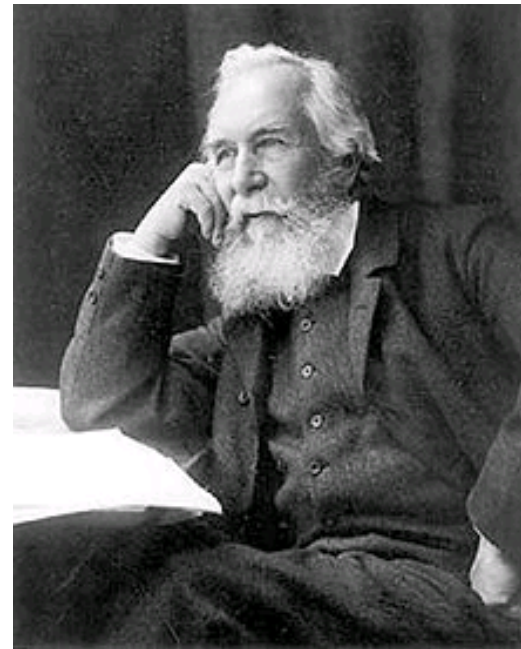


**Введение в экологию растений.
Экологические факторы и закономерности их
воздействия на живые организмы**



Экология - биологическая наука, изучающая закономерности взаимодействия живых организмов и их сообществ между собой и с окружающей средой.

Термин **«ЭКОЛОГИЯ»** впервые предложил немецкий биолог **Эрнст Геккель** в 1866 году в книге «Общая морфология организмов». (От греч. «*oikos*» -дом, «*logos*»-учение).



Эрнст Геккель

Разделы общей экологии:

1. **Аутэкология** (физиологическая экология) - изучает взаимодействие отдельных организмов с окружающей средой.
2. **Демэкология** (популяционная экология) - изучает структуру и динамику популяций.
3. **Синэкология** - изучает сообщества живых организмов - биоценозы.
4. **Биогеоценология** - изучает закономерности функционирования экосистем.



Частная экология -

изучает экологические закономерности в приложении к определенной группе живых организмов, определенным экосистемам или другим областям знаний.

Разделы:

1. *Экология растений.*
2. *Экология животных.*
3. *Экология микроорганизмов.*
4. *Экология человека* – изучает взаимодействие человека со средой.
5. *Социальная экология* - изучает взаимодействие общества с окружающей средой. Занимается проблемами охраны природы.
6. *Глобальная экология* - изучает функционирование биосферы и разрабатывает научную основу рационального использования её ресурсов.
7. *Экология сельского хозяйства* – изучает формирование агрофитоценозов.
8. *Промышленная экология* - наука о взаимодействии промышленности и окружающей среды.
9. *Биохимическая экология* – изучает молекулярные механизмы приспособительных реакций организмов при изменениях среды.
10. *Палеэкология* – изучает экологические связи вымерших организмов и древние сообщества.

Экология растений –

это раздел экологии, изучающий взаимозависимости и взаимодействия между растительными организмами, а также между растениями и средой их обитания.

Экология растений

тесно связана с физиологией, систематикой, фитоценологией и географией растений.



Методы экологии растений

1. Наблюдение – невмешательство исследователя в окружающую среду
2. Эксперимент (в природе или в лаборатории)
3. Моделирование:

- **реальные модели** – отражают оригинал (аквариум)
- **знаковые модели** – условное описание оригинала с помощью знаков и символов. Среди знаковых выделяют **математические** (математические выражения, формулы и т. п.) и **концептуальные** модели (схемы, графики, иллюстрации).



Местообитание

Местообитание - определенная часть пространства, заселенная видом и обладающая необходимыми абиотическими условиями существования (лес, луг, овраг, болото, каменистые склоны и т.д.)



Среда обитания

Среда обитания - это та часть природы, которая окружает живой организм и с которой он непосредственно взаимодействует.



Среда обитания

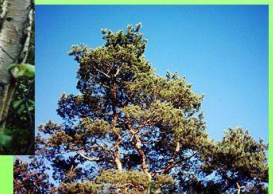
Водная среда связана с различными водоемами. Большинство водных растений – водоросли, встречаются и высшие растения (кувшинка, частуха, стрелолист и др.).

В **наземно-воздушной среде** обитания растет подавляющее большинство растений и почти все высшие.

Водная среда



Наземно-воздушная среда

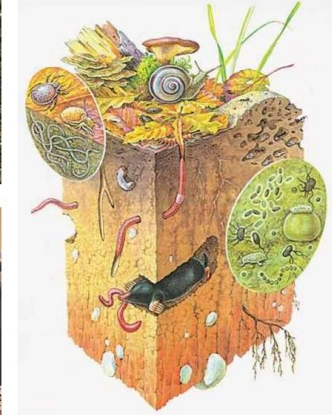


Среда обитания

Почвенная среда – верхний плодородный слой земной коры, в котором находятся семена, споры, корни растений, мелкие водоросли.

Организменная среда — это тело какого-либо живого организма, которое используется для жизни другим организмом (паразитом).

Почвенная среда



Повилика



Обвивается вокруг растений, отсасывает воду с растворенными в ней питательными веществами, тем самым ослабляет его, задерживает рост и развитие у растений-хозяев.

Экологические факторы -

это отдельные свойства или элементы среды, воздействующие на организмы.



Экологические факторы

По степени воздействия экологические факторы делят на **главные (ведущие)** и **второстепенные**.

Ведущий фактор – это фактор, который в **определенный период развития организма является наиболее необходимым**.

Например, в период прорастания злаков **ведущим фактором является температура при определенной влажности**. В период колошения и цветения — **почвенная влага**, в период созревания — **количество питательных веществ в почве**. **Роль ведущего экологического фактора может меняться**.

Экологические факторы

Экологические факторы могут оказывать на организм **прямое** действие и **косвенное**.

Прямые факторы - непосредственно влияют на обмен веществ и развитие организмов. Например, растение не может существовать без света, тепла, влаги, углекислого газа, питательных вещества почвы.

Косвенные факторы - воздействуют на организм через другие экологические факторы. Например, рельеф почвы не влияет непосредственно на функции растений, но влияет на накопление влаги в почве и тем самым косвенно влияет на развитие растений.

Ресурсы и условия

Ресурсы окружающей среды организмы используют, уменьшая их количество (пища, вода при ее дефиците, убежища, удобные места для размножения и т. п.)

Условия – это факторы, к которым организмы вынуждены приспособляться, но повлиять на них обычно не могут.

Один и тот же фактор среды может быть ресурсом для одних и условием для других видов. Например, свет – ресурс для растений, а для обладающих зрением животных – условие зрительной ориентации.

Экологические факторы

Абиотический



Биотический



Антропогенный



Абиотические факторы -

это факторы неживой природы, прямо или косвенно воздействующие на живые организмы (температура, свет, радиоактивное излучение, давление, влажность, ветер, рельеф местности и т.п.). К абиотическим факторам относят:

1. **Климатические** (температура, свет, влажность, атмосферное давление, осадки, ветер).
2. **Эдафические** (почвенно-грунтовые) - механический состав, воздухопроницаемость, плотность почвы
3. **Топографические** (орографические) – факторы рельефа.



Биотические факторы

это формы воздействия живых организмов друг на друга
(типы отношений между организмами)

*Соседи, соседи: жуки и медведи,
Орлы и козявки, деревья и травки.
Прожить без соседей — увы! — невозможно,
Иных обойдешь далеко, осторожно,
Иными, как раз, хорошо закусить,
А с теми под крышей теплее прожить.
Иные годятся для дальней дороги,
Другие поднимут тебя по тревоге,
А эти соседи помогут в беде.
Соседи, соседи — всегда и везде!*



**Советский зоолог Беклемйшев В.Н.
разделил биотические факторы
на 4 группы:**

- топические**
- трофические**
- фабрические**
- форические**



Топические связи

Связи, основанные на использовании местообитаний, носят название *топических* (греч. *τοπος* – место).

Например, топические связи возникают между животными и растениями, которые предоставляют им убежище или местообитание

- насекомые, прячущиеся в расщелинах коры деревьев или живущие в гнёздах птиц

- растения, поселяющиеся на стволах деревьев (**но не паразиты !!!**).

- топические взаимодействия складываются и между лишайником и деревом, кора которого служит для лишайника субстратом расположения.

- птицы используют деревья и кустарники как место для гнездования



Трофические связи

Самый распространённый тип межвидовых связей базируется на интересах питания. Такие связи носят название *пищевых* или *трофических* (греч. *троφή* – питание).

В данный тип связей выделяется питание одного организма другим или продуктами его жизнедеятельности (например, экскрементами) или мертвыми остатками (например, мёртвым органическим веществом).

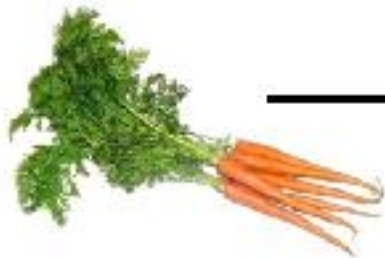
Этим типом связей объединяются растения и насекомые, опыляющие их цветки.

На базе трофических связей возникают цепи питания

Примером трофических связей: божья коровка, питающаяся тлей; корова, поедающая траву и т.п.



Примеры цепей питания (пастбищные цепи)



Фабрические связи

Выделяют также тип связей, которые носят название *фабрических* (лат. *fabricatio* – изготовление).

Особи одного вида используют для своих сооружений (фабрикаций) продукты выделения, мертвые остатки или даже живых особей другого вида.

Примеры фабрических связей: птицы строят гнезда из сухих веточек, травы, шерсти млекопитающих, перьев, пуха и т.п.).



Форические связи

Следующий тип связей носит название *форических* (лат. *φορῆς* –наружу, вон). Они возникают при транспортировке одних организмов (или органов) другими.

Примеры форических связей: рак отшельник переносит актинию; животные на шерсти переносят семена лопуха, птицы переносят споры, плоды, семена растений и т.п.).



Основные типы экологических взаимодействий живых организмов

(Ю. Одум, 1975 г.)

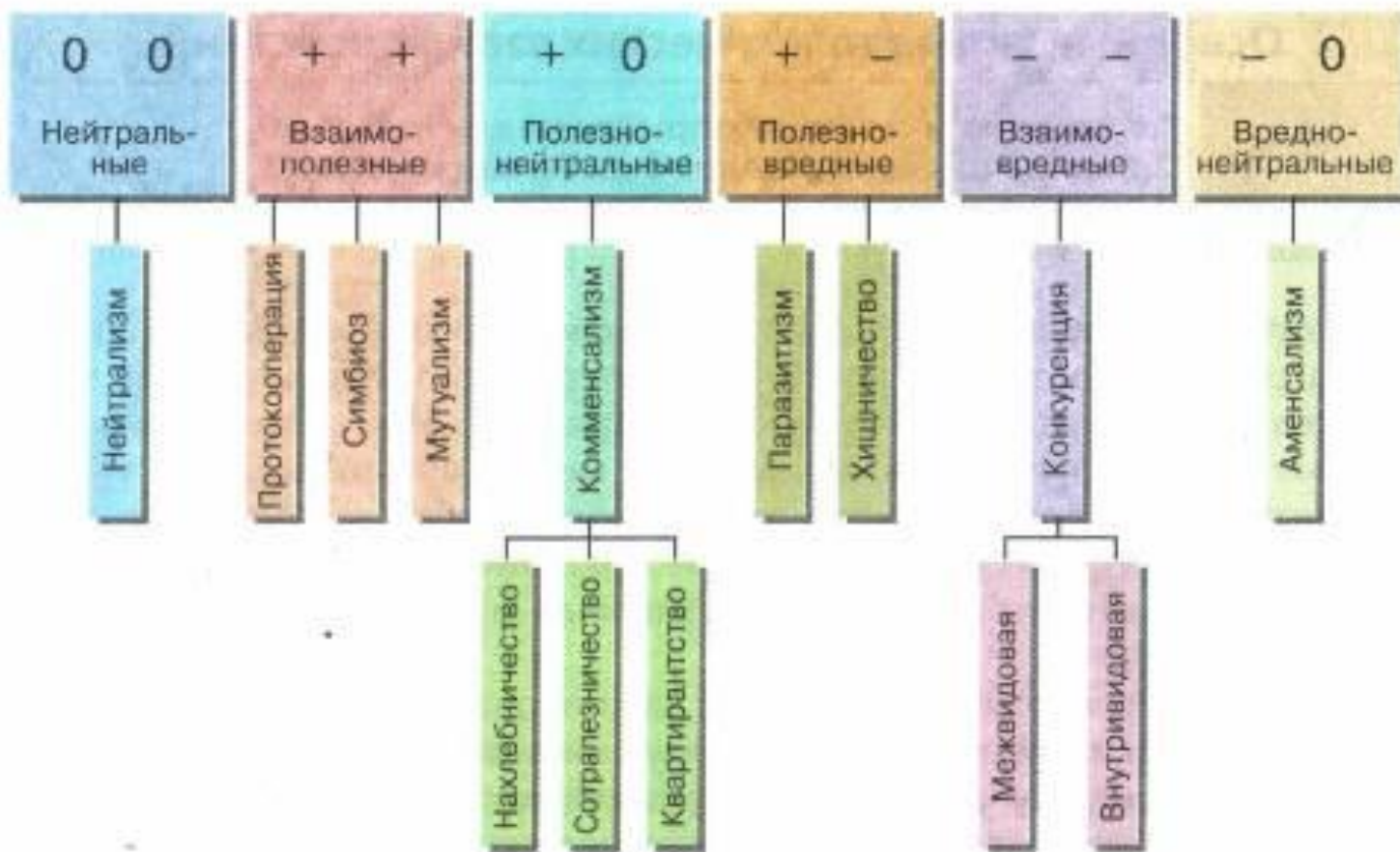


Рис. 124. Основные типы экологических взаимодействий

Симбиоз -

(от греч. сим - вместе, биос - жизнь) – любое совместное существование особей разных видов. Организм, который живет в симбиозе, называется **симбионт**. Выделяют следующие **типы симбиоза**:

по морфологическому параметру:

- **эндосимбиоз** – проникновение одного партнера внутрь другого (лишайники);
- **эктосимбиоз** – проникновения партнеров не наблюдается (эпифиты).

