

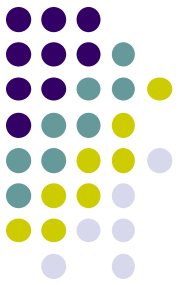
# Биогеоценозы. Микроорганизмы и их биосферное значение

## Лекция 10

Лектор: Давыдова Ольга Константиновна, к.б.н., доцент

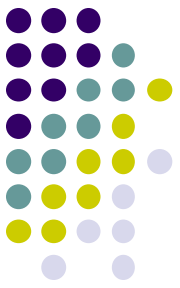


# План лекции:



- Понятие экосистемы / биогеоценоза
- Состав и структура
- Преобразование экосистем
- Примеры экспериментальных замкнутых экосистем
  - Год в «Звездолете»
  - БИОС-1 и БИОС-3
  - Биосфера-2
  - Марс-500 и Mars One

# Понятие экосистемы / биогеоценоза



- **Экосистема** — биологическая система (биогеоценоз), состоящая из сообщества живых организмов (биоценоз), среды их обитания (биотоп), системы связей, осуществляющей обмен веществом и энергией между ними.
- — система физико-химико-биологических процессов (А. Тенсли, 1935).
- Главными свойствами биоценозов, отличающих их от неживых компонентов, является **способность продуцировать живое вещество**, обладать **саморегуляцией и самовоспроизводимостью**. В биоценозе отдельные виды, популяции и группы видов могут заменяться соответственно другими без особого ущерба для содружества, а сама система существует за счет уравнивания сил антагонизма (конкуренции) между видами.
- Между понятиями «экосистема» и «биогеоценоз» нет никакой разницы. Однако биогеоценоз может служить аналогом экосистемы на начальном уровне. В определении термина биогеоценоз перечисляются конкретные биотические и абиотические компоненты, в то время как определение экосистемы носит более общий характер.

# Состав и структура



- Компоненты биогеоценоза не просто существуют рядом, а активно взаимодействуют между собой. Главными и обязательными компонентами являются **биоценоз** и **экотоп** (биотоп).
- **Биоценоз** – совокупность совместно обитающих трех компонентов: фито-, зоо- и микробиоценоз.
- **Экотоп** – место жизни или среда обитания биоценоза, некое "географическое" пространство.
- **Биотоп** - это экотоп, преобразованный биоценозом для «себя».

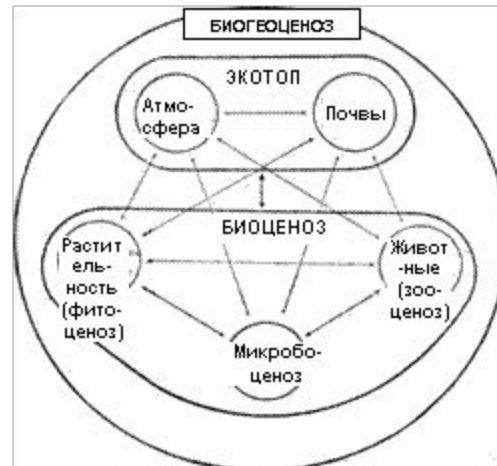


Рис. 4. Схема биогеоценоза по В.Н. Сукачеву (1945, 1964)

# Преобразование экосистем



- Преобразованные человеком экосистемы, называемые «искусственными экосистемами».
- Ранее допускалось, что при деформировании естественного механизма регуляции окружающей среды биосферы выше допустимого возможна его замена искусственной системой регуляции. Сейчас уже очевидна нереальность такой замены, так как для этого необходимо создать управляющую систему невиданного масштаба и точности.
- Химизация окружающей среды привела к нарушению циклов многих элементов в биосфере, возникли циклы, отсутствовавшие в природе. При сельскохозяйственной деятельности, освоении новых территорий происходит ускоренная минерализация ранее накопленного органического вещества и биомассы растений. На полях происходит искусственное размыкание потока биогенных элементов вследствие изъятия урожаев. Антропогенные потоки ряда элементов превысили их природные потоки. Человечество использует во всевозрастающем объеме энергию ископаемого топлива. Полезные ископаемые добываются, перерабатываются, и после частичного использования превращаются в отходы.

