

Тема: Экология сообществ. Экосистемы

ПЛАН

1. Определение понятия «биоценоз».
2. Видовая структура биоценоза.
3. Пространственная структура биоценоза.
4. Концепция экосистемы
5. Продуцирование и разложение в природе.

Когда речь идет об экосистемах, под биотическим сообществом понимается биоценоз, поскольку сообщество представляет собой население биотопа — места жизни биоценоза.

Биоценоз — это надорганизменная система, состоящая из трех компонентов: растительности, животных и микроорганизмов. В такой системе отдельные виды, популяции и группы видов могут заменяться соответственно другими без особого ущерба для содружества, а сама система существует за счет уравнивания сил антагонизма между видами. Стабильность сообщества определяется количественной регуляцией численности одних видов другими, а его размеры зависят от внешних причин — от величины территории с однородными абиотическими свойствами, т. е. биотопа. Функционируя в непрерывном единстве биоценоз и биотоп образуют биогеоценоз. Границы биоценоза совпадают с границами биотопа и, следовательно, с границами экосистемы. Биотическое сообщество (биоценоз) — это более высокий уровень организации, чем популяция, которая является его составной частью. Биоценоз обладает сложной внутренней структурой. Выделяют видовую и пространственную структуры биоценозов. Для существования сообщества важна не только величина численности организмов, но еще важнее видовое разнообразие, которое является основой биологического разнообразия в живой природе. Согласно Конвенции о биологическом разнообразии Конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992) под биоразнообразием понимается разнообразие в рамках вида, между видами и разнообразие экосистем.

Разнообразие в рамках вида является основой стабильности в развитии популяций, разнообразие между видами и, следовательно, популяциями — основа существования биоценоза как основной части экосистемы.

Видовая структура биоценоза. Видовая структура биоценоза характеризуется видовым разнообразием и количественным соотношением видов, зависящих от ряда факторов. Главными лимитирующими факторами являются температура, влажность и недостаток пищевых ресурсов. Поэтому биоценозы (сообщества) экосистем высоких широт, пустынь и высокогорий наиболее **бедны** видами. Здесь могут выжить организмы, жизненные формы которых приспособлены к таким условиям. **Богатые** видами биоценозы — тропические леса, с разнообразным животным миром и где трудно найти даже два рядом стоящих дерева одного вида.

Обычно бедными видами природные биоценозы считаются, если они содержат десятки и сотни видов растений и животных, богатые — это несколько тысяч или десятки тысяч видов. Богатство видового состава биоценозов определяется либо относительным, либо абсолютным числом видов и зависит от возраста сообщества: молодые, только начинающие развиваться — бедны видами по сравнению со зрелыми или климаксными сообществами.

Видовое разнообразие — это число видов в данном сообществе или регионе, т. е. имеет более конкретное содержание и является одной из важнейших как качественных, так и количественных характеристик устойчивости экосистемы. Оно взаимосвязано с разнообразием условий среды обитания. Чем больше организмов найдут в данном биотопе подходящих для себя условий по экологическим требованиям, тем больше видов в нем поселится.

Видовое разнообразие в данном местообитании называют α -разнообразием, а сумму всех видов, обитающих во всех местообитаниях в пределах данного региона, β -разнообразием. Показателями для количественной оценки видового разнообразия, **индексами разнообразия** обычно служит соотношение между числом видов, значениями их численности, биомассы, продуктивности и т. п., или отношение числа видов к единице площади.

Важным показателем является количественное соотношение числа видов между собой. Одно дело, когда среди ста особей содержится пять видов в соотношении 96:1:1:1:1, и другое, если они

соотносятся как 20:20:20:20:20. Последнее соотношение явно предпочтительнее, так как первая группировка значительно однообразнее.

Наиболее благоприятные условия для существования множества видов характерны для переходных зон между сообществами, которые называют жетонами, а тенденцию к увеличению здесь видового разнообразия называют краевым эффектом.