по степени зависимости партнеров:

- **факультативный** – совместное существование выгодно, но не обязательно для сожителей;
- **облигатный** – партнеры не могут существовать друг без друга.

по характеру трофических взаимодействий:

- **биотрофный** (источник питания – живые клетки партнера);
- **некротрофный** (источник питания – специально умерщвленные клетки);
- **сапротрофный** (источник питания – естественно погибшие клетки).

-по биологическому эффекту:

- **антагонистический** -организмы двух видов подавляют друг друга или один из них подавляет другой без ущерба для себя.
- **мутуалистический**;
- **комменсальный**

Взаимопользные отношения

Мутуализм -

это форма симбиоза, при которой присутствие каждого из двух видов становится обязательным для обоих, каждый из сожителей получает относительно равную пользу, и партнеры (или один из них) не могут существовать друг без друга.



Клубеньковые бактерии на корнях бобовых растений.



Микориза (грибокорень) — симбиотическая ассоциация мицелия гриба с корнями высших растений.

Взаимопользные отношения

Протокоопераця -

форма симбиоза, при которой совместное существование выгодно для обоих видов, но не обязательно для них.



Буйволые скворцы и копытные животные



Рак-отшельник и актиния

Полезно-нейтральные отношения

Комменсализм -

форма симбиоза, при которой один из сожительствующих видов получает какую-либо пользу, не принося другому виду ни вреда, ни пользы.

Разновидности комменсализма

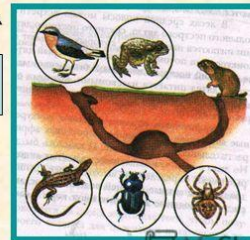


Грифы и лев



Эпифит

Обитатели норки сурка



- Нахлебничество;
- Сотрапезничество;
- Квартиранство.

Полезно-нейтральные отношения

Нахлебничество -

форма комменсализма, при которой один вид потребляет остатки пищи другого.



Рыбы-лоцманы поедают остатки пищи акул и других хищников



Гиены и птицы-падальщики (грифы, сипы, стервятники) подбирают остатки недоеденной львами добычи

Полезно-нейтральные отношения

Сотрапезничество -

форма комменсализма, при которой организмы делят друг с другом пищу. Находясь примерно в одних условиях они потребляют разные вещества или части одного и того же ресурса.



Утки лысухи, ныряя за водорослями, взмучивают ил, в котором много мелких организмов, лакомых для сазанов.



В саванне зебры питаются верхними сочными частями травы, а антилопы поедают низкие части, богатые протеинами и клетчаткой.

Полезно-нейтральные отношения
Квартиранство (синойкия) -

форма комменсализма, при которой один вид использует другой (его тело или его жилище) в качестве убежища или своего жилья.



Рыба горчак откладывает икру в мантию двустворчатого моллюска.



Растения-эпифиты поселяются на стволах и ветвях других растений.

Нейтральные отношения

Нейтрализм -

форма биотических отношений, при которой совместно обитающие на одной территории организмы не влияют друг на друга и не приносят друг другу ни вреда, ни пользы.

Например, белки и лоси не оказывают друг на друга значительных воздействий.



Нейтрально-вредные отношения

Аменсализм —

тип отношений, при котором один из совместно обитающих видов угнетает другой, не получая от этого ни вреда, ни пользы.



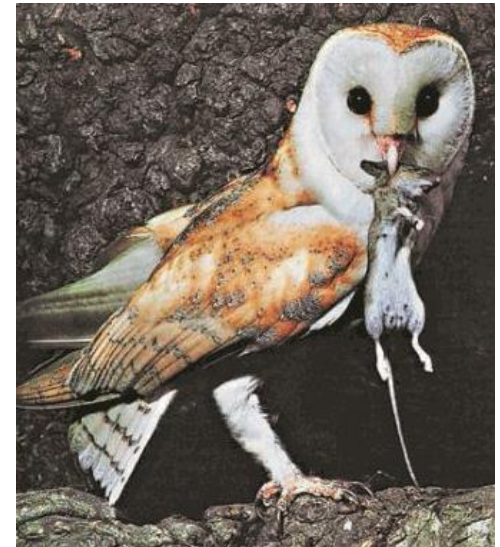
Деревья затеняют траву, трава же на деревья не влияет.



Полезно-вредные отношения

Хищничество -

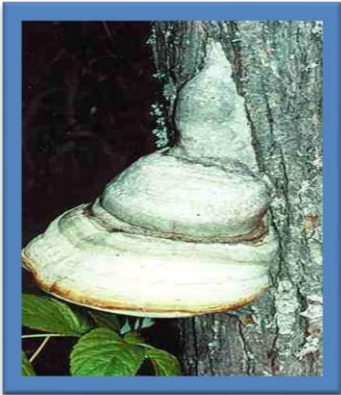
тип отношений, при котором представители одного вида (хищники) питаются представителями другого вида (жертвы).



Полезно-вредные отношения

Паразитизм -

тип отношений, когда представители одного вида (паразиты) используют питательные вещества или ткани особей другого вида (хозяина), в качестве источника питания и среды обитания.



**Гриб
трутовик**

Аскарида – круглый червь, паразитирующий в кишечнике позвоночных животных и человека.