# Экспериментальные замкнутые экосистемы



- **Биосфероподобные системы** – искусственные замкнутые экосистемы, в которых сформированы и функционируют вещественно-обменные циклы, имеющие высокую степень подобия глобальным вещественно-обменным циклам биосферы.
- В замкнутых экосистемах любые отходы жизнедеятельности одного биологического вида должны быть утилизированы как минимум одним другим видом. Следовательно, если преследуется цель поддержания жизни человека, то все отходы жизнедеятельности человека должны быть в конечном итоге преобразованы в кислород, пищу и воду.
- Замкнутая экосистема обязана иметь в своём составе как минимум один аутотрофный организм. На данный момент практически все замкнутые экосистемы основаны на фототрофах, таких как зелёные водоросли.

# Примеры замкнутых экосистем



- **Крупный масштаб**

Биосфера-2

- **Средний масштаб**

БИОС-3

- **Малый масштаб**

Герметичные аквариумы со специально подобранными параметрами

Экосистема в бутылке



В 1960 г. британец Дэвид Латимер просто из праздного любопытства решил посадить в большую стеклянную бутылку саженцы традесканции. Латимер налил компостную массу, при помощи куска проволоки осторожно опустил саженцы внутрь емкости и выделил растениям всего 0,12 л воды. Из четырех саженцев выжил один. Через 12 лет он еще раз полил традесканцию и наглухо запечатал бутылку.

# Год в «Звездолете»



- Первый в истории эксперимент по имитации инопланетной жизни был проведён секретно в конце 1967 года в Институте медико-биологических проблем и вошёл в историю под названием «Год в “Звездолёте”»
- 3 человека в течении 366 дней испытывали не только работу систем жизнеобеспечения в замкнутом пространстве, но и крайние грани возможностей человеческого организма
- На площади 3 на 4 м разместились стол, плита, велоэргометр, три полки для сна и санузел. В модуле – замкнутая система жизнеобеспечения. Вода и воздух – ограниченный минимум, пополняемый за счёт системы внутренней регенерации. На каждого испытуемого – одно ведро воды на 10 дней, плюс её добывание из «общественно-кухонных» отходов. В качестве питания – консервы, сублимированное мясо и овощи. Калорийность питания не превышала 1000 калорий в сутки.







- В состав комплекса входила оранжерея высших растений. Она помещалась в подстыкованном к обитаемому гермообъему блоке и имела посевную площадь, равную 7,5 м<sup>2</sup>, в 2 яруса. Мощные ксеноновые лампы заливали посевную площадь светом, имитируя Солнце, которое светило непрерывно в течение 14 суток, после чего был 14-суточный темный период, как на Луне. Поэтому комплекс также носил секретное название Лунный.
- Растения выращивались на ионообменных смолах, предварительно насыщенных микроэлементами, необходимыми для нормального роста. Выращивались укроп, капуста хибинская, кресс-салат, огуречная трава.
- В каждую кювету высевались семена только одного из 4 видов растений, и начиная с 4 дня через день испытатели начинали снимать урожай каждый раз с четырех кювет. Таким образом, в каждые «лунные» сутки испытатели в течение 10 дней непрерывно получали свежие овощи с витаминами, а на 14-е сутки у них еще оставался запас на «ночь». Так за 10 лунных суток было собрано более центнера овощей. Наиболее урожайной оказалась огуречная трава: на 14-й день ее урожай составлял свыше 4,0 кг/м<sup>2</sup>. Кресс-салат в этом возрасте давал 2—3 кг/м<sup>2</sup>, капуста хибинская — свыше 2,0 кг/м<sup>2</sup>, а укроп не более 2,0 кг/м<sup>2</sup>. Работая в режиме конвейера, такая оранжерея обеспечивала для каждого испытателя до 150 г свежей зелени.
- В процессе эксперимента была установлена принципиальная возможность выращивания высших растений в среде замкнутого объема при пребывании в нем человека и многократном использовании воды. Первоначальный запас воды составлял одну тонну. За время эксперимента через почву (испарение) и растения (транспирация) прошло более 7 тонн воды.