Экотон богат видами прежде всего потому, что они попадают сюда из всех приграничных сообществ, но, кроме того, он может содержать и свои характерные виды, которых нет в этих сообществах. Ярким примером этого является лесная «опушка», на которой пышнее и богаче растительность, гнездится значительно больше птиц, больше насекомых и т. п., чем в глубине леса.

Виды, которые преобладают по численности, называют доминантными, или просто — доминантами данного сообщества. Но и среди них есть такие, без которых другие виды существовать не могут. Их называют эдификаторами (лат. — «строители»). Они определяют среду (микроклимат) всего сообщества и их удаление грозит полным разрушением биоценоза. Как правило, эдификаторами выступают растения: сосна, кедр, ковыль и лишь изредка — животные (сурки).

«Второстепенные» виды — малочисленные и даже редкие — тоже очень важны в сообществе. Их преобладание — это гарантия устойчивого развития сообществ. В наиболее богатых биоценозах практически все виды малочисленны, но чем бедней видовой состав, тем больше видов доминантов. При определенных условиях могут быть «вспышки» численности отдельных доминантов.

Для оценки разнообразия используют и другие показатели, которые значительно дополняют вышеуказанные. Обилие вида — число особей данного вида на единицу площади или объема занимаемого ими пространства. Степень доминирования — отношение (обычно в процентах) числа особей данного вида к общему числу всех особей рассматриваемой группировки.

Однако оценка биоразнообразия биоценоза в целом по численности видов будет неправильной, если мы не учтем размеры организмов. Ведь в биоценоз входят и бактерии, и макроорганизмы. Поэтому необходимо организмы объединять в группировки, близкие по размерам. Здесь можно подходить и с точки зрения систематики (птицы, насекомые, сложноцветные и т. п.), эколого-морфологический (деревья, травы, мхи и т. п.), либо вообще по размерам (микрофауна, мезофауна и макрофауна почв или илов и т. п.). Кроме того, следует иметь в виду, что внутри биоценоза существуют еще и особью структурные объединения — консорции.

Чаще всего центральными членами консорции являются растения. Возникают консорции на основе тесных разноплановых взаимоотношений между видами.

Пространственная структура биоценоза. Виды в биоценозе образуют и определенную пространственную структуру, особенно в его растительной части — фитоценозе.

Ярусность. Например, в широколиственных лесах можно выделить пять — шесть ярусов: первый — деревья первой величины (дуб, липа, вяз); второй — деревья второй величины (рябина, яблоко, груша, черемуха и др.); третий — подлесок кустарниковый (крушина, жимолость, бересклет и др.); четвертый состоит из высоких трав, а пятый и шестой, соответственно, из более низких трав. Ярусность позволяет растениям более полно использовать световой поток — в верхних ярусах светолюбивые, в нижних — теневыносливые и, в самом вязу, улавливают остаток света тенелюбивые растения. Ярусность выражена и в травянистых сообществах, но не столь явно, как в лесах.

В вертикальном направлении, под воздействием растительности, изменяется среда, включая не только выравнивание и повышение температуры, но и изменение газового состава за счет изменения направления потоков углекислого газа ночью и днем, выделения сернистых газов хемосинтезирующими бактериями и т. п. Изменения среды способствуют образованию и определенной ярусности фауны — от насекомых, птиц и до млекопитающих.

Помимо ярусности в пространственной структуре биоценоза наблюдается **мозаичность** — изменение растительности и животного мира по горизонтали. Площадная мозаичность зависит от разнообразия видов, количественного их взаимоотношения, от изменчивости ландшафтных и почвенных условий. Мозаичность может возникнуть и искусственно — в результате вырубки лесов человеком. На вырубках формируется новое сообщество.

Видовая структура биоценозов, пространственное распределение видов в пределах биотопа, во многом определяется взаимоотношениями между видами, между популяциями.

Концепция экосистемы. «Любая единица (биосистема), включающая все совместно живущие организмы (биотическое сообщество) на одном участке и взаимодействующая с физической средой таким образом, что поток энергии -создает четко определенные биотические структуры в круговорот веществ между живой и неживой частями, представляют собой **экологическую систему**, или экосистему.