Повилика

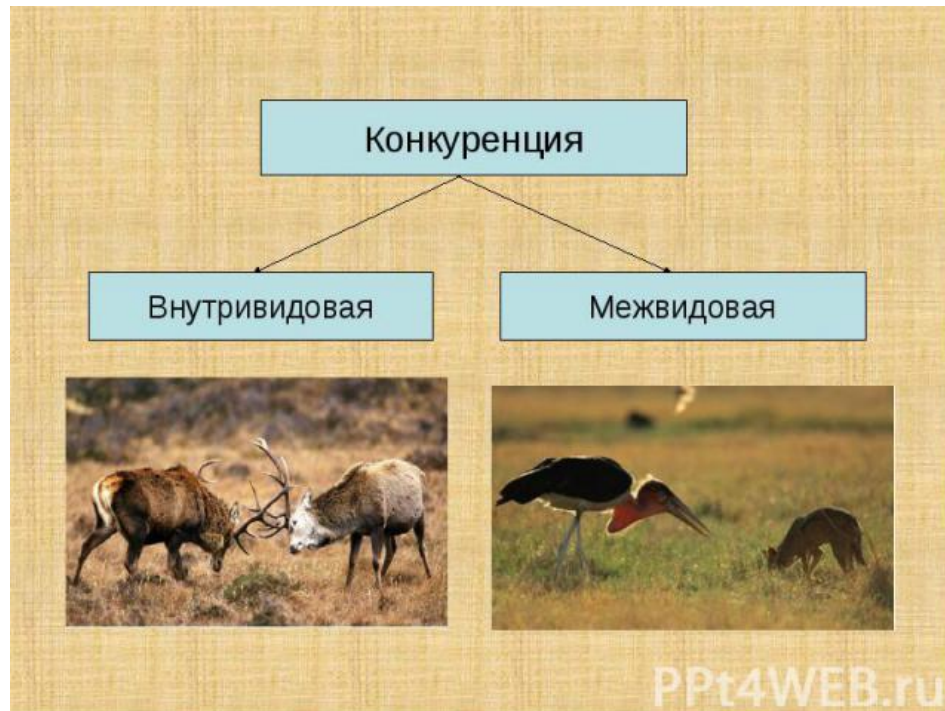


Обвивается вокруг растений, высасывает воду с растворенными в ней питательными веществами, тем самым ослабляет его, задерживает рост и развитие у растений-хозяев.

Взаимо-вредные отношения

Конкуренция -

тип биотических взаимоотношений, при котором организмы или виды соперничают друг с другом в потреблении одних и тех же обычно ограниченных ресурсов.

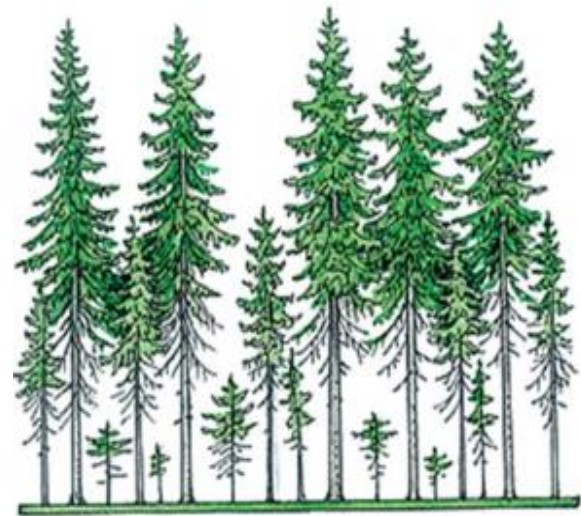


Взаимо-вредные отношения
Внутривидовая конкуренция -

**соперничество за одни и те же ресурсы,
происходящее между особями одного и того же
вида.**



**Олени в период
размножения соперничают
за самку.**



**В хвойном лесу деревья
одного возраста
соперничают за свет.**

Взаимо-вредные отношения

Межвидовая конкуренция -

соперничество за одни и те же ресурсы,
происходящее между особями разных видов.



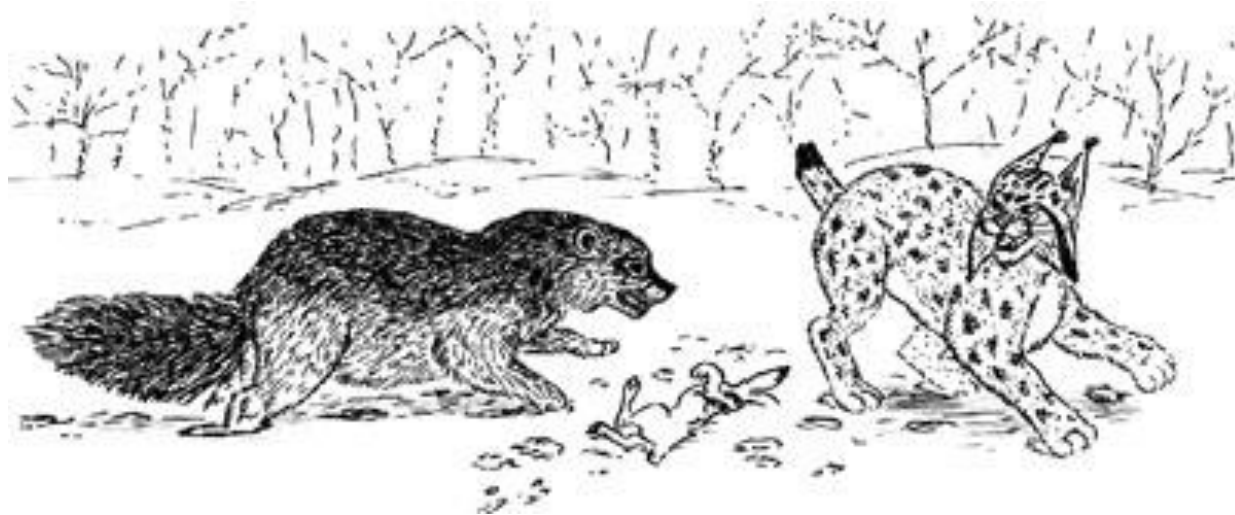
**И волки и лисы охотятся
на зайцев.**



**Вытеснение светолюбивых пород
деревьев хвойными.**

Значение биотических факторов:

- создают условия для круговорота веществ, без которого невозможна жизнь;
- регулируют численность видов;
- контролируют взаимоотношения между организмами;
- формируют устойчивость экологического сообщества;
- являются механизмом формирования видового состава сообществ и имеют значение для процесса эволюции.



Антропогенные факторы –

это формы деятельности человеческого общества, которые приводят к изменению природы как среды обитания других видов или непосредственно сказываются на их жизни.



По характеру воздействий антропогенные факторы делят на:

– **факторы прямого влияния** – это непосредственное (прямое) воздействие человека на организм (скашивание травы, вырубка леса, отстрел животных, отлов рыбы и т. д.);

– **факторы косвенного влияния** – это опосредованное (косвенное) воздействие на организм (загрязнение окружающей среды, разрушение местообитаний и т.д.).



Вырубка леса



Загрязнение окружающей среды

В зависимости от последствий воздействия антропогенные факторы делят на:

– *положительные* – факторы, которые улучшают жизнь организмов или увеличивают их численность (разведение и охрана животных, посадка растений, охрана окружающей среды и т. д.);

– *отрицательные* – факторы, которые ухудшают жизнь организмов или снижают их численность (вырубка деревьев, отстрел животных, разрушение местообитаний и т.д.).



