экосистемы

Принцип стабильности:

Любая естественная система с проходящим через нее потоком энергии склонна развиваться в сторону устойчивого состояния,

и в

ней вырабатываются саморегулирующие механизмы.

Общий поток энергии, характеризующий экосистему, состоит

из

солнечного излучения и длинноволнового теплового излучения,

получаемого от близлежащих тел.

Отношение энергии, затрачиваемой в экосистеме на дыхание, т. е.

Экосистема

Энергетика экосистемы

**Продуктивность – количество энергии ,
аккумулированной
организмами за единицу времени на единицу площади
или
объема.**

***Первичная продуктивность* экосистемы - скорость, с
которой**

**лучистая энергия используется продуцентами в
процессе**

**фотосинтеза, накапливаясь в форме химических связей
органических веществ. Первичную продуктивность P**

выражают в единицах массы, энергии или

Экосистема

Энергетика экосистемы

Валовая первичная продуктивность — это скорость накопления в процессе фотосинтеза органического вещества, включая ту его часть, которая за время измерений будет израсходована на дыхание. Ее обозначают P_G и выражают в единицах массы или энергии, приходящихся на единицу площади или объема в единицу времени.

Чистая первичная продуктивность — скорость накопления органического вещества в растительных тканях за вычетом той его части, которая использовалась на дыхание (R) растений в течение изучаемого периода: $P_N = P_G - R$.

Вторичная продуктивность — скорость накопления органического вещества на уровне консументов. Она обозначается через P_2 , P_3 и т. д. в зависимости от трофического уровня.

Чистая продуктивность сообщества — скорость накопления органического вещества, не потребленного гетеротрофами, т.е. чистая первичная продукция за вычетом той ее части, которая в течение

Экосистема

Энергетика экосистемы

На каждый момент времени чистая продукция сообщества выражается *наличной биомассой*. Иначе ее называют *урожаем на корню*. Следует отличать урожай на корню, т. е. на данный момент времени, от урожая за годовой цикл.

Экосистема получает поток солнечной энергии $h\nu$. Часть энергии в форме дыхания (R) организмы затрачивают на поддержание сложной структуры биомассы.

Между энергией, идущей на дыхание, и тепловым излучением от близлежащих тел (W) существует обратно пропорциональная зависимость: чем больше W , тем меньше R .

Так, высокие скорости продуцирования встречаются там, где физические факторы благоприятны, особенно при дополнительном поступлении в экосистему энергии извне.

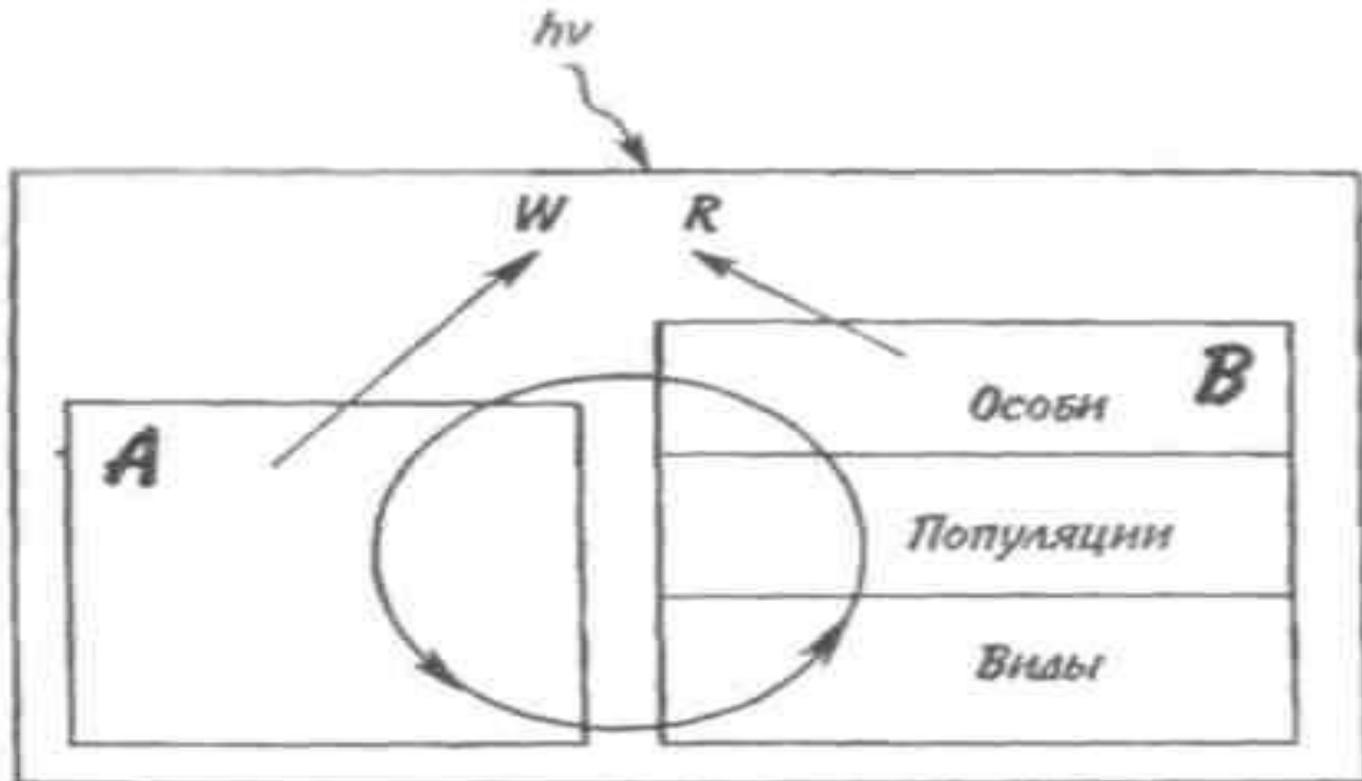
Поступления энергии со стороны абиотических компонентов уменьшают затраты живых организмов на поддержание собственной жизнедеятельности, т.е. они компенсируют свои

Экосистема

Энергетика экосистемы

Экосистема с разделением потока энергии на W и R .

A — абиотическая совокупность; B — биотическая совокупность, включающая три уровня организации; кольцо — круговорот веществ



Экосистема

Энергетика экосистемы

Урожай в общепринятом смысле, т. е. чистую первичную продукцию, не потребленную гетеротрофами за вегетационный период, представим в следующем виде: $V = P_G - R - (P_2 + P_3 + \dots)$.

Стремясь получить как можно больший выход полезной продукции, человек в принципе может воздействовать на каждый из членов этого равенства:

- на P_G . Селекционная работа. Данный путь требует высокого научного потенциала и длительного времени.
- на R . Сельскохозяйственные работы, производство удобрений. Этот путь экономически более выгоден, но экологически он дороже, чем предыдущий, так как вызывает загрязнения и другие нарушения среды
- на $(P_2 + P_3 + \dots)$. Данный путь наиболее дорогостоящ, так как борьба с насекомыми, вредящими сельскому хозяйству, связана не только с загрязнением среды пестицидами, но и с уменьшением видового разнообразия и следовательно нарушением

Экосистема

Энергетика экосистемы

Баланс между валовой первичной продукцией и дыханием сообщества.

Допустим, что вся чистая первичная продукция потребляется консументами первого порядка. Сохраняя аналогичные допущения для последующих трофических уровней, запишем систему уравнений (символ «пр» означает первичная продукция, «кл» — консументы первого порядка, «кII» — консументы второго порядка и т.д.)

$$\begin{aligned}P_{\text{пр}} &= P_{\text{кл}} + R_{\text{пр}} \\P_{\text{кл}} &= P_{\text{кII}} + R_{\text{кл}} \\P_{\text{кII}} &= P_{\text{кIII}} + R_{\text{кII}} \\&\dots \text{ и т. д.} \\P_{\text{пр}} &= R_{\text{пр}} + R_{\text{кл}} + R_{\text{кII}} + \dots + R_{\text{кn}}\end{aligned}$$

Суммирование равенств показывает, что вся валовая первичная продукция полностью расходуется на автотрофное и гетеротрофное дыхание так, что в конце годового цикла ничего не остается.

В большинстве случаев имеет место превалирование валовой первичной продукции над дыханием сообщества, в результате чего происходит накопление непотребленного органического вещества, например, в форме каменного угля, горючих спанцев, сухих листьев и т.д.

Экосистема

Пищевые цепи и сети

При каждом переходе на следующий трофический уровень часть доступной энергии не воспринимается, часть отдается в виде тепла, а часть расходуется на дыхание. При этом общая энергия каждый раз уменьшается в несколько раз. Следствие этого — ограниченная



Экосистема

Энергетика экосистемы

Поток энергии

L — общее освещение,

L_A — свет, поглощенный растительным покровом (I — поступившая или поглощенная энергия),

P_G — валовая первичная продукция,

P_N — чистая первичная продукция,

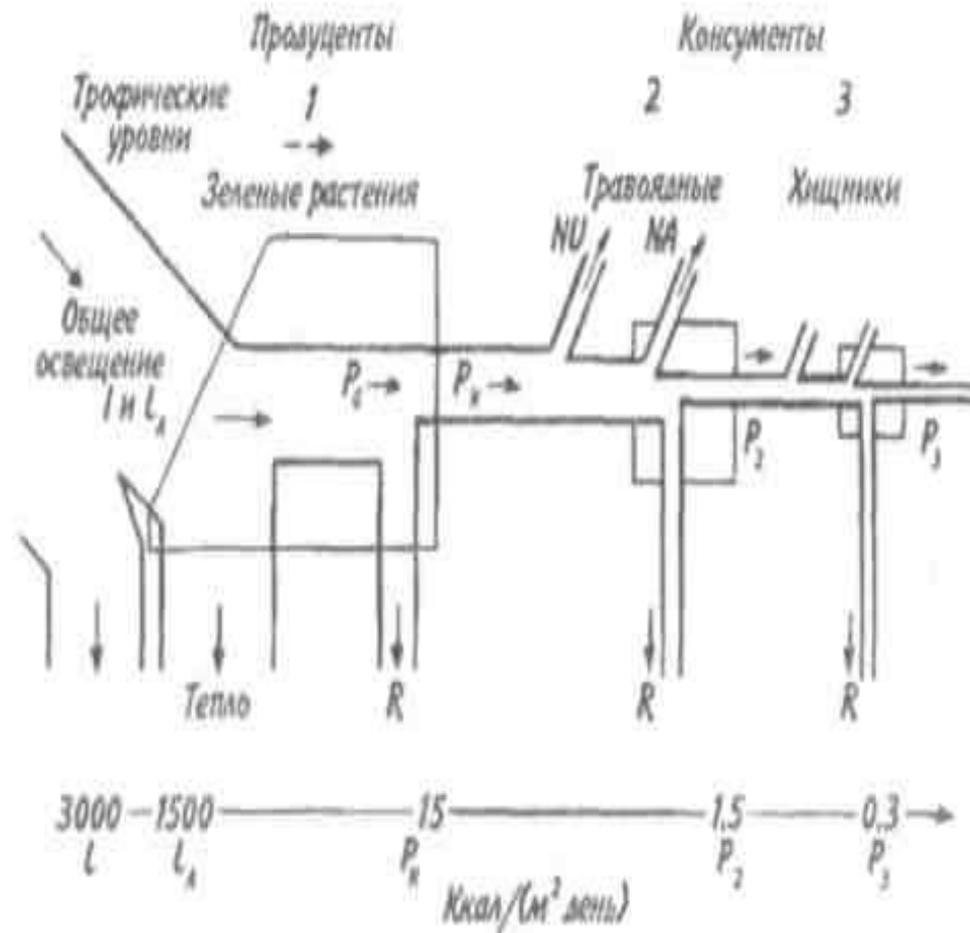
P — вторичная продукция (консументо

NU — не используемая энергия,

NA — не ассимилированная консумент (выделенная с экскрементами) энерги.

R — энергия.

Цифры внизу — порядок потерь энерг при каждом переносе.



Экосистема

Энергетика экосистемы

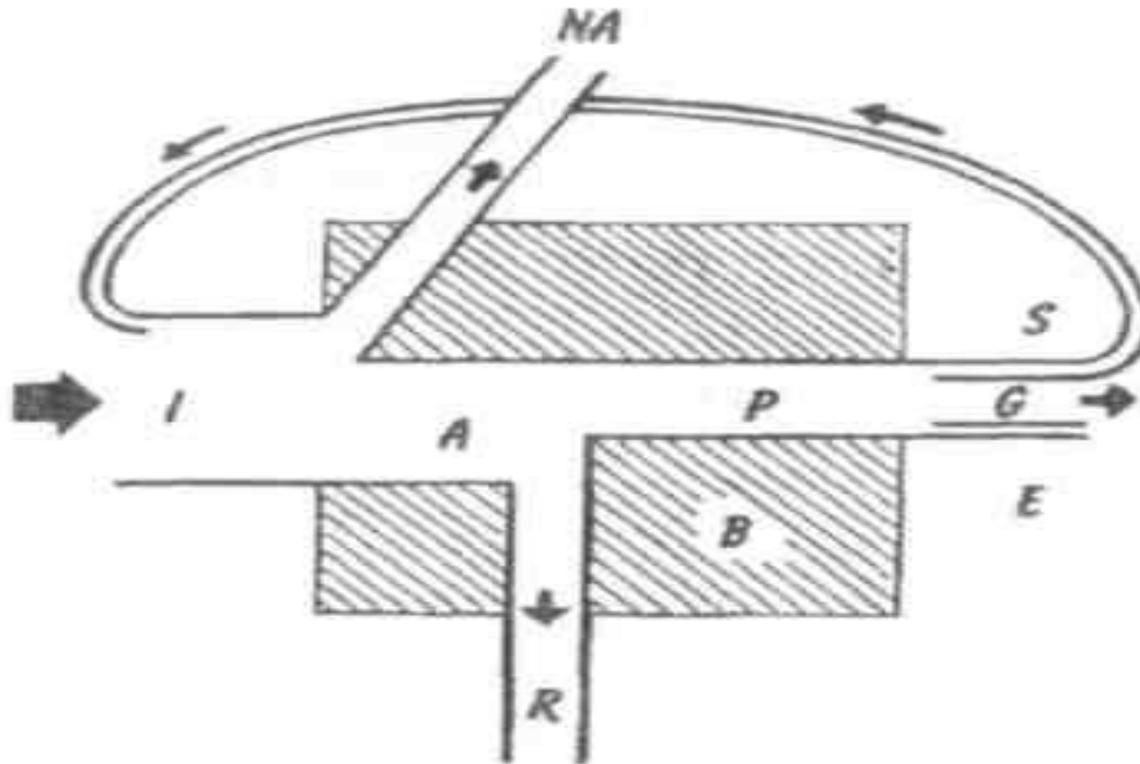
Поток энергии

Таким образом на одном трофическом уровне поглощается 50% падающего света, переходит в химическую энергию пищи всего 1% поглощенной энергии. Вторичная продукция на каждом последующем трофическом уровне консументов составляет около 10% предыдущий, хотя на уровне хищников эффективность может быть выше.

Экосистема

Энергетика экосистемы

Универсальная модель поток энергии



$$A = I - NA$$

$$P = A - R$$

$$P = G + E + S$$

$$B = P - E$$

$$B = G + S$$

Экосистема

Энергетика экосистемы

Универсальная модель поток энергии

I - энергия, поступившая в биомассу

NA – часть энергии, которая не включается в метаболизм.

A - используемая, или ассимилируемая, часть энергии

R – дыхание

P - продуцирование органического вещества

Продукция:

G – рост, или увеличение биомассы

E – ассимилированное органическое вещество, выделяемое с экскрементами или секретированное

S – запас

Обратный путь запасенной продукции называют также «рабочей петлей», поскольку это та часть продукции, которая обеспечивает организм энергией в будущем

E – энергия

B – биомасс

Экосистема

Энергетика экосистемы

Использование универсальной модели поток энергии

1. Может представлять популяцию какого-либо вида.

В этом случае каналы притока энергии и связи данного вида с другими составляют диаграмму пищевой сети с названием отдельных видов в ее узлах

Процедура построения сетевой диаграммы включает:

- составление схемы распределения популяций по трофическим уровням
- соединение их пищевыми связями
- определение с помощью универсальной модели ширины каналов потоков энергии, при этом наиболее широкие каналы будут проходить через популяции видов-полифагов

2. Может представлять определенный энергетический

Экосистема

Энергетика экосистемы

Использование универсальной модели поток энергии

3. Можно определить отношения величин энергетического потока

в разных точках пищевой цепи. Выраженные в процентах, эти отношения

называют *экологической эффективностью*.

- *Первая группа энергетических отношений: V/R и P/R .*

Часть энергии, идущая на дыхание, т.е. на поддержание структуры биомассы,

велика в популяциях крупных организмов (люди, деревья и др.) При сильном

стрессе R возрастает. Величина P значительна в активных популяциях мелких

Экосистема

Энергетика экосистемы

Использование универсальной модели поток энергии

- *Вторая группа отношений: A/I и P/A .*

A/I - эффективностью ассимиляции. Эффективность ассимиляции варьирует от 10 до 50% и больше. Она может быть либо очень мала, как в случае использования энергии света растениями или при ассимиляции пищи животными-детритофагами, либо очень велика, как в случае ассимиляции пищи животными или бактериями, питающимися высококалорийной пищей, например сахарами или аминокислотами.

P/A - эффективностью роста тканей. Эффективность роста тканей также широко

Экосистема

Энергетика экосистемы

Использование универсальной модели поток энергии

- Третья группа энергетических отношений: $P/V = V/(VT)$
 $= T^{-1}$,

где T - время.

Если рассчитывается интегральная продукция за некоторый

промежуток времени, значение отношения P/V определяется с

учетом средней за этот же отрезок времени биомассы. В этом

случае отношение P/V - величина безразмерная; она показывает,

Экосистема

Энергетика экосистемы

Использование универсальной модели поток энергии

А) Сравнивая продуктивность P_t и биомассу B_t внутри одного трофического уровня (t), отметим S-образный характер изменения P_t в определенном диапазоне изменений B_t .

Например, на первом трофическом уровне продукция увеличивается сначала медленно, так как невелика поверхность листьев, затем быстрее и при большой плотности биомассы — опять медленно, поскольку фотосинтез в условиях значительного затенения листьев нижних ярусов ослабляется. На втором и третьем трофических уровнях при очень малом и при очень большом числе животных на единицу площади отношение продуктивности и биомассы снижается, так как на определенном соотношении

Экосистема

Энергетика экосистемы

Использование универсальной модели поток энергии

Б) Отношение продуктивности предыдущего трофического уровня (P_{t-1}) к биомассе настоящего (B_t)

Определяется тем, что фитофаги, выедая часть растений, тем самым способствуют ускорению их прироста, т. е. фитофаги своей деятельностью содействуют продуктивности растений.

Аналогичное влияние оказывают на продуктивность консументов I порядка хищники, которые, уничтожая больных и старых животных, способствуют повышению коэффициента рождаемости фитофагов.

Экосистема

Энергетика экосистемы

Использование универсальной модели поток энергии

В) Зависимость продуктивности последующего трофического уровня (P_{t+1}) от биомассы настоящего (B_t).

Продуктивность каждого последующего трофического уровня возрастает при росте биомассы предыдущего. Отношение P_{t+1}/B_t показывает, в частности, от чего зависит величина вторичной продукции, а именно от величины первичной продукции, длины пищевой цепи, природы и величины энергии, привносимой извне в экосистему.

Экосистема

Энергетика экосистемы

На энергетические характеристики экосистемы определенное влияние оказывают размеры особей.

Чем мельче организм, тем выше его удельный метаболизм (на единицу массы) и, следовательно,

меньше биомасса, которая может сохраняться на данном трофическом уровне. И наоборот, чем крупнее

организм, тем больше биомасса на корню.

Экосистема

Трофическая структура экосистемы

1. *Пирамида чисел*

Число особей на каждом трофическом уровне

- В любой экосистеме мелкие животные численно превосходят крупных и размножаются быстрее.
- Для всякого хищного животного существуют нижний и верхний пределы размеров их жертв. Верхний предел определяется тем, что хищник не в состоянии одолеть животное, намного превышающее по размеру его собственное тело, нижний предел – тем, что при слишком малом размере добычи, охота на нее теряет для хищников какой-либо смысл
- Пирамиды чисел могут быть обращенными. Например, в случае пастбищных пищевых цепей леса, когда продуцентами служат деревья, а первичными консументами — насекомые, уровень первичных консументов численно богаче особями уровня

Экосистема

Трофическая структура экосистемы

2. Пирамиды биомассы

Урожай на корню (на единицу площади)

- Наземные и мелководные экосистемы, где продуценты крупные и живут сравнительно долго, характеризуются относительно устойчивыми пирамидами с широким основанием и узкой вершиной. На форму пирамиды подобных экосистем влияет также возраст сообщества. В недавно возникших сообществах отношение биомассы консументов к биомассе продуцентов обычно меньше, чем в зрелых (т. е. вершина пирамиды будет более узкой). Объясняется это тем, что консументы наземных и мелководных сообществ имеют более сложные жизненные циклы и более «изоэцированные» требования к местообитанию, чем зеленые растения. Поэтому животным популяциям может требоваться больше времени для максимального развития.
- В открытых и глубоких водах, где продуценты невелики по размеру и имеют короткий жизненный цикл, пирамида биомассы может быть обращенной. Общий урожай на корню здесь, как правило, меньше, чем в наземных или мелководных сообществах, даже если количество фиксируемой за год энергии в обоих случаях одинаково.
- В озерах и прудах, где равное значение как продуценты имеют и крупные

Экосистема

Трофическая структура экосистемы

3. Пирамида энергии

Количество энергии фиксируемой на единице площади за единицу времени на каждом последующем трофическом уровне

- На форму этой пирамиды не влияют изменения размеров особей и интенсивности их метаболизма, и если учтены все источники энергии, то пирамида всегда будет иметь «канонический» вид, как это диктуется вторым законом термодинамики.

- Дает наиболее полное представление о функциональной организации

сообщества, так как число и масса организмов, которые могут существовать на

каждом трофическом уровне в тех или иных условиях, зависят не от количества

фиксированной энергии, имеющейся в данное время на предыдущем уровне, а

от скорости продуцирования пищи

Экосистема

Выводы

1. Данные по численности приводят к преувеличению значения мелких организмов, а данные по биомассе к преувеличению роли крупных
2. Приток энергии служит наиболее подходящим показателем при сравнении данного компонента экосистемы с любым другим и самой экосистемы в целом с соседними экосистемами
3. На мелкие организмы приходится большая доля объема дыхания сообщества, а более крупные животные дают основную биомассу
4. Любая оценка экосистемы должна основываться на координированном определении структуры урожая на корню и скоростей различных функциональных процессов, важность измерения последних возрастает с уменьшением размеров

Экосистема

Биотическое сообщество

Биотическое сообщество — это любая совокупность популяций, населяющих определенную территорию (биотоп), это своего рода организационная единица в том смысле, что она обладает некоторыми особыми свойствами, не присущими слагающим ее компонентам

Экосистема

Биотическое сообщество

Видовая структура сообщества

Обилие - число особей на единицу площади или объема.

Частота — отношение числа особей одного вида (n) к общей численности особей (N), выраженное в процентах $(n \cdot 100)/N$.

Постоянство — отношение числа содержащих изучаемый вид выборок (p) к общему числу выборок (P), выраженное в процентах $(p/P) \cdot 100$.

В зависимости от величины этого отношения различают следующие категории видов:

- постоянные - встречаются более чем в 50% выборок
- добавочные - в 25-50% выборок
- случайные - менее чем в 25% выборок

Экосистема

Биотическое сообщество

Видовая структура сообщества

Доминирование - способность вида занимать в экосистеме главенствующее положение и оказывать влияние на распределение в ней энергии.

Доминанты - это те виды, которые на своем трофическом уровне обладают наибольшей продуктивностью.

Степень доминантности может определяться:

- численностью
- размером особей
- продукцией

Показатель доминирования (С) представляет собой иное понятие. Он вычисляется по формуле $C = \sum(n_i/N)^2$, где n_i - степень доминантности каждого вида (на основании числа особей, величины биомассы, продуктивности и т. д., но чаще всего на основании числа особей - отсюда n), N - общая степень доминантности т. е. численность особей всех видов

Экосистема

Биотическое сообщество

Видовая структура сообщества

Верность – показатель, выражающий степень привязанности к экосистеме. Выделяют:

- **Характерные виды:** встречаются только в данной экосистеме или представлены в данной экосистеме больше, чем в других
- **Преферентные виды:** встречаются в нескольких смежных экосистемах, но предпочитают одну из них
- **Инвазивные виды:** случайно попавшие в сообщество, к которому они не принадлежат
- **Индиферентные виды:** виды способные существовать с равным успехом во многих экосистемах

Ключевые виды – определяют способность других видов сохраняться в сообществе. Их исчезновение приводит к «каскаду» вымирания – деградации экосистемы

Экосистема

Биотическое сообщество

Видовая структура сообщества

Показатель видового разнообразия - $\hat{H} = -\sum (n_i / N) \log(n_i / N)$,
где n_i , - степень доминантности каждого вида, N — общая степень доминантности.

Видовое разнообразие складывается из двух компонентов.

Первый может быть назван *видовым богатством* или *компонентом многообразия*. Он выражается отношением S/N - общего числа видов S к общему числу особей N .

Второй компонент видового разнообразия - это так называемая *выравненность распределения* особей между видами. Объективным показателем служит *показатель выравниваемости*: $e = \hat{H} / \log S$.

Экосистема

Биотическое сообщество

Закономерности видового разнообразия

1. Закономерность

Видовое разнообразие зависит в основном от присутствия редких и случайных видов, представленных небольшим числом особей. В состав сообщества входит несколько видов с высокой численностью (виды-доминанты, средообразующие виды) и множество редких видов (определяют разнообразие)

2. Закономерность

Более продуктивная среда способна обеспечить совместное существование большого числа видов. Существенное влияние на увеличение числа видов в сообществе оказывает продуктивность среды. В более продуктивной среде выбор пищи шире, следовательно возможность специализации больше

3. Закономерность

Наиболее богатые видами сообщества более устойчивы. Чем больше видов животных и растений в сообществе, тем сложнее и многообразней связи между ними. Т.о. происходит удлинение пищевых цепей, увеличение контактов между видами, дублирование пищевых цепей

Экосистема

Биотическое сообщество

Закономерности видового разнообразия

4. Закономерность

Избирательное хищничество повышает видовое разнообразие. Умеренное хищничество часто снижает плотность видов - доминантов, давая тем самым возможность менее конкурентоспособным видам более полно использовать пространство и другие ресурсы, в результате чего видовое разнообразие в экосистемах возрастает.

5. Закономерность

Под влиянием стресса, т.е. сильного неблагоприятного внешнего воздействия, в экосистеме уменьшается количество редких видов и возрастает численность видов, устойчивых к стрессу. В качестве стресса может выступать загрязнение. Изменение уровня разнообразия видов в экосистеме может служить индикатором загрязнения среды.

Экосистема

Биотическое сообщество

Внутренняя организация сообщества

Стратификация (вертикальная ярусность).

В лесу два основных яруса - автотрофный и гетеротрофный - часто подразделяются на дополнительные.

Зональность (горизонтальные подразделения).

Растения и животные распределены не равномерно по всей экосистеме, а пятнами, в которых плотность может быть максимальной или, наоборот, сходиться на нет.

Активность (периодичность).

Периодичность сообщества является результатом синхронной активности в течение дня и ночи целых групп организмов

Сезонная периодичность:

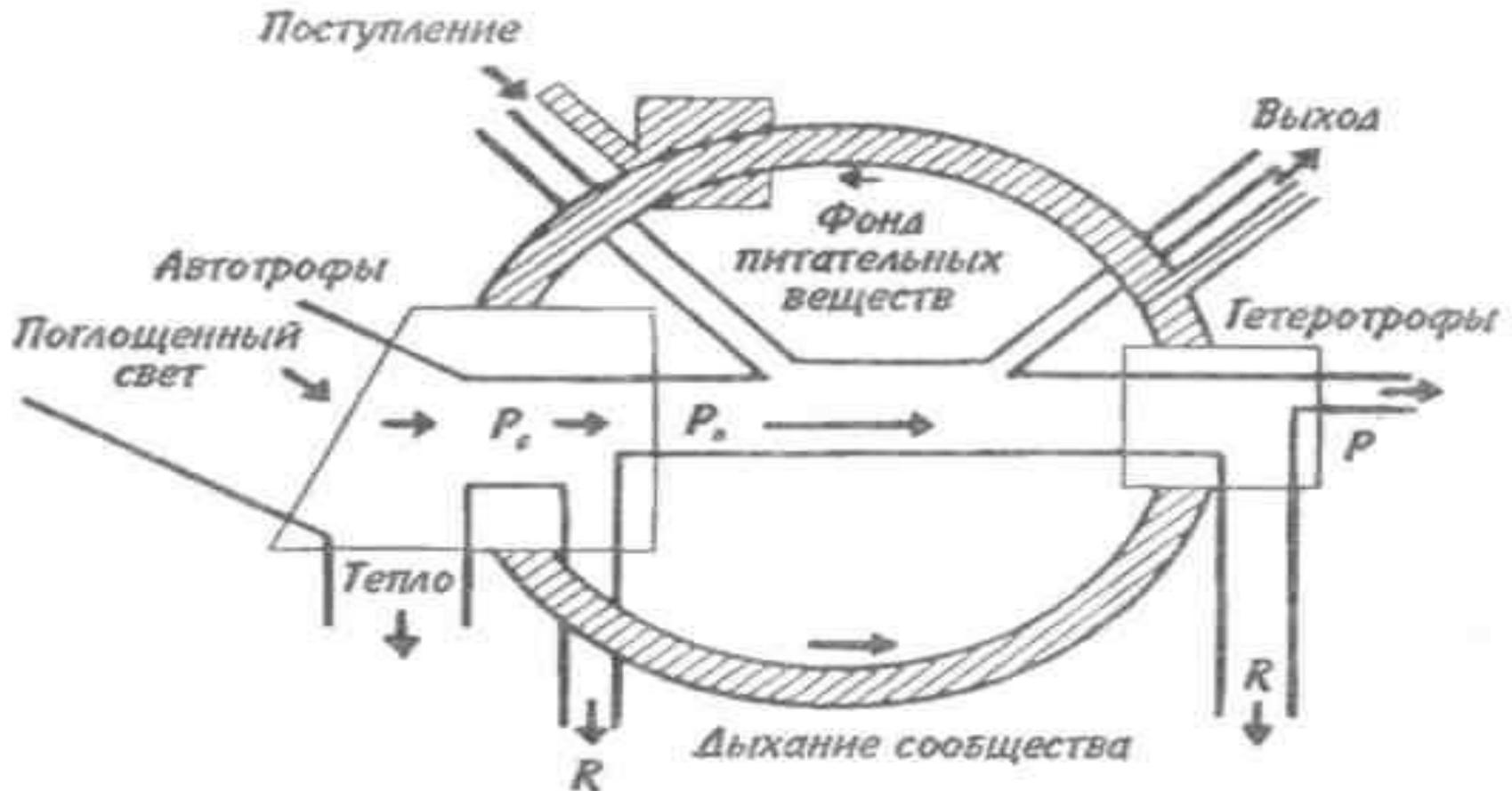
зимняя спячка (зима), начало пробуждения (ранняя весна), пробуждение и высокая активность (поздняя весна), максимальная активность (раннее лето), окончание активности (позднее лето), подготовка к зимней спячке (осень).

Свойства биотического сообщества зависят также от: **размножения, пищевых связей, групповых отношений, совместной деятельности, стохастических связей**

Экосистема

Биогеохимические циклы

Биогеохимический круговорот имеет вид кольца, направленного от автотрофов к гетеротрофам и от них снова к автотрофам



Экосистема

Биогеохимические циклы

Резервный фонд — большая масса медленно движущихся веществ, в основном не связанных с организмами.

Обменный фонд представляет собой быстрый обмен между организмами и их непосредственным окружением и имеет вид кольца.

В зависимости от природы резервного фонда выделяют два основных типа биогеохимических круговоротов:

- 1) круговорот газообразных веществ с резервным фондом в атмосфере или гидросфере
- 2) осадочный цикл с резервным фондом в земной коре.

Обменный фонд образуется за счет веществ, которые возвращаются в круговорот двумя основными путями:

- 1) в результате первичной экскреции животными
- 2) при разложении детрита микроорганизмами.

Если оба пути замыкания обменного фонда реализуются в одной экосистеме, то первый из них

доминирует, например, в планктоне и других сообществах, где основной поток энергии идет через

пастбищную пищевую цепь; второй путь преобладает в степях, лесах умеренной зоны и

Экосистема

Биогеохимические циклы

Любую экосистему можно представить в виде ряда блоков, через которые проходят различные материалы и в которых эти материалы могут оставаться на протяжении различных периодов времени

В круговоротах минеральных веществ в экосистеме, как правило, участвуют три активных блока: живые организмы, мертвый органический детрит и доступные неорганические вещества.

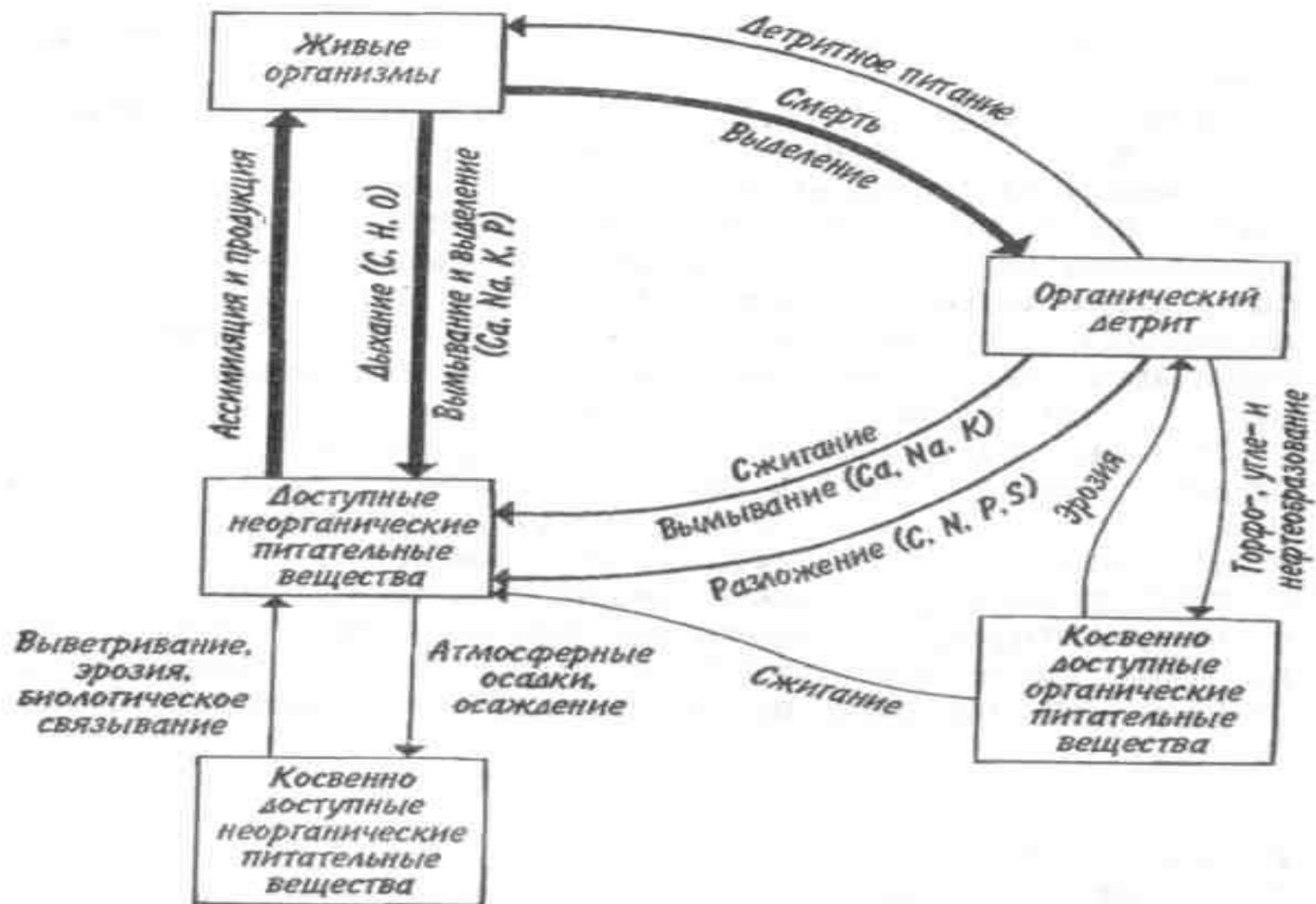
Два добавочных блока - косвенно доступные неорганические вещества и осаждающиеся органические вещества - связаны с круговоротами биогенных элементов в каких-то периферических участках общего цикла.

Процессы ассимиляции и распада, благодаря которым происходят круговороты биогенных элементов в биосфере, тесно связаны с поглощением и освобождением энергии организмами. Следовательно, пути биогенных элементов параллельны потоку энергии через сообщество.

Экосистема

Биогеохимические циклы

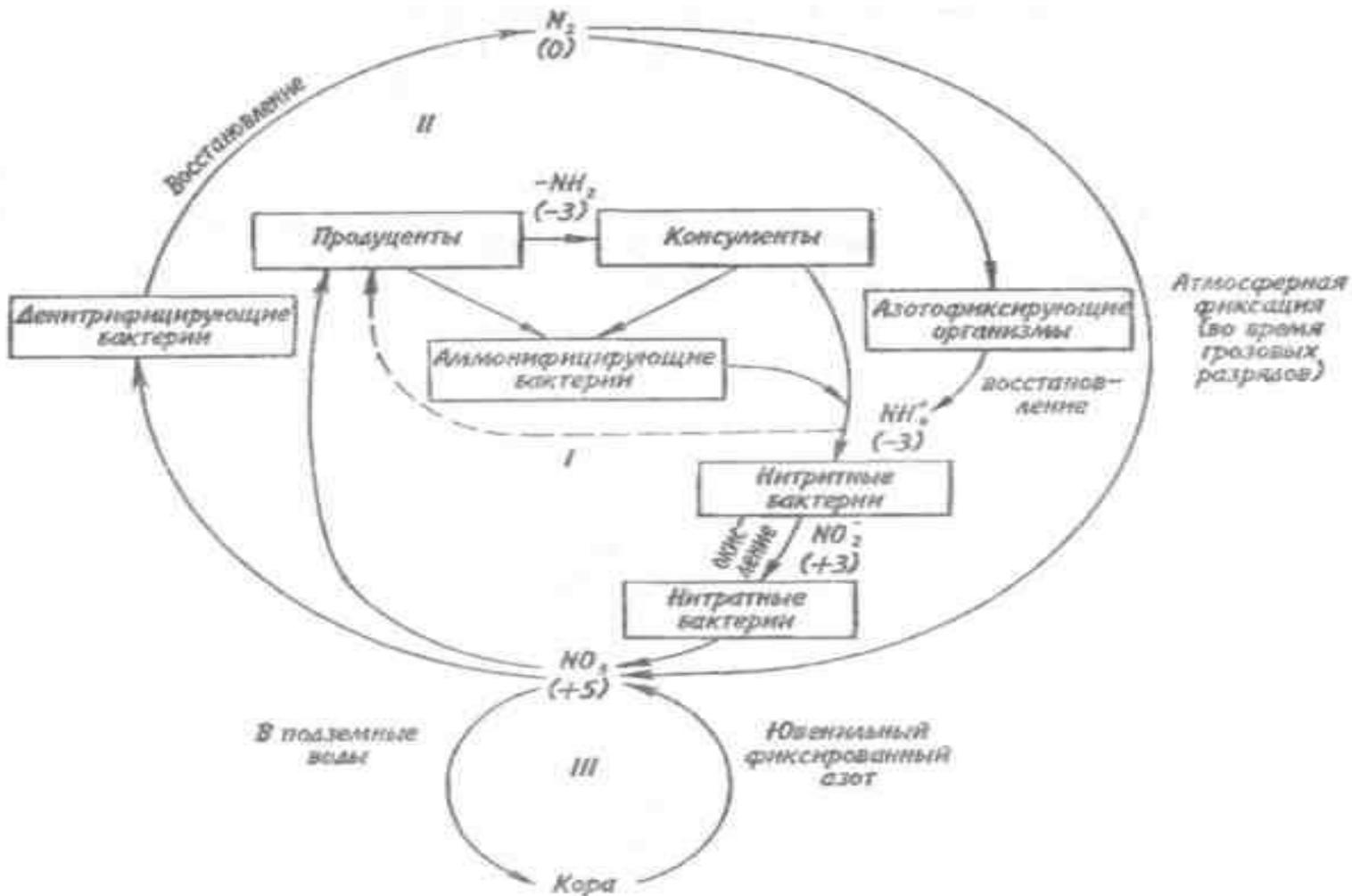
Блочная модель круговорота веществ в экосистеме



Экосистема

Биогеохимические циклы

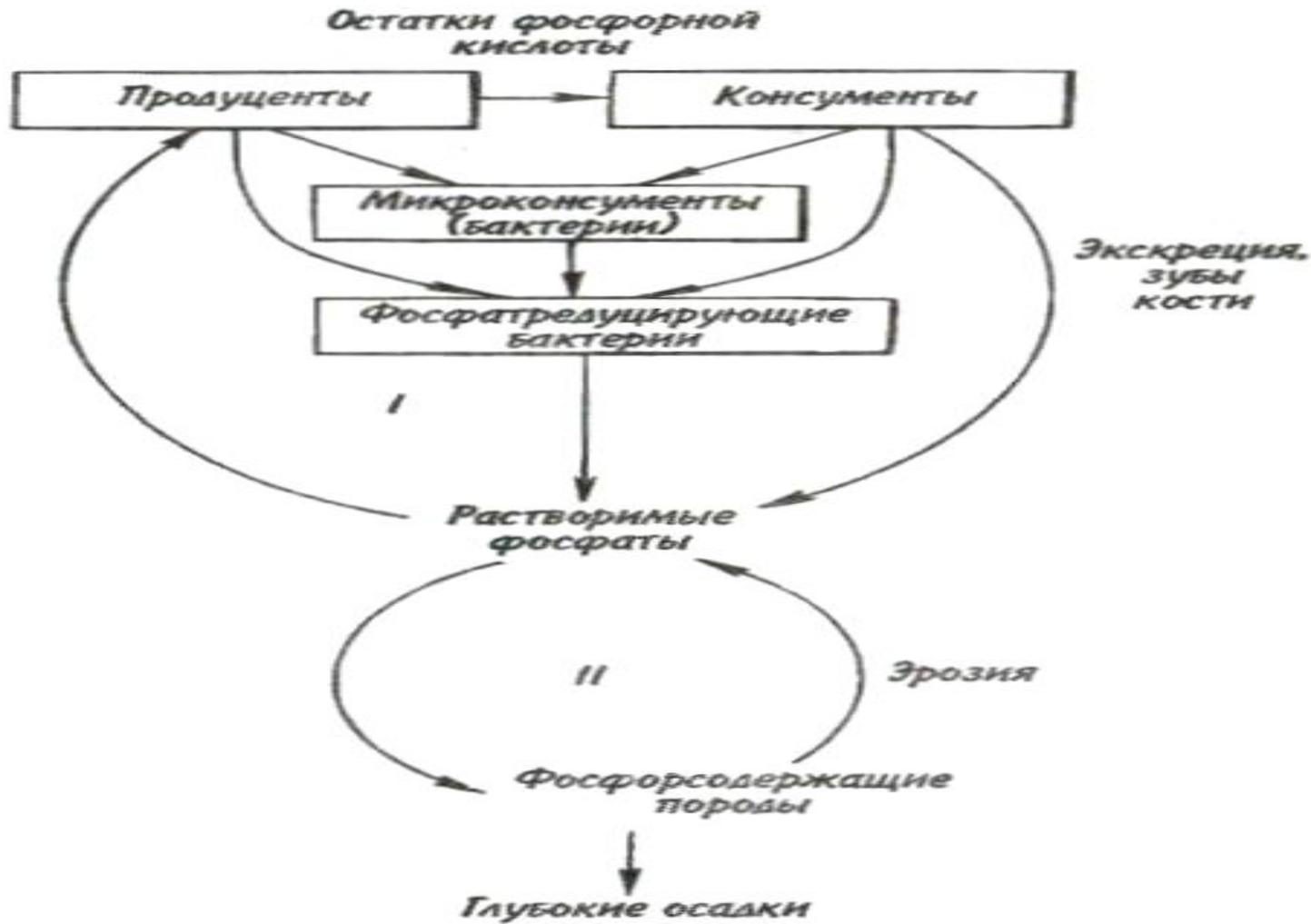
Биогеохимический цикл азота



Экосистема

Биогеохимические циклы

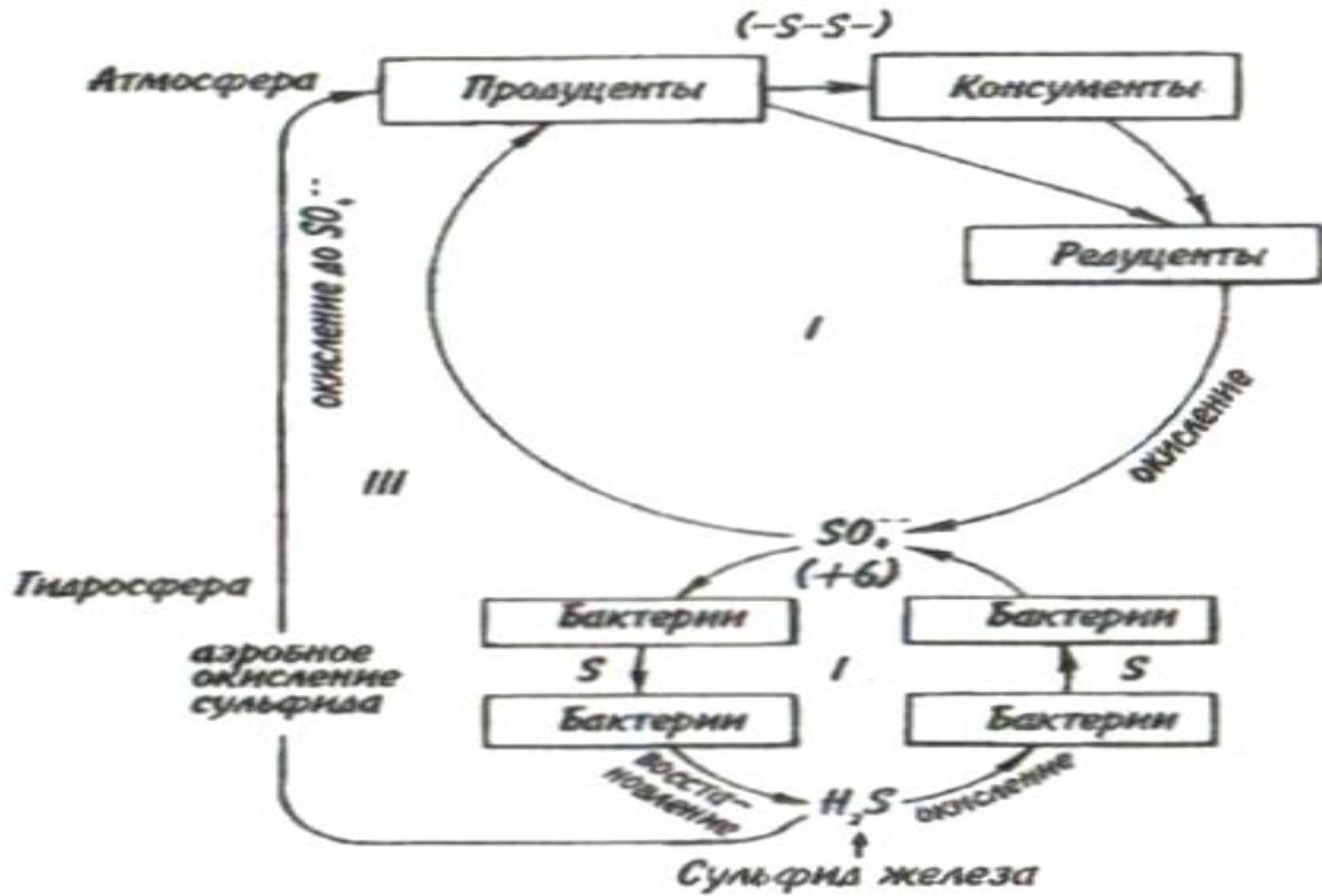
Биогеохимический цикл фосфора



Экосистема

Биогеохимические циклы

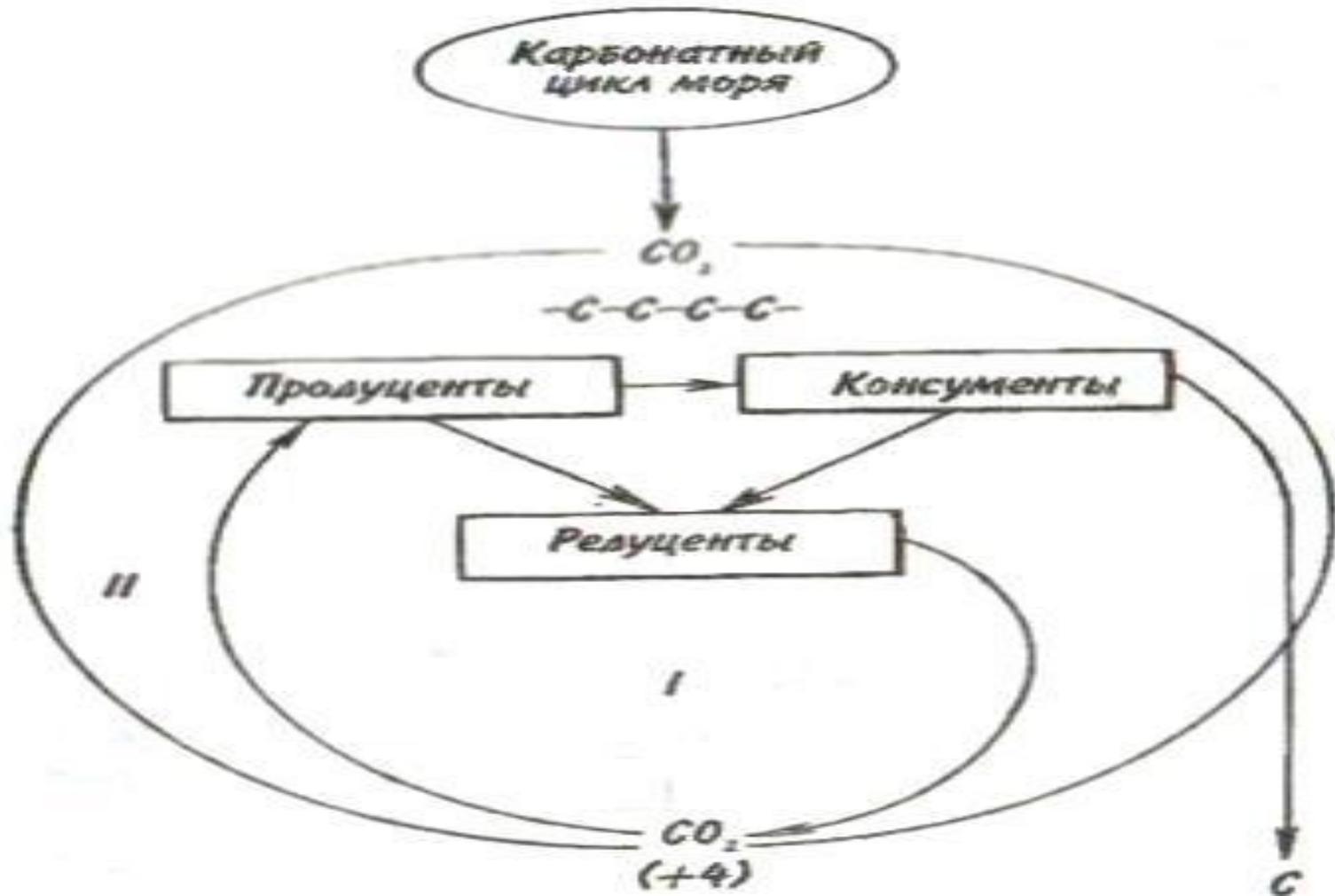
Биогеохимический цикл серы



Экосистема

Биогеохимические циклы

Биогеохимический цикл углерода



Экосистема

Биогеохимические циклы

В круговоротах участвуют не только биогенные элементы, но и многие загрязняющие вещества. Некоторые из них не только циркулируют в окружающей среде, но и имеют тенденцию накапливаться в организмах. В

таких случаях концентрация какого-либо загрязняющего вещества, обнаруженного в организмах, нарастает по мере прохождения его вверх по

пищевой цепи, так как организмы быстрее поглощают загрязняющие вещества,

чем выделяют их.

Таким образом, чем выше трофический уровень, на котором находится данный

организм, тем больше концентрация пестицида в его тканях. Это явление

Экосистема

Развитие экосистем

Изменение экосистем может происходить под воздействием разных причин. В зависимости от вектора действующих сил различают аллогенные и автогенные изменения.

- *Аллогенные* изменения обусловлены влиянием геохимических сил, действующих на экосистему извне. В качестве таковых могут выступать климатические и геологические факторы.
- *Автогенные* изменения обусловлены воздействием процессов, протекающих внутри экосистемы. В большинстве случаев, однако, трудно разграничить процессы, находящиеся под влиянием внешних и внутренних факторов. Например, эвтрофикация озер происходит под действием населяющих их сообществ, толчком к изменению которых служит поступление в озеро питательных веществ извне, с водосбора.

Экосистема

Сукцессия

Автогенные изменения называют развитием экосистемы, или *экологической сукцессией*. При определении экологической сукцессии следует учитывать три момента:

1. Сукцессия происходит под действием сообщества, т. е. биотического компонента экосистемы. Сообщество, в свою очередь, вызывает изменения в физической среде, которая определяет характер сукцессии, ее скорость и устанавливает пределы, до которых может дойти развитие.
2. Сукцессия - это упорядоченное развитие экосистемы, связанное с изменением видовой структуры и протекающих в сообществе процессов. Сукцессия определенным образом направлена и, следовательно, предсказуема.
3. Кульминацией сукцессии является возникновение стабилизированной экосистемы, в которой на единицу потока энергии приходится максимальная биомасса и максимальное количество межвидовых взаимодействий.

Скорость изменений и время, необходимое для достижения стабилизированного состояния, варьируют в разных экосистемах и для

Экосистема

Сукцессия

Таблица 12.1. Изменение признаков экосистемы в процессе сукцессии

Номер п/п	Признаки	Развивающаяся стадия	Зрелая стадия
1	Отношение валовой продукции (P) к дыханию (R)	>1<	- 1
2	Отношение валовой продукции (P) к биомассе (B)	Высокое	Низкое
3	Биомасса (B) на единицу потока энергии (P+R)	Низкое	Высокое
4	Урожай (чистая продукция сообщества)	Высокий	Низкий
5	Пищевые цепи	Линейные, преимущественно пастбищные	Ветвящиеся, преимущественно детритные
6	Круговороты минеральных веществ	Открытые	Замкнутые
7	Скорость обмена веществ между организмами и средой	Высокая	Низкая
8	Сохранение веществ	С потерями	Полное
9	Число видов	Мало	Велико
10	Выравненность	Мала	Велика
11	Гетеротипические реакции	Не развиты	Развиты
12	Стратификация	Слабо организована	Хорошо организована
13	Специализация по нишам	Широкая	Узкая
14	Размеры особей	Небольшие	Крупные
15	Жизненные циклы	Короткие и простые	Длинные и сложные
16	Характер роста популяции	Экспоненциальный	Логистический
17	Стабильность	Низкая	Высокая
18	Энтропия	Высокая	Низкая
19	Информация	Мало	Много

Экосистема

Сукцессия

Процесс сукцессии:

- возникновение незанятого организмами участка
 - иммиграция, занос на участок различных организмов
- заселение участка
 - конкуренция и вытеснение отдельных видов
 - преобразование организмами местообитания, постепенная стабилизация условий и отношений

Первичная сукцессия - развитие экосистемы начинается на участке, который перед этим не был занят каким-либо сообществом (недавно вышедшая на поверхность скала, песок или лавовый поток)

Вторичная сукцессия - развитие экосистемы происходит на площади, с которой удалено предыдущее сообщество (например, заброшенное поле или вырубка)

Экосистема

Сукцессия

Климаксное сообщество - стабильная система, в котором минимальна или полностью отсутствует годовая чистая продукция органического вещества.

Климатический климакс - это теоретическое сообщество, к достижению которого направлено все развитие экосистемы в данном районе, находящееся в равновесии с общими климатическими условиями.

Эдафический климакс – реализуется там, где рельеф местности, почва, водоемы, пожары, заболачивание и другие факторы препятствуют развитию климатического климакса. Так, в зависимости от рельефа и особенностей почвы на примыкающих друг к другу морских террасах с одинаковой материнской породой развиваются различные сообщества

Катастрофический климакс - терминальное состояние экосистемы, возникающее благодаря периодически появляющимся катастрофам, таким как пожары, вредители и т. д. Со временем возникает естественная самоподдерживающаяся система, для существования которой необходимы регулярно возникающие катастрофы.

Дисклимакс или **антропогенный субклимакс** - когда сообщество поддерживается человеком или домашними животными.

Экосистема

Эволюция экосистем

Отличие эволюции экосистем от сукцессий заключается в том, что в ходе эволюции появляются новые комбинации видов и вырабатываются новые механизмы их сосуществования.

Эволюция экосистем протекает как сеткообразный процесс, который складывается из более или менее независимой эволюции видов, входящих в их состав.

Любой фактор, способный вывести экосистему из стабилизированного состояния, кладет начало более быстрым темпам эволюции. В качестве таких факторов могут выступать глобальные изменения климата, геологические процессы, массовая иммиграция при соединении материков и т. д. На фоне

Экосистема

Антропогенная эволюция экосистем

Природная эволюция экосистем протекает в масштабе тысячелетий, в настоящее время она подавлена антропогенной эволюцией, связанной с

деятельностью человека. Биологическое время антропогенной эволюции имеет

масштаб десятилетий и столетий.

Антропогенная эволюция экосистем разделяется на два больших класса:

- целенаправленная

Человек формирует новые типы искусственных экосистем.

Результатом этой эволюции являются все агроэкосистемы, садово-парковые ансамбли, морские огороды бурых водорослей, фермы устриц и т.д.

- стихийная.

Основу стихийной антропогенной эволюции составляет появление в экосистемах видов, непреднамеренно (реже преднамеренно)

Экосистема

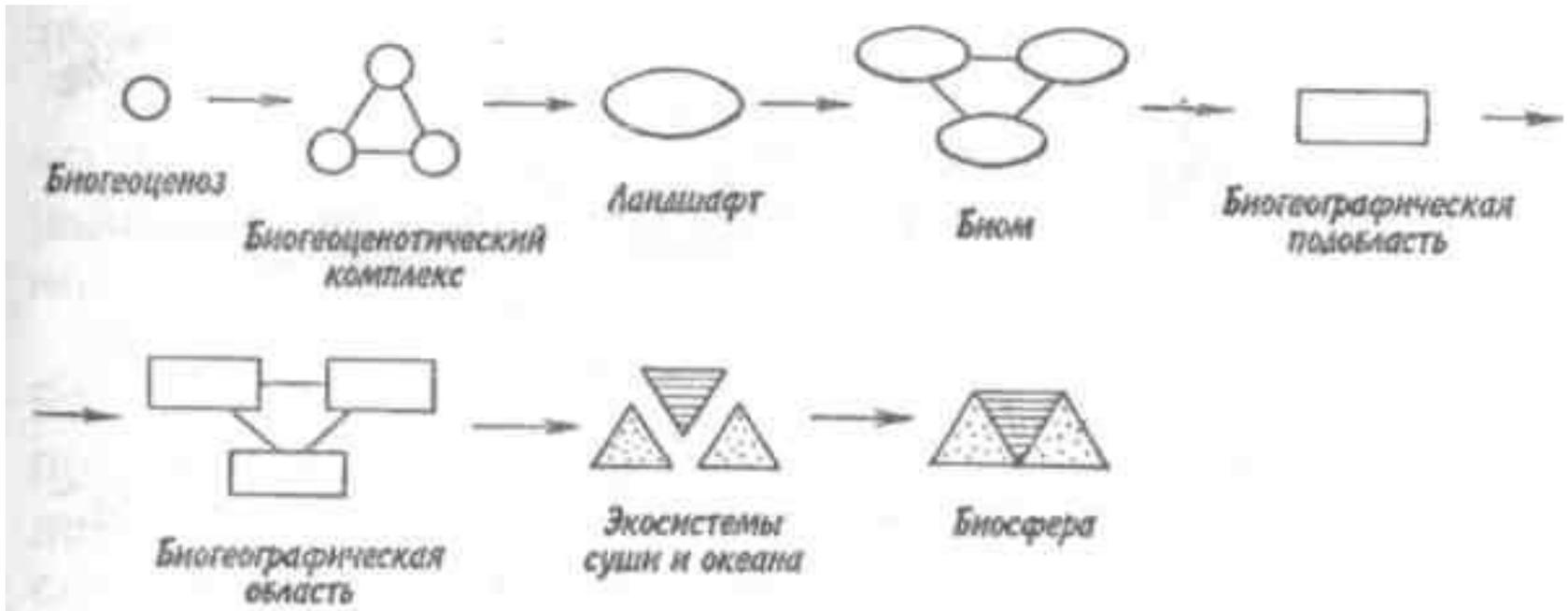
Антропогенная эволюция экосистем

Результатом антропогенной эволюции экосистем, кроме того, является:

- уничтожение видов или снижение их генетического разнообразия
- смещение границ природных зон – развитие процесса опустынивания в степной зоне, вытеснение травяной растительностью лесов у южной границы их распространения
- возникновение новых экосистем, устойчивых к влиянию человека
- формирование новых сообществ на антропогенных субстратах при их естественном зарастании или рекультивации.

Экосистема

Иерархия экосистем



Биосфера ← космический фактор

Экосистемы суши и океана ← геологический фактор

Биогеографическая область ← фактор эволюции

Биом ← фактор климатического климаткса (региональный климат)

Ландшафт ← фактор рельефа

Биогеоценоз ← фактор эдафического климата (мезоклимат).

Экосистема

Иерархия экосистем

Биом – это крупная региональная или субконтинентальная биосистема, характеризующаяся каким-либо основным типом растительности или другой особенностью ландшафта. Биомы наземных экосистем формируются под воздействием комплекса условий среды, в первую очередь – климата. По объему «биом» совпадает с географическим понятием «природная зона».

Наиболее важные биомы суши:

- тундры (арктические и альпийские): безлесные территории, расположенные севернее (или выше) лесного пояса
- тайга: хвойные леса умеренной зоны
- листопадные (широколиственные) леса умеренной зоны
- степи умеренной зоны (имеют две паузы в вегетации – зимой и во второй половине лета во время засухи)
- тропические степи и саванны (вегетируют круглый год, но в период засухи их биологическая продукция резко снижается)
- пустыни (экосистемы в условиях сильного стресса засухи при годовом количестве осадков менее 200 мм)
- полувечнозеленые сезонные тропические леса («зимне-зеленые» леса, сбрасывающие листья летом)
- тропические дождевые леса (вегетируют круглый год и являются самыми продуктивными экосистемами Земли).