Главным предметом исследования при экосистемном подходе в экологии становятся процессы трансформации вещества и энергии между биотой и физической средой, т. е. возникающий биогеохимический круговорот веществ в экосистеме в целом. Это позволяет дать обобщенную интегрированную оценку результатов жизнедеятельности сразу многих отдельных организмов многих видов, так как по биогеохимическим функциям,

В настоящее время концепция экосистемы — одно из наиболее важных обобщений биологии — играет весьма важную роль в экологии. Во многом этому способствовали два обстоятельства, на которые указывает Г. А. Новиков (1979): во-первых, экология как научная дисциплина созрела для такого рода обобщений в они стали жизненно необходимы, а во-вторых, сейчас как никогда остро встали вопросы охраны биосферы и теоретического обоснования природоохранных мероприятий, которые опираются прежде всего на концепцию биотических сообществ — экосистем. Кроме того, как считает Г. А. Новиков, распространение идеи экосистемы способствовала гибкость самого понятия, так как к экосистемам можно относить биотические сообщества любого масштаба с их средой обитания — от пруда до Мирового океана, и от пня в лесу до обширного лесного массива, например тайги. В связи с этим выделяют: микроэкосистемы (подушка лишайника и т. п.); мезоэкосистем (пруд, озеро, степь и др.); макроэкосистемы (континент, океан) и, наконец, глобальную экосистему (биосфера Земли) или экосферу — интеграция всех экосистем мира.

Типичным примером экосистемы может быть подушка лишайника на стволе дерева. Замкнутость круговорота в такой системе не велика: часть продуктов распада выносится за пределы лишайника дождевыми водами, часть животных мигрирует в другие местообитания.

Границы этой экосистемы очерчены границами лишайника, но ее существование будет достаточно стабильным, если вынос будет компенсироваться поступлением вещества. Но есть экосистемы, в которых внутренний круговорот вещества вообще малоэффективен — реки, склоны гор — здесь стабильность поддерживается только перетоком вещества извне. Многие системы достаточно автономны — пруды, озера, океан, леса и др. Но даже биосфера Земли часть веществ отдает в космос и получает вещества из космоса.

Таким образом, природные экосистемы — это открытые системы: они должны получать и отдавать вещества и энергию.

Запасы веществ, усвояемые организмами и, прежде всего, продуцентами, в природе неограничны. Если бы эти вещества не использовались многократно, а точнее не были бы вовлечены в этот вечный круговорот, то жизнь на Земле была бы вообще невозможна. Такой **«бесконечный» круговорот биогенных компонентов** возможен лишь при наличии функционально различных групп организмов, способных осуществлять и поддерживать поток веществ, извлекаемых ими из окружающей среды.

Для поддержания круговорота веществ в экосистеме необходимы неорганические молекулы в усвояемой для продуцентов консументы, питающиеся продуцентами и другие связи.

С точки зрения пищевых взаимодействий организмов, трофическая структура экосистемы делится на два яруса: 1) верхний — автотрофный ярус, или «зеленый пояс», включающий фотосинтезирующие организмы, создающие сложные органические молекулы из неорганических простых соединений, и 2) нижний — гетеротрофный ярус, или «коричневый пояс» - почва, в котором преобладает разложение отмерших органических веществ снова до простых минеральных образований. Однако, чтобы разобраться в сложных биологических взаимодействиях в экосистеме, следует выделить ряд компонентов, об экологической роли которых мы уже говорили выше: 1) неорганические вещества (С, N, CO₂, H₂O, P, O и др.), участвующие в круговоротах; 2) органические соединения (белки, углеводы, липиды, гумусовые вещества и др.), связывающие биотическую и абиотическую части; 3) воздушную, водную и субстратную среду, включающую абиотические факторы; 4) продуцентов — автотрофных организмов, в основном зеленых растений, способных производить пищу из простых неорганических веществ; 5) консументов, или фаготрофов (пожирателей), — гетеротрофы, в основном животные, питающиеся другими организмами или частицами органического вещества; 6) редуцентов, или сапротрофов (питающиеся гнилью), — гетеротрофных организмов, в основном

бактерий и грибов, получающих энергию путем разложения отмершей или поглощения растворенной органики. Сапротрофы высвобождают неорганические элементы питания для продуцентов и, кроме того, являются пищей для консументов.