Глобальные экологические проблемы

Ученые утверждают, что примерно с 1960-70-х гг. изменения окружающей среды под воздействием человека стали всемирными, т.е. затрагивающими все без исключения страны мира, поэтому их стали называть **глобальными**.

Среди них наиболее актуальны:

- изменение климата Земли;
- загрязнение воздушного бассейна;
- разрушение озонового слоя;
- истощение запасов пресной воды и загрязнение вод Мирового океана;
- загрязнение земель, разрушение почвенного покрова;
- оскудение биологического разнообразия



Проблемы экологии в России

Вырубка лесов

В стране процесс вырубки лесных массивов практически **бесконтрольный**, в ходе чего вырубаются сотни гектаров зеленой зоны.

Наиболее изменилась экология на северо-западе страны, стала актуальной проблема обезлесенья Сибири. Это приводит к вытеснению многих видов флоры и фауны из мест их обитания. Нарушается круговорот воды, климат становится более сухим и образуется парниковый эффект.



Проблемы экологии в России

Бытовые отходы

В среднем на каждого жителя России приходится 400 кг твердых бытовых отходов в год. Единственный выход – это переработка отходов (бумага, стекло).

Предприятий, которые занимаются утилизацией или переработкой отходов, к сожалению, действует в стране очень мало.



Проблемы экологии в России

Загрязнение воды и почвы

Промышленные и бытовые отходы загрязняют поверхностные и подземные воды, а также почву.

Ситуацию ухудшает то, что в стране слишком малое количество водоочистительных сооружений, а большинство эксплуатируемого оборудования устарело.

Сельскохозяйственная техника и удобрения истощают грунты. Существует еще одна проблема – это загрязнения морей разлившимися нефтепродуктами.

Ежегодно реки и озера загрязняют отходы химической промышленности. Все эти проблемы ведут к дефициту питьевой воды, поскольку многие источники непригодны даже для применения воды в технических целях. Также это способствует разрушению экосистем, вымирают некоторые виды растений, животных, рыб и птиц.



Проблемы экологии в России

Загрязнение воздуха

Выбросы промышленных отходов ухудшают состояние атмосферы. Негативно для воздуха сгорание автомобильного топлива, а также сжигание угля, нефти, газа, древесины. Вредные частицы загрязняют озоновый слой и разрушают его. Попадая в атмосферу, они вызывают кислотные дожди, которые в свою очередь загрязняют землю и водоемы. Все эти факторы являются причиной онкологических и сердечно-сосудистых заболеваний населения, а также вымирания животных и растений. Еще загрязнение воздуха способствует изменению климата, глобальному потеплению и увеличению ультрафиолетового солнечного излучения.



Проблемы экологии в России

Радиоактивное загрязнение

На многих атомных станциях оборудование устарело и ситуация приближается к катастрофической, ведь в любой момент может случиться авария.

Кроме того, недостаточно утилизируются радиоактивные отходы. Радиоактивное излучение опасных веществ вызывает мутацию и гибель клеток в организме человека, животного, растения. Загрязненные элементы попадают в организм вместе с водой, едой и воздухом, откладываются, и последствия облучения могут проявиться спустя время.



Антропогенные факторы – причина лесных пожаров

По данным МЧС России, около 90% лесных пожаров возникает по вине человека:

- из-за непотушенных сигарет
- неправильно разведенных костров
- перехода на лесные угодья весеннего пала травы или искр от автомобильного или железнодорожного транспорта
- реже пожары вызваны попаданиями молний

«Главным источником огня в тайге является человек — никаким сухим грозам, как одному из источников пожаров, с ним не сравниться», — заключает Алексей Ярошенко, биолог, руководитель лесного отдела «Greenpeace».



Антропогенные факторы – причина лесных пожаров

Площадь природных пожаров в Якутии в 2021г. достигла более 17 млн гектаров — это больше чем все другие пожары в мире вместе взятые, как минимум со времён появления первых спутниковых наблюдений за Землёй (с конца XX века). Впервые в истории человечества дым от лесных пожаров достиг Северного полюса.

Сравнивая данные за последние двадцать лет, специалисты отмечают, что масштабы лесных пожаров в таежных лесах России, неуклонно растут.

«Пожары таких масштабов ведут к деградации таежных ландшафтов, упрощению их пространственной структуры, сокращению биологического разнообразия, нарушению многих средообразующих и климаторегулирующих функций лесов»

А. Ярошенко

На восстановление сибирских лесов, погибших в результате лесных пожаров, потребуется по меньшей мере 100–120 лет.

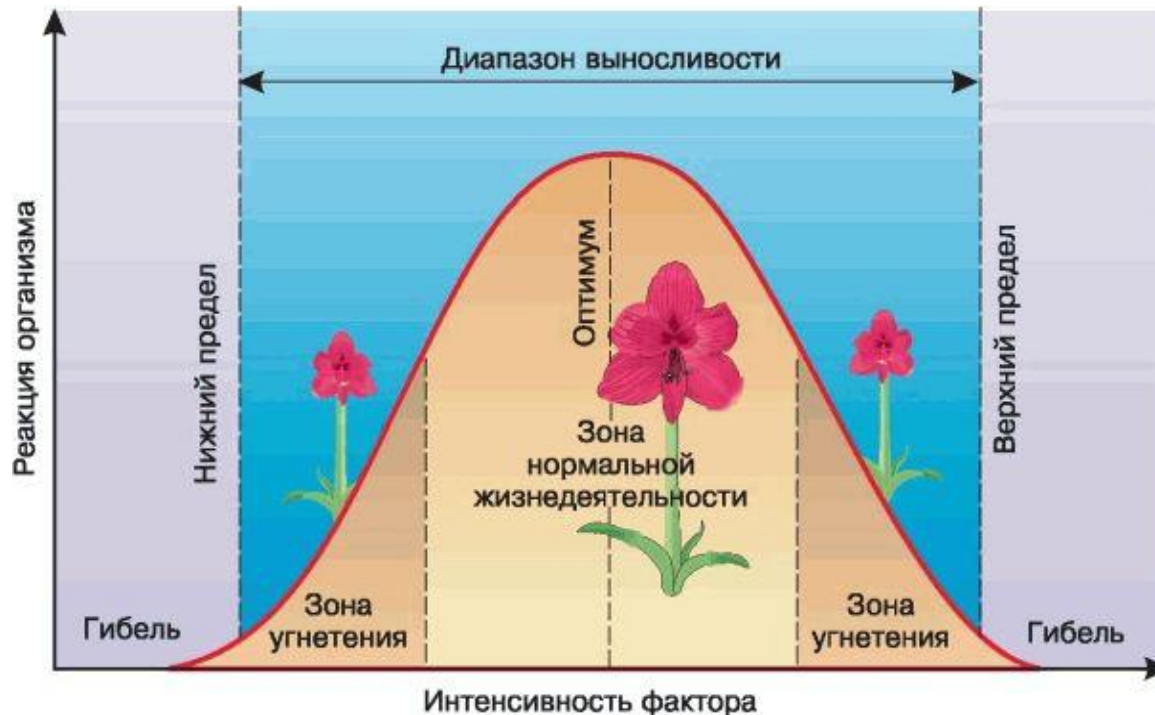
Закономерности воздействия экологических факторов на живые организмы



Закон оптимума

Каждый экологический фактор имеет определенные пределы положительного влияния на организм, при отклонении от которых наступает угнетение организмов, а по достижении критических значений - гибель.

График влияния силы фактора на интенсивность жизнедеятельности имеет форму параболы, где по горизонтали указывается **интенсивность воздействия фактора**, а по вертикали – **реакция организма на действие фактора**.



Закон оптимума

Зона оптимума или **оптимум** – благоприятная сила воздействия экологического фактора для организма.

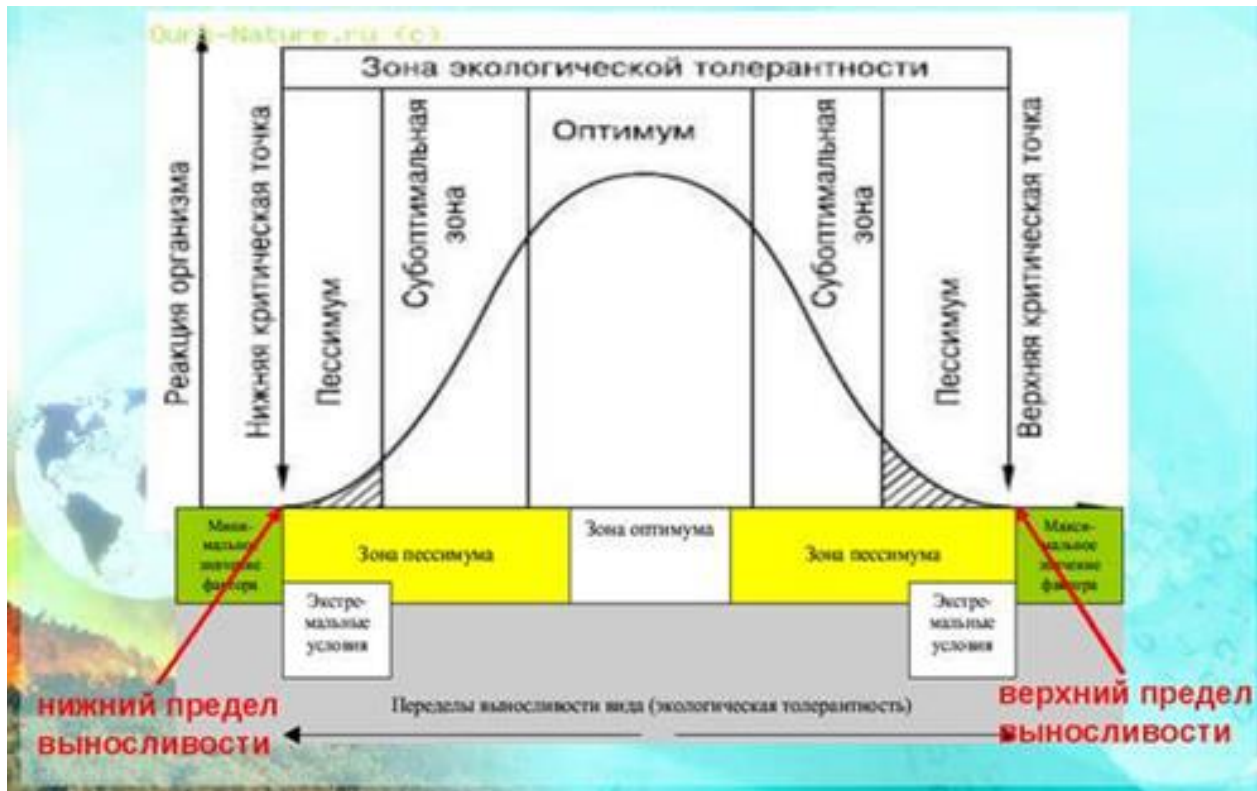
Зона пессимума или **пессимум** – угнетающее действие фактора на организм. Существование организма возможно, но характеризуется низкой жизнедеятельностью.



Закон оптимума

Критические точки – это максимально и минимально переносимые значения фактора, за пределами которых существование организма невозможно, наступает смерть.

Диапазон между критическими точками называют **экологической валентностью** или **толерантностью**. Он показывает степень выносливости организмов по отношению к изменениям данного фактора. Условия, приближающиеся к критическим точкам называются **экстремальными**.



Типы оптимумов вида

1. Аутэкологический (физиологический) оптимум вида – условия, при которых вид достигает максимального развития при отсутствии конкуренции.

2. Синэкологический (фитоценотический) оптимум вида – условия, при которых вид достигает максимального развития при наличии конкуренции.

Например, у сосны обыкновенной аутэкологический оптимум - умеренно влажные почвы, синэкологический оптимум - очень сухие и очень влажные почвы, в связи с вытеснением сосны более конкурентноспособной в этих условиях елью.

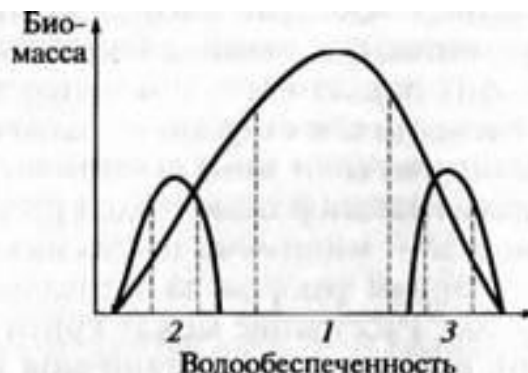


Рис. 3.3. Схема положения аутэкологического и синэкологических оптимумов сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*):

1 — аутэкологический оптимум; 2, 3 — синэкологический оптимум сосны обыкновенной.

Экологическая валентность (толерантность)



Песец обыкновенный –
эврибионтный вид
(эвритермный)



Веслоногие рачки –
стенобионтный вид (стенотермный)

Представители разных видов отличаются друг от друга по экологической валентности. Например, песцы выносят колебания температуры от -55 до $+30^{\circ}\text{C}$, а тепловодные веслоногие рачки от $+23$ до $+29^{\circ}\text{C}$.

Виды, имеющие широкую экологическую валентность называются эврибионтными.

- эвритермные – выносящие значительные колебания температуры;
- эврибатные – широкий диапазон давления;
- эвригалинные – разная степень засоления среды и т. п.

Виды, имеющие узкую экологическую валентность называются стенобионтными.

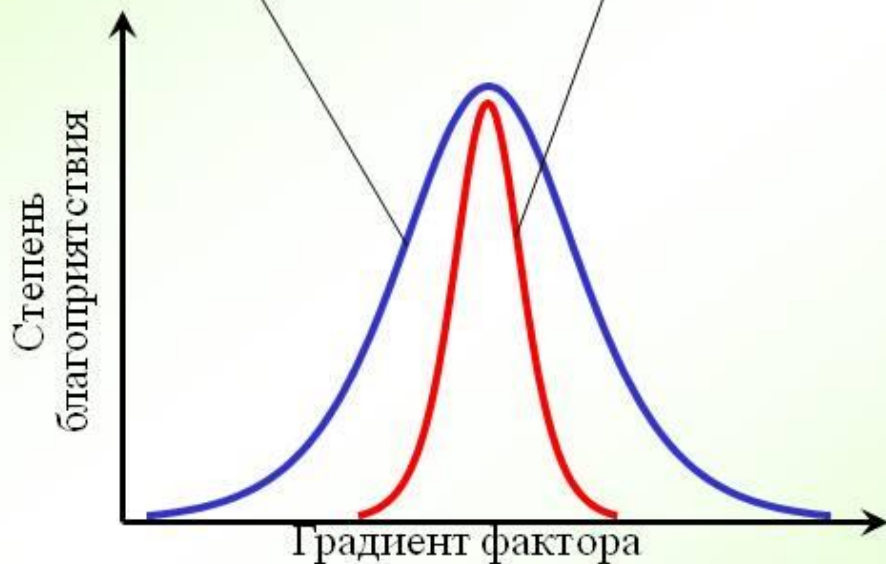
- стенотермные;
- стенобатные;
- стеногалинные и т. п.

Виды, имеющие среднюю экологическую валентность – мезобионтными.

Стенобионты и эврибионты

Эврибионтные виды – широкие пределы толерантности

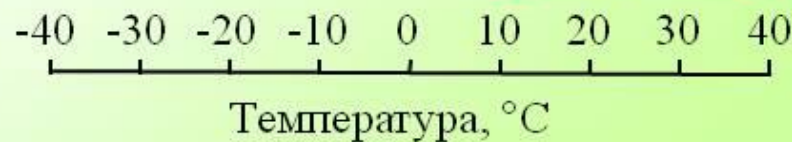
Стенобионтные виды – узкие пределы толерантности



Picea abies – эвритермный вид



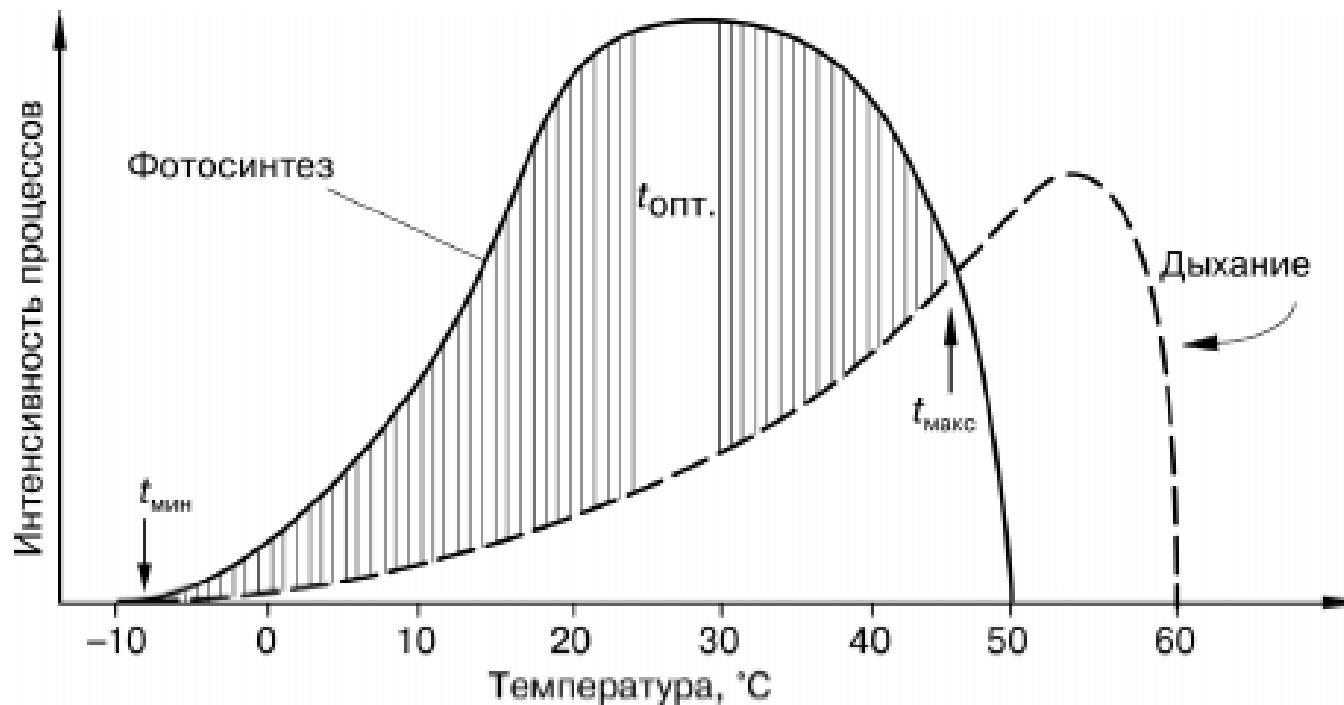
Тропические орхидеи – стенотермные виды



Закон селективного (неоднозначного) действия фактора

Каждый экологический фактор неодинаково влияет на разные функции организма: оптимум для одних процессов может являться пессимумом для других.

Например, у растений максимальная интенсивность фотосинтеза наблюдается при температуре $+25 - +35^{\circ}\text{C}$, а дыхания – $+55^{\circ}\text{C}$.



Правило относительной независимости приспособления организмов к разным функциям:

Степень выносливости к какому-нибудь фактору не означает соответствующей экологической валентности вида по отношению к остальным факторам.

Например, эвритермные виды могут быть стеногалинными, стенобатными или наоборот.

Набор экологических валентностей по отношению к разным факторам среды составляет **экологический спектр вида**.



Экологический спектр рачка *Holopedium gibberum*:

- мезотермный (по отношению к теплу)
- эвриацидный (по отнош. к кислороду)
- мезокальцидный (по отнош. к кальцию)
- эвригалинный (по отнош. к засолению)

Правило экологической индивидуальности видов – Л.Г. Раменский (1924)

Каждый вид специфичен по своим экологическим возможностям. Экологические спектры разных видов не совпадают. Даже у близких по способам адаптации к среде видов существуют различия в отношении к каким-либо отдельным факторам.