Экосистема

Иерархия экосистем

Биомы водных экосистем определяются в первую очередь соленостью воды, содержанием в ней элементов питания, кислорода и температурой, скоростью течения.

Так экосистемы пресных вод разделяются на биомы стоячих и проточных вод.

Экосистемы стоячих вод более разнообразны, так как в этом случае шире пределы изменения условий, определяющих состав биоты и ее продукцию – глубины водоема, химического состава воды, степени зарастания водоема.

В биомах проточных вод большую роль играет скорость течения и различен состав биоты на перекатах и плесах.

Среди экосистем морских побережий различают биомы приморских скалистых побережий, достаточно бедных элементами питания, и эстуариев (лиманов) – богатых элементами питания илистых отмелей у впадения рек.

Среди пелагических (находящихся в толще воды) экосистем океана различают биомы фотических сообществ верхнего слоя вод (поверхностные пелагические сообщества) и морских глубоководных пелагических гетеротрофных сообществ.

Как биомы рассматриваются бентосные (донные) сообщества континентального шельфа, коралловые рифы (высокопродуктивные сообщества тропических морей) и хемоавтотрофные сообщества гидротермальных оазисов.

Экосистема

Сельскохозяйственные экосистемы

Состав, структура и функция управляются не естественными механизмами самоорганизации, а человеком.

Человек управляет практически всеми параметрами агроэкосистемы:

- составом продуцентов (заменяет естественные растительные сообщества на искусственные посевы сельскохозяйственных растений и посадки плодовых деревьев)
- составом консументов (заменяет естественных фитофагов на домашний скот)
- соотношением потоков энергии по главным пищевым цепям «растение – человек» и «растение – скот – человек» (специализирует хозяйство на производстве растениеводческой или животноводческой продукции или на равное соотношение того и другого)
- непроизводительным оттоком вещества и энергии по дополнительным пищевым цепям: «почва – сорные растения», «культурные растения – насекомые-фитофаги», «хозяин (культурные растения, домашние животные) – паразит», т.е. контролирует плотность деструктивной биоты – популяций сорных растений, насекомых фитофагов, паразитов
- уровнем первичной биологической продукции (улучшая условия для

Экосистема

Сельскохозяйственные экосистемы

Экологическое ориентированное управление:

- ограничение доли пашни сохраняя часть агроэкосистемы под многолетними травяными сообществами кормовых угодий или под лесом (естественным или лесопосадками)
- ограничение вмешательства в жизнь почвы при ее обработке и дозы минеральных удобрений и химических средств защиты растений;
- ограничение поголовье скота.
- возделывание видов и сортов культурных растений и разведение пород сельскохозяйственных животных, которые требуют меньших затрат антропогенной энергии
- использование экологичных севооборотов с многолетними травами и сидератами (их зеленую массу не убирают, а запахивают в почву как удобрение) для восстановления плодородия почв
- возделывание поликультур и сортосмеси, т.е. смеси культурных растений, которые более полно используют агроресурсы и требуют меньших затрат на защиту растений
- распределение скота по территории агроэкосистемы (содержать его на небольших фермах), чтобы облегчить внесение навоза на поля.

Агроэкосистемы, которые создаются в соответствии с этими принципами, называются

Экосистема

Городские экосистемы

В отличие от сельскохозяйственных экосистем в них нет элементов саморегуляции. Отнесение городов к экосистемам достаточно условно, для них характерны три особенности:

- зависимость, т.е. необходимость постоянного поступления ресурсов и энергии**
- неравновесность, т.е. невозможность достижения экологического равновесия**
- аккумуляция твердого вещества за счет превышения его ввоза в город над вывозом (примерно 10:1). Это в прошлом приводило к повышению уровня поверхности города (формированию культурного слоя, который в старых городах достигает нескольких метров), а сегодня ведет к увеличению площади полигонов хранения бытовых и промышленных отходов.**

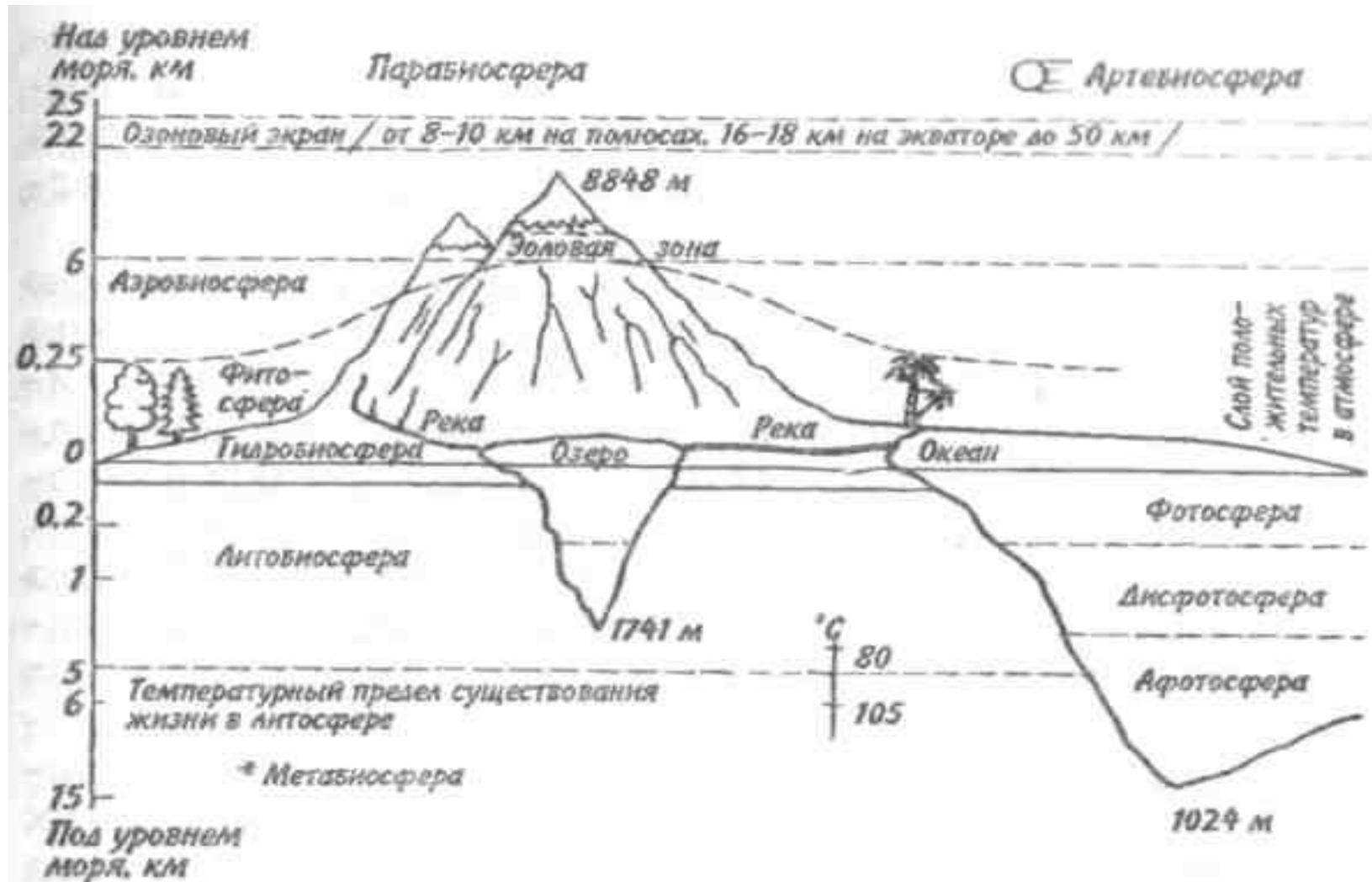
Задачи экологически ориентированного управления городскими экосистемами – чисто технологические, связанные с совершенствованием технологий производства промышленных предприятий, экологизацией коммунального хозяйства и транспорта.

Биосфера

Биосфера - часть поверхности Земли, которая в настоящее время находится под влиянием деятельности организмов.

Биосфера

Строение биосферы



Биосфера

Строение биосферы

Биосфера охватывает всю гидросферу, часть атмосферы и часть литосферы.

Ее верхняя граница расположена на высоте 6 км над уровнем моря, нижняя – на глубине 15 км в толще земной коры (на такой глубине обитают бактерии в нефтяных водах) и 11 км в океане.

Посравнению с диаметром Земли (13000 км) биосфера – это тонкая пленка на ее поверхности.

Биосфера

Ноосфера

«Ноосфера» - термин был независимо внедрен в экологический обиход П. Терьяром де Шарденом и В.И. Вернадским.

Однако если Терьяр де Шарден понимал под ноосферой в первую очередь глобальное развитие «коллективного разума», то Вернадский считал, что этот «коллективный разум» должен преобразовать биосферу, улучшив условия для жизни человека на планете.

Человек может сохраниться только вместе с биосферой, «встроив» свою хозяйственную деятельность в биосферные циклы.

Н.Н. Моисеев писал о возможности «коадаптации человека и биосферы» и формирования на этой основе некоего «квазиустойчивого состояния» последней, при котором изменения круговоротов веществ не будут превышать пороговых значений, начиная с которых могут произойти необратимые изменения. Это новое состояние биосферы возможно при построении мирового сообщества устойчивого развития