Продуцирование и разложение в природе. Фотосинтезирующие организмы, и лишь отчасти хемосинтезирующие, создают органические вещества на Земле — продукцию — в количестве 100 млрд т/год и примерно такое же количество веществ должно превращаться в результате дыхания растений в углекислый газ и воду. Однако этот баланс неточен, так как известно, что в прошлые геологические эпохи создавался избыток органического вещества, в особенности 300 млн лет тому назад, что выразилось в накоплении в осадочных породах угля. Человечество использует это энергетическое сырье.

Этот избыток образовался вследствие того, что в соотношении O_2/CO_2 баланс сдвинулся в сторону CO_2 и заметная часть продуцированного вещества, хотя и очень небольшая, не расходовалась на дыхание и не разлагалась, а окаменевала и сохранялась в осадках. Сдвигание баланса в сторону повышения содержания кислорода длилось около 100 млн лет.

Дыхание — это процесс окисления, который еще в древности справедливо сравнивали с горением. Благодаря дыханию как бы «сгорает» накопленное при фотосинтезе органическое вещество.

Итак, дыхание — процесс гетеротрофный, приблизительно уравнивающий автотрофное накопление органического вещества. Различают аэробное, анаэробное дыхание и брожение. Аэробное дыхание — процесс, обратный фотосинтезу, где окислитель, газообразный кислород присоединяет водород. Анаэробное дыхание происходит обычно в бескислородной среде и в качестве окислителя служат другие неорганические вещества, например сера. И наконец, брожение — такой анаэробный процесс, где окислителем становится само органическое вещество.

Посредством процесса аэробного дыхания организмы получают энергию для поддержания жизнедеятельности и построения клеток. Бескислородное дыхание — это основа жизнедеятельности сапрофагов (бактерии, дрожжи, плесневые грибы, простейшие). Аэробное дыхание превосходит, и значительно, анаэробное в скорости.

Если поступление детрита (частичек отмершей органики) в почву или в донный осадок происходит в больших количествах, то бактерии, грибы, простейшие быстро расходуют кислород на его разложение, которое резко замедляется, но не останавливается вследствие «работы» организмов с анаэробным метаболизмом.

Итак, в целом, можно утверждать, что происходит некоторое отставание гетеротрофного разложения от продуцирования во времени. И, как было подчеркнуто выше, такое соотношение наблюдается на уровне биосферы. «Отставание гетеротрофной утилизации продуктов автотрофного метаболизма есть, следовательно, одно из важнейших свойств экосистемы» (Ю. Одум, 1975). Однако в результате деятельности человека это свойство находится под угрозой и прежде всего из-за непомерного потребления кислорода огромными двигателями и другими аппаратами, которое может привести к снижению продукции.

Разложение детрита путем его физического размельчения и биологического воздействия и доведение его сапрофагами до образования гумуса, гумификация, идет относительно быстро. Однако последний этап, минерализация гумуса, — процесс медленный, обуславливающий запаздывание разложения по сравнению с продуцированием.

Кроме биотических факторов, в разложении принимают участие и абиотические (пожары, которые можно считать «агентами разложения»). Но если бы мертвые организмы не разлагались бы гетеротрофными микроорганизмами и сапрофагами, для которых они служат пищей, все питательные вещества оказались бы в мертвых телах и никакая новая жизнь не могла бы возникать.