Виды экологически индивидуальны! Нет двух видов, идентичных по адаптивным возможностям.

Закон конкурентного исключения— Г. Ф. Гаузе (1932 г.)

Два вида, занимающие одну экологическую нишу, не могут сосуществовать в одном месте неограниченно долго. Неспособность вида к биотической конкуренции ведет к его оттеснению и необходимости приспособления к более трудным условиям и факторам.

Экологическая ниша — это совокупность факторов среды, в пределах которых обитает тот или иной вид организмов, его место в природе, в пределах которого данный вид может существовать неограниченно долго.



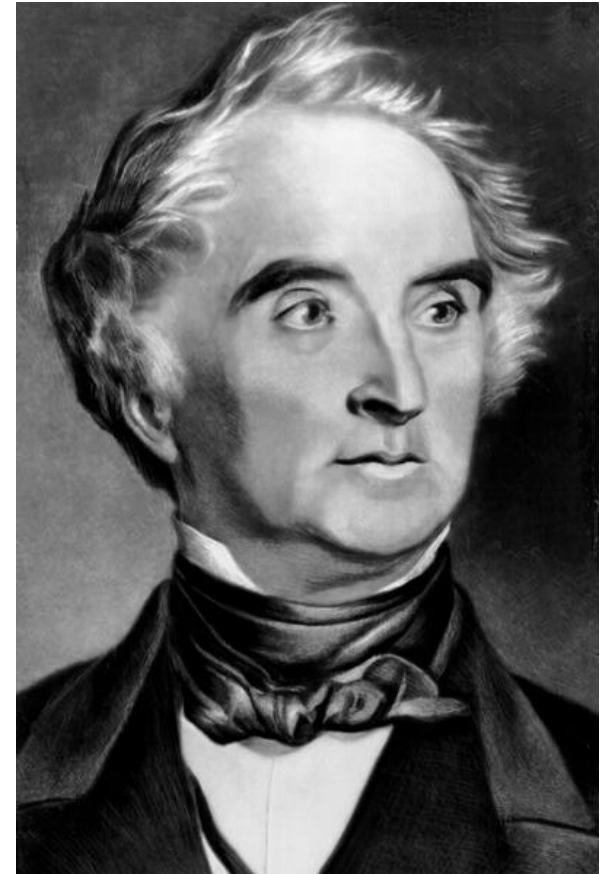
Гаузе
Георгий Францевич

Закон минимума - Ю. Либих (1842 г.)

Изучая минеральное питание растений, Либих сформулировал закон:

Величина урожая определяется количеством в почве того из элементов питания, потребность растения в котором удовлетворена меньше всего.

Например, если калия в почве всего 20% от того, что требуется растениям, то и урожай, несмотря на достаточное количество других элементов, не поднимется выше 20% от возможного.

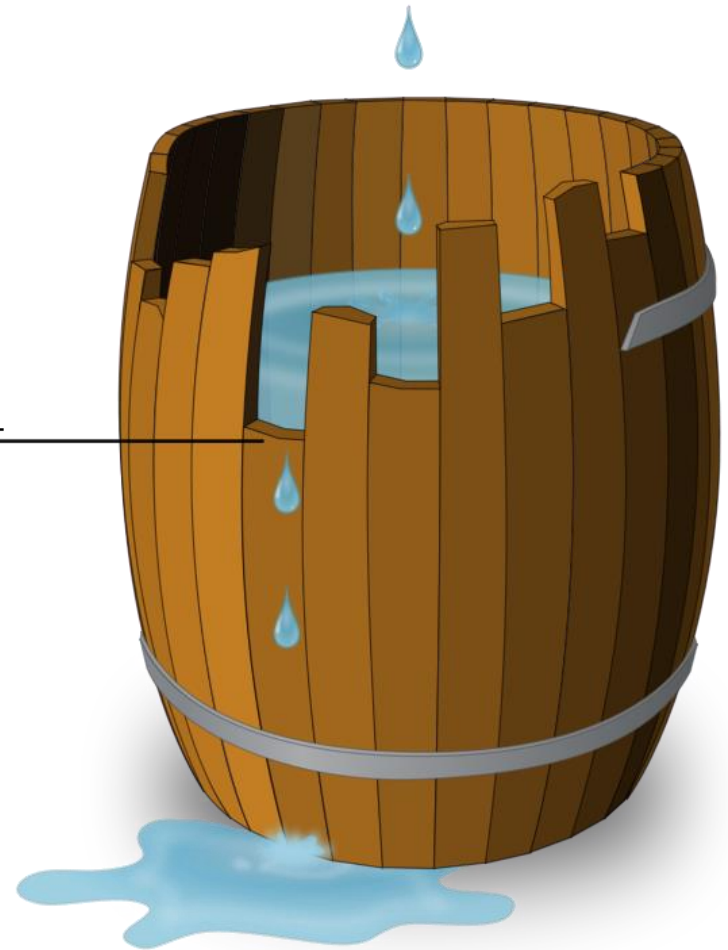


Юстас фон Либих

Закон минимума - Ю. Либих (1842 г.):

Суть модели:
вода при
наполнении бочки
начинает
переливаться
через
наименьшую
доску в бочке, и
длина остальных
досок уже не
имеет значения.

Minimum



«Бочка Либиха»

Принцип ограничивающего (лимитирующего) фактора - Ф. Блэкман (1909 г.):

Самое значительное влияние на организмы оказывает тот фактор, который в данном комплексе условий больше всего отклоняется от оптимума.

Если хотя бы один фактор выходит за пределы критических точек, то, несмотря на оптимальное сочетание других факторов существования организма становится невозможным!

Такие факторы называются *ограничивающими (лимитирующими)*.

Ограничивающие факторы определяют географический ареал вида.

Роль ограничивающих могут играть любые факторы (абиотические или биотические)



Ф. Блэкман

Положение о незаменимости факторов - В.Р. Вильямс (1949 г.)

Полное отсутствие в среде фундаментальных экологических факторов не может быть заменено другими факторами.

Например, зеленые растения не могут существовать без таких факторов, как свет, вода, углекислый газ. Ни один из указанных факторов не может быть заменен каким-либо другим.

Однако, при комплексном воздействии среды наблюдается **«эффект замещения»**, который проявляется в сходстве результатов воздействия разных факторов.

Например, свет не может быть заменен избытком тепла или обилием углекислого газа, но, воздействуя изменениями температуры, можно приостановить фотосинтез растений.

Факторы могут частично **взаимозамещать** друг друга, но не до бесконечности. Крайний дефицит тепла в полярных пустынях нельзя восполнить ни круглосуточной освещенностью, ни обилием влаги.

Знание закономерностей взаимодействия экологических факторов имеет важное значение т.к. дает возможность разрабатывать различные пути решения актуальных экологических проблем!!!



Спасибо за внимание!

