**«Временные границы экосистемы (хронологический аспект)»**

На одном и том же биотопе с течением времени существуют различные экосистемы. Смена одной экосистемы на другую может занимать как довольно длительные, так относительно короткие (несколько лет) промежутки времени. Длительность существования экосистем в таком случае определяется этапом [сукцессии](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%8F). Смена экосистем в биотопе может быть обусловлена и катастрофическими процессами, но в таком случае, существенно изменяется и сам биотоп, и такую смену не принято называть сукцессией (за некоторыми исключениями, когда катастрофа, например, пожар — естественный этап циклической сукцессии).

*Сукцессия*— это, последовательная, закономерная смена одних сообществ другими на определённом участке территории, обусловленная внутренними факторами развития экосистем. Каждое предыдущее сообщество предопределяет условия существования следующего и собственного исчезновения.

*Виды сукцессии:* Автотрофная

На ранних стадиях автотрофной сукцессионной последовательности соотношение P/R много больше единицы, так как обычно первичные сообщества обладают высокой продуктивностью, но структура экосистемы ещё не сформировалась полностью, и нет возможности утилизировать эту биомассу. Последовательно, с усложнением сообществ, с усложнением структуры экосистемы, расходы на дыхание (R) растут, так как появляется всё больше гетеротрофов, ответственных за перераспределение вещественно-энергетических потоков, соотношение P/R стремится к единице и фактически является таковым у терминального сообщества (экосистемы).

Гетеротрофная сукцессия обладает обратными характеристиками: в ней соотношение P/R на ранних этапах много меньше единицы (так как существует много органического вещества и нет необходимости в его синтезе, его можно сразу использовать на построение сообщества) и постепенно увеличивается по мере продвижения по сукцессионным стадиям. На ранних этапах сукцессии видовое разнообразие мало, но по мере развития разнообразие нарастает, изменяется видовой состав сообщества, начинают преобладать виды со сложными и продолжительными жизненными циклами, обычно появляются всё более крупные организмы, происходит развитие взаимовыгодных коопераций и [симбиозов](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%B0), усложняется трофическая структура экосистемы. Обычно предполагается, что терминальная стадия сукцессии обладает наибольшим видовым биоразнообразием.

Гетеротрофная сукцессия обладает обратными характеристиками: в ней соотношение P/R на ранних этапах много меньше единицы (так как существует много органического вещества и нет необходимости в его синтезе, его можно сразу использовать на построение сообщества) и постепенно увеличивается по мере продвижения по сукцессионным стадиям. На ранних этапах сукцессии видовое разнообразие мало, но по мере развития разнообразие нарастает, изменяется видовой состав сообщества, начинают преобладать виды со сложными и продолжительными жизненными циклами, обычно появляются всё более крупные организмы, происходит развитие взаимовыгодных коопераций и [симбиозов](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D1%83%D1%81%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5), усложняется трофическая структура экосистемы. Обычно предполагается, что терминальная стадия сукцессии обладает наибольшим видовым биоразнообразием.

*Продуктивность экосистем*

При анализе продуктивности и потоков вещества и энергии в экосистемах выделяют понятия [*биомасса*](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B8%D1%82%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0) и *урожай на корню*. Под урожаем на корню понимается масса тел всех организмов на единице площади суши или воды, а под биомассой— масса этих же организмов в пересчёте на энергию (например, в [джоулях](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BA%D0%BE%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0)) или в пересчёте на сухое органическое вещество (например, в [тоннах](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BC%D0%B1%D0%B8%D0%BE%D0%B7) на [гектар](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B0%D1%80)).

 Под *первичной продукцией сообщества* (или первичной биологической продукцией) понимается образование биомассы (более точно— синтез пластических веществ) продуцентами без исключения энергии, затраченной на дыхание за единицу времени на единицу площади (например, в сутки на гектар).

Первичную продукцию сообщества разделяют на *валовую первичную продукцию*, то есть всю продукцию фотосинтеза без затрат на [дыхание](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BC%D0%B1%D0%B8%D0%BE%D0%B7), и *чистую первичную продукцию*, являющуюся разницей между валовой первичной продукцией и затратами на дыхание. Иногда её ещё называют *чистой ассимиляцией* или *наблюдаемым фотосинтезом*).

*Чистая продуктивность сообщества*— скорость накопления органического вещества, не потребляемого гетеротрофами (а затем и редуцентами). Обычно вычисляется за [вегетационный период](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0) либо за год. Таким образом, это часть продукции, которая не может быть переработана самой экосистемой. В более зрелых экосистемах значение чистой продуктивости сообщества стремится к нулю.

*Вторичная продуктивность сообщества*— скорость накопления энергии на уровне консументов. Вторичную продукцию не подразделяют на валовую и чистую, так как консументы только потребляют энергию, усвоенную продуцентами, часть её не ассимилируется, часть идёт на дыхание, а остаток идёт в биомассу, поэтому более корректно называть её вторичной ассимиляцией.

*Схема распределения потоков вещества и энергии среди продуцентов и консументов (по Ю. Одуму, 1971)*

Распределение энергии и вещества в экосистеме может быть представлено в виде системы уравнений. Если продукцию [продуцентов](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D1%86%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B) представить как P1, то продукция [консументов](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0) первого порядка будет выглядеть следующим образом:

P2=P1-R2,

где R2— затраты на дыхание, теплоотдача и неассимилированная энергия. Следующие консументы (второго порядка) переработают биомассу консументов первого порядка в соответствии с:

P3=P2-R3

и так далее, до консументов самого высшего порядка и редуцентов. Таким образом, чем больше в экосистеме потребителей (консументов), тем более полно перерабатывается энергия, первоначально зафиксированная продуцентами в пластических веществах. В климаксных сообществах, где разнообразие для данного региона обычно максимально, такая схема переработки энергии позволяет сообществам устойчиво функционировать на протяжении длительного времени.

Соотношения *B/R* (биомасса к дыханию) и *P/R* (продуктивность к дыханию). Первое соотношение (B/R) показывает необходимое количество энергии, затрачиваемой на поддержание существующей биомассы. В случае, если сообщество находится в критических условиях, данное соотношение уменьшается, так как необходимо затратить больше энергии на поддержание той же биомассы. Обычно в таких ситуациях биомасса также уменьшается. Второе соотношение, величина (P/R), характеризует эффективность затрачиваемой энергии (дыхания) на производство биомассы (продуктивность).

*Климаксное сообщество*

Понятие сукцессии тесно тесно связано с понятием [климаксного](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D0%BA%D1%81_%28%D1%8D%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F%29) [сообщества](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B0). Климаксное сообщество формируется в результате последовательной смены экосистем и представляет собой наиболее сбалансированное сообщество, максимально эффективно использующее вещественно-энергетические потоки, то есть поддерживающее максимально возможную биомассу на единицу поступающей в экосистему энергии.

Теоретически у каждого сукцессионного ряда существует климаксное сообщество (экосистема), которое является терминальной стадией развития. Однако, в реальности сукцессинный ряд замыкается климаксом не всегда, может реализоваться субклимаксное сообщество, которое представляет собой сообщество, предшествующее климаксному, достаточно развитое структурно и функционально. Такая ситуация может возникать в силу естественных причин— условий среды или вследствие деятельности человека

*Ранги экосистем. Биомы*

Вопрос ранжирования экосистем достаточно сложен. Выделение минимальных экосистем (биогеоценозов) и экосистемы наивысшего ранга— [биосферы](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0) не вызывает сомнений. Промежуточные же выделения довольно сложны, так как сложности [хорологического аспекта](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D1%86%D0%B5) не всегда однозначно позволяют определить границы экосистем.. В экологии обычно считается, что корректно выделение лишь одной промежуточной экосистемы— биома.

 «Биом— совокупность экосистем со сходным типом растительности, расположенных в одной природно-климатической зоне» ([Акимова Т. А.](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%90%D0%BA%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0,_%D0%A2%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F%D0%BD%D0%B0_%D0%90%D0%BA%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B0&action=edit&redlink=1), [Хаскин](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%8B%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5?title=%D0%A5%D0%B0%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%BD,_%D0%92%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%BB%D0%B5%D0%BD_%D0%92%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87&action=edit&redlink=1) [В. В.](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BE%D0%B4?title=%D0%A5%D0%B0%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%BD,_%D0%92%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%BB%D0%B5%D0%BD_%D0%92%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87&action=edit&redlink=1)).