В сообществах основная доля биомассы обычно приходится на растения — первичные продуценты (автотрофы). Органическое вещество, создаваемое продуцентами в процессе фотосинтеза или хемосинтеза, называют **первичной продукцией экосистемы** (сообщества). Количественно ее выражают в сырой или сухой массе растений или в энергетических единицах — эквивалентном числе калорий или джоулей. Первичной продукцией определяется общий поток энергии через биотический компонент экосистемы, а следовательно, и биомасса живых организмов, которые могут существовать в экосистеме. Живые организмы рождаются, растут и развиваются. В ходе этих процессов меняется их биомасса. **Под ней понимают всю живую органическую массу, которая содержится в экосистеме или ее элементах вне зависимости от**

того, за какой период она образовалась и накопилась. Биомасса и продукция (продуктивность) обычно выражаются через абсолютно сухой вес.

Величина биомассы экосистем или их звеньев во многом зависит не столько от их продуктивности, сколько от продолжительности жизни организмов и экосистем в целом. Например, большая биомасса характерна для лесных экосистем: в тропических лесах она достигает 800 – 1000 т/га, в лесах умеренной зоны – 300-400 т/га, а в травянистых сообществах обычно не выходит за пределы 3-5 т/га. В то же время лесные и травянистые (например, луговые) экосистемы в сходных условиях существования по продуктивности могут мало различаться или различаются в сторону большей продуктивности как лесных, так и травянистых сообществ.

Для экосистем, представленных однолетними организмами, их годовая продуктивность и биомасса практически совпадают. Для древесных сообществ они резко различаются.

Теоретически возможная скорость создания первичной биологической продукции определяется возможностями фотосинтетического аппарата растений. А как известно, лишь часть энергии света, получаемой зеленой поверхностью, может быть использована растениями. Из коротковолнового излучения Солнца только 44% относится к **фотосинтетически активной радиации (ФАР)** – свет по длине волны пригодный для фотосинтеза. Максимально достигаемый в природе КПД фотосинтеза 10-12% энергии ФАР, что составляет около половины от теоретически возможного, отмечается в зарослях джугары и тростника в Таджикистане в кратковременные, наиболее благоприятные периоды. КПД фотосинтеза в 5% считается очень высоким для фитоценоза. В целом по земному шару усвоение растениями солнечной энергии не превышает 0,1% из-за ограничения фотосинтетической активности растений множеством факторов, среди них такие, как недостаток тепла и влаги, неблагоприятные физические и химические свойства почвы и т.д. Средний коэффициент использования энергии ФАР для территории России равен 0,8%, на европейской части страны составляет 1,0-1,2%, а в восточных районах, где условия увлажнения менее благоприятны, не превышает 0,4-0,8%.

Скорость, с которой растения накапливают химическую энергию, называют валовой первичной продуктивностью.

Валовая первичная продуктивность (ВПП) – 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 (ЧПП) – 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 (ВП) – скорость накопления органического вещества на уровне консументов. Она обозначается через P_2, P_3 и т. д. в зависимости от трофического уровня. Вторичную продукцию вычисляют отдельно для каждого трофического уровня, так как прирост массы на каждом из них происходит за счет энергии, поступающей с предыдущего.

Чистая продуктивность сообщества (ЧПС) – скорость накопления органического вещества, не потребленного гетеротрофами, т.е. чистая первичная продукция за вычетом той ее части, которая в течение изучаемого периода (обычно за вегетационный период или за год) была потреблена гетеротрофами: $P_N - (P_2 + P_3 + P_4 + \dots)$.

Список литературы

- ЭБС "Университетская библиотека ONLINE" : Валова (Копылова) В. Д. Экология. Учебник 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Дашков и Ко, 2012. -360 с.
- ЭБС "Университетская библиотека ONLINE" : Степановских А. С. Общая экология. Учебник - М.: Юнити-Дана, 2012.- 687 с.
- Колесников, С. И. Экология : учеб. пособие для студентов вузов по направлениям: "География", "Экология и природопользование" / С. И. Колесников. - 2-е изд. - М. : Дашков и К*, 2008. - 384 с. - (Гр. УМО)
- Экология : курс лекций / И. О. Лысенко, С.В. Окрут [и др.] ; СтГАУ. - Ставрополь : АГРУС, 2008. - 240 с. - (Приоритетные национальные проекты "Образование").