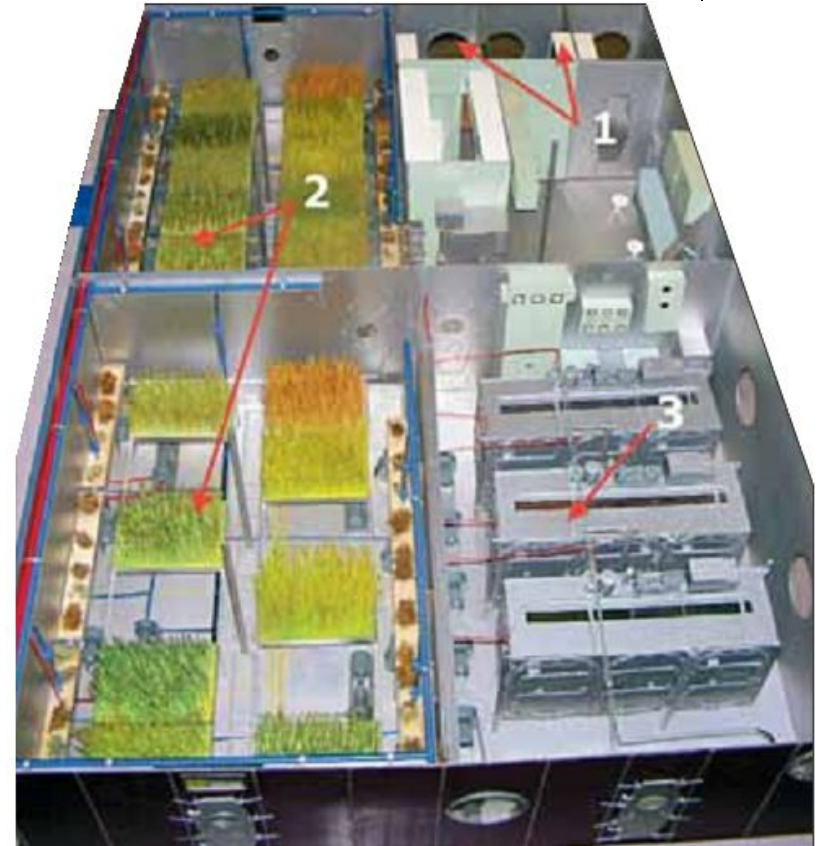
# БИОС-3



- В 1972 году в подвале красноярского Института биофизики провели 180-суточный эксперимент с 3 испытателями. Стальной герметичный корпус 14×9 х 2,5 м в форме прямоугольного параллелепипеда был разделен на равные герметичные отсеки. В двух из которых — высшие растения, в другом — одноклеточные водоросли, а в последнем — три комнаты, кухня-столовая, душ, туалет, входной шлюз и общее помещение, используемое как лаборатория, мастерская и комната отдыха.
- Водоросли и теплицы, где росли карликовая пшеница, соя, чуфа, морковь, редис, свекла, картофель, огурцы, щавель, капуста, укроп и лук освещались УФ-лампами. Комплекс оказался на 100% автономен по кислороду и воде и на 80% по пище. Помимо продуктов собственного огородничества потенциальным космонавтам была положена стратегическая тушенка. Большим недостатком оказалось отсутствие энергетической автономности — она использовала 400 кВт внешней электроэнергии ежедневно.
- Особую проблему представляли микроорганизмы. Конечно, были приняты меры по устранению болезнетворных микробов, но трудность представляла сложная и плохо изученная микрофлора почвы, в естественных условиях выполняющая функцию разложения органических остатков. Поскольку эта микрофлора не поддавалась расчету, решено было вовсе устранить почву, выращивая растения гидропонным способом (в воде). Предполагалось, что в системе останутся лишь "постоянные спутники человека" — микроорганизмы, обычно живущие в его организме и выполняющие некоторые важные функции; их распространение вне организма не считалось опасным, и, как обнаружилось, при расчетах ими можно было пренебречь.



- На одного человека в системе приходилось 14 кв.м. площади растений, что иллюстрирует возможности "компактизации" сельского хозяйства при использовании современных технологий. На все работы по жизнеобеспечению члены экипажа тратили в среднем два часа в сутки. На долю каждого приходилось около 200 грамм зерна (выпекался хлеб) и около 400 грамм свежих овощей.
- Продукты жизнедеятельности человека подвергались минерализации и частично поступали в культиваторы с хлореллой. Бытовые стоки, образующиеся в результате мытья и стирки, шли на полив пшеницы и овощей. В качестве питьевой воды использовался конденсат, образующийся в фитотронах и культиваторах хлореллы. Эта вода предварительно пропусклась через фильтры, содержащие ионообменные смолы и активированный уголь.

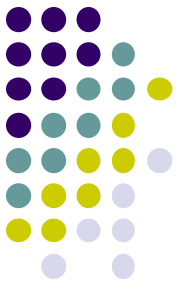


Макет БИОС-3: 1 – жилая часть: три кабины для экипажа, санитарно-гигиенический модуль, кухня-столовая; 2 – фитотроны с высшими растениями: два с площадями посева 20 м<sup>2</sup> в каждом; 3 – водорослевый культиватор: три фотобиореактора объемом 20 л каждый для выращивания *Chlorella vulgaris*.

# Биосфера-2



- "Биосфера-2» не проектировалась как реальный прототип космических систем жизнеобеспечения, хотя рекламировали создаваемую систему, как прообраз будущих поселений на других планетах. Предприятие финансировалось частными лицами и стоило 162 миллиона долларов.
- Сооружение в пустыне Аризона имело высоту в 15 м и объем около миллиона куб.м (в три тысячи раз больше "Биоса-3"). Сверху "Биосфера-2" накрыта металлической конструкцией со стеклами, под землей – отделена от грунта листами нержавеющей стали. Эту систему не удалось полностью изолировать: было 5 – 7% обмена с атмосферой. Растения в "Биосфере-2" осуществляют фотосинтез за счет солнечного света. Поступающая солнечная энергия в конце концов переходит в тепло. Для охлаждения в системе имеется огромный подземный кондиционер, который также превращает в воду содержащийся в атмосфере водяной пар. Чтобы оболочка системы не разрушалась при изменениях атмосферного давления, в конструкции предусмотрен подвижный компенсатор разности давлений внутри и снаружи оболочки.
- Собраны типичные компоненты земной биосферы: тропический ("дождевой") лес, саванна, океан с коралловым рифом, мелководное прибрежное море и агроферма. 8 бионавтов и около 4 тысяч разнообразных представителей фаун, включая коз, свиней и кур, должны были прожить под куполом 2 года на полном самообеспечении, за исключением потребления электроэнергии. Для людей есть жилые помещения, аналитическая лаборатория, пункты медицинской и ветеринарной помощи, оборудование для обработки пищевых продуктов, мощная компьютерная система, хорошо оборудованная мастерская по техническому обслуживанию и текущему ремонту, помещение для занятий физкультурой, а также средства для видеосвязи.

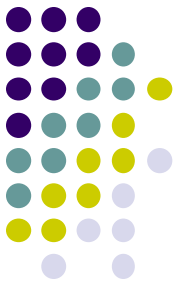


- В "Биосфере-2" наблюдалось падение концентрации кислорода и повышение содержания углекислого газа, что скорее всего было связано с непредсказуемой деятельностью бактерий почвы. Хотя дважды закачивали извне кислород, в конце концов значительное снижение концентрации кислорода сделало дальнейшее пребывание людей в системе невозможным.
- Произошли вспышки массового размножения некоторых сельскохозяйственных вредителей (тараканов и моли), уничтоживших часть урожая.
- В настоящее время дополнительным источником дохода являются туристы, их число примерно 250 тыс/год. Каждый платит за посещение комплекса 10 долларов.





# Марс-500



- Проект Института медико-биологических проблем РАН имитировал пилотируемый полёт на Марс с возвращением на Землю, который продлился 520 дней (3 июня 2010 года – 4 ноября 2011 года). На Марс «полетели» 6 добровольцев.
- Во время эксперимента участники пили именные пробиотики, которые были выращены из их собственной микрофлоры ещё до старта. Они помогали организму справляться с вредоносными микроорганизмами, вызывающими проблемы с пищеварением. Душ – не чаще чем раз в 10 дней, зато микробиологи обеспечили испытателей посеребрённым бельем.