Выделяют от 8 до 30 биомов. Географическое распределение биомов определяют:

[Закон географической зональности](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B6%D0%BE%D1%83%D0%BB%D1%8C?title=%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B9_%D0%B7%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8&action=edit&redlink=1) (сформулированный В.В.Докучаевым)

[Закон](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B) [секторности](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D1%81%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8)

|  |
| --- |
| Наземные биомы, классифицированные по типу растительности |
| Полярные пустыни Тундра Тайга Широколиственные леса | Степи Субтропические дождевые леса Средиземноморские биомы Муссонные леса | Аридные пустыни Ксерофитных кустарников Южные степи Семиаридные пустыни | Саванны Саванны с древесной растительностью (лесостепи) Субтропический лес Тропический дождевой лес | Альпийская тундра Горные леса |

*Географическое распределение биомов*

*Биосфера*

Термин *биосфера* был введён [Жаном-Батистом Ламарком](http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AVegetation-no-legend.PNG) в начале XIX века. Однако создание целостного учения о биосфере принадлежит [русскому](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D0%BA%D1%81_%28%D1%8D%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F%29) учёному [Владимиру Ивановичу Вернадскому](http://ru.wikipedia.org/w/index.php).

Биосфера— экосистема высшего порядка, объединяющая все остальные экосистемы и обеспечивающая существование жизни на Земле. В состав биосферы входят следующие «сферы»:

[Атмосфера](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D1%81%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8)— это самая лёгкая из оболочек Земли, граничит с космическим пространством; через атмосферу происходит обмен вещества и энергии с космосом (внешним пространством).

[Гидросфера](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0)— водная оболочка Земли. Почти такая же подвижная, как и атмосфера, она фактически проникает всюду. [Вода](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D0%BC%D0%B0%D1%80%D0%BA%2C_%D0%96%D0%B0%D0%BD_%D0%91%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%82)— соединение с уникальными свойствами, одна из основ жизни, универсальный растворитель.

[Литосфера](http://ru.wikipedia.org/w/index.php)— внешняя твёрдая оболочка Земли, состоит из осадочных и магматических пород. На данный момент под земной корой понимается верхний слой твёрдого тела планеты, расположенный выше границы Мохоровичича.

[Педосфера](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D0%B4%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9%2C_%D0%92%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%80_%D0%98%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87)— самый верхний слой литосферы, включает почву и процессы почвообразования. Она находится на границе между литосферой, атмосферой, гидросферой, в ней замыкаются все циклы вещества и энергии в биосфере.

Биосфера тоже не замкнутая система, она фактически полностью обеспечивается энергией [Солнца](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0), небольшую часть составляет тепло самой Земли. Ежегодно Земля получает от Солнца около 1,3\*1024 калорий. 40% от этой энергии излучается обратно в космос, около 15% идёт на нагрев атмосферы, почвы и воды, вся остальная энергия является видимым светом, который и является источником фотосинтеза.

В. И. Вернадский впервые чётко сформулировал понимание того, что всё живое на планете неразрывно связанно с биосферой и обязано ей своим существованием:

*«В действительности, ни один живой организм в свободном состоянии на Земле не находится. Все эти организмы неразрывно и непрерывно связаны — прежде всего питанием и дыханием — с окружающей их материально-энергетической средой. Вне ее в природных условиях они существовать не могут» -*  В.И. Вернадский.

[Живое вещество](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B8%D0%B2%D0%BE%D0%B5_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE) (совокупность всех организмов на Земле) составляет ничтожно малую часть от массы Земли, однако влияние живого вещества на процессы преобразования Земли огромно. Весь тот облик Земли, который наблюдается сейчас, не был бы возможен без миллиардов лет жизнедеятельности живого вещества.

На данный момент сам человек, как часть живого вещества, является существенной геологической силой и значительно изменяет направления процессов, происходящих в биосфере, тем самым ставя под угрозу своё существование:

«В ярком образе экономист Л. Брентано иллюстрировал планетную значимость этого явления. Он подсчитал, что, если бы каждому человеку дать один квадратный метр и поставить всех людей рядом, они не заняли бы даже всей площади маленького Боденского озера на границе Баварии и Швейцарии. Остальная поверхность Земли осталась бы пустой от человека. Таким образом, все человечество, вместе взятое, представляет ничтожную массу вещества планеты. Мощь его связана не с его материей, но с его мозгом, с его разумом и направленным этим разумом его трудом.

В гуще, в интенсивности и в сложности современной жизни человек практически забывает, что он сам и все человечество, от которого он не может быть отделен, неразрывно связаны с биосферой - с определенной частью планеты, на которой они живут. Они - геологически закономерно связаны с ее материально-энергетической структурой. Человечество, как живое вещество, неразрывно связано с материально-энергетическими процессами определенной геологической оболочки земли - с ее биосферой. Оно не может физически быть от нее независимым ни на одну минуту.

Лик планеты - биосфера - химически резко меняется человеком сознательно и главным образом бессознательно. Меняется человеком физически и химически воздушная оболочка суши, все ее природные воды» — В.И. Вернадский.