

§ 47. Биомасса и продуктивность экосистем

- **Вспомните**, какие закономерности превращения веществ и энергии наблюдаются в пастбищных цепях питания.
- **Как вы думаете?** Как распределяется в экосистеме растительная биомасса продуцентов, образующаяся в результате фотосинтеза? На какие цели расходуется корм, потребляемый консументами?
- **Вы узнаете** о значении понятий «биомасса» и «продукция», какие виды продукции образуются в экосистеме и как они распределяются в пастбищных цепях питания.

Понятие о биомассе и продукции экосистемы. Благодаря возможности многократного использования вещества и постоянному притоку энергии экосистемы способны длительно поддерживать стабильное существование. Населяющие их продуценты, консументы и редуценты при этом постоянно обеспечивают воспроизведение и накопление своей биомассы, несмотря на то что запас веществ в биосфере ограничен и не пополняется.

Общее количество биомассы всех живых организмов, накопившейся в данной экосистеме за весь предыдущий период ее существования, называется **биомассой экосистемы**. Она выражается в единицах сырой массы или массы сухого органического вещества на единицу площади: в $\text{г}/\text{м}^2$, $\text{кг}/\text{м}^2$, $\text{кг}/\text{га}$, $\text{т}/\text{км}^2$ (наземные экосистемы) — или на единицу объема (водные экосистемы).

Процесс воспроизведения биомассы растений, животных и микроорганизмов, входящих в состав той или иной экосистемы, называется **биологической продуктивностью**. Обычно она выражается через количество продукции, образующейся в экосистеме на данном этапе.

Продукция экосистемы — количество биомассы, вновь воспроизведенной в экосистеме за единицу времени (обычно за год) на данном этапе ее существования.

Экосистемы сильно различаются по количеству продукции. По снижению биологической продуктивности их можно расположить в следующей последовательности: тропический лес → субтропический лес → лес в зоне умеренного климата → степь → океан → пустыня. Образующаяся продукция может по-разному расходоваться в разных экосистемах. Если скорость ее потребления отстает от скорости образования, то это ведет к приросту биомассы экосистемы и накоплению в ней избытка детрита. В результате будет наблюдаться образование торфа на болотах, зарастание мелких водоемов, создание запаса подстилки в таежных лесах.

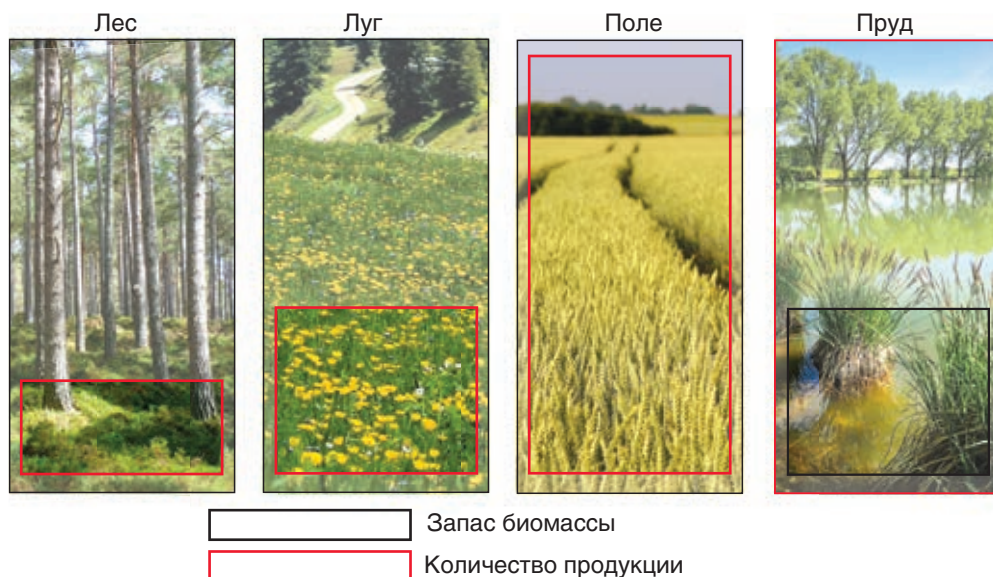


Рис. 79. Соотношение биомассы и продукции в разных экосистемах

В стабильных экосистемах практически вся образующаяся продукция тратится в сетях питания. В результате биомасса экосистемы остается практически постоянной.

Биомасса экосистемы и ее продукция могут достаточно сильно отличаться (рис. 79). Например, в густом лесу общая биомасса организмов очень велика по сравнению с ее годовым приростом — продукцией. Тогда как в пруду небольшая накопленная биомасса фитопланктона имеет высокую скорость возобновления — образования продукции за счет быстрого размножения.

Первичная и вторичная продукции. В зависимости от того, какие вещества и энергия используются для возобновления биомассы в экосистеме, различают первичную и вторичную продуктивность. Соответственно образующаяся при этом продукция называется первичной или вторичной.

Первичная продукция — биомасса, созданная автотрофными организмами (продуцентами) из минеральных веществ в процессе фото- или хемосинтеза. Основное количество возникающих таким путем органических веществ создают зеленые растения. Эффективность превращения поглощаемой ими солнечной энергии в энергию химических связей ор-

ганических веществ составляет в среднем 1 %. Эта закономерность получила название **правило 1 %**. Первичная продукция является очень важной характеристикой экосистемы. Именно накопленная в ней энергия позволяет существовать всем гетеротрофным организмам (консументам и редуцентам) и создавать свою продукцию.

Вторичная продукция — биомасса, созданная гетеротрофными организмами (консументами и редуцентами) за счет энергии органического вещества, накопленной продуцентами в процессе фотосинтеза.

Как первичная, так и вторичная продукция используются в качестве источника энергии на трофических уровнях в пастбищных цепях, являясь кормом для организмов — пищевых звеньев этих цепей. На что организмы тратят энергию потребленного корма (К)? Прежде всего, большая часть энергии корма тратится организмами на процессы жизнедеятельности или на дыхание (Д), так как освобождается она в результате окисления с участием кислорода. Часть ее идет на прирост биомассы (П), то есть на рост организмов. А некоторое количество энергии не усваивается организмом и в составе непереваренных остатков корма — экскрементов (Э) удаляется из организма в окружающую среду.

Вспомните правило Линдемана, согласно которому в пастбищной цепи на каждый последующий уровень передается примерно 10 % энергии. Согласно вышесказанному, на следующий трофический уровень не может передаваться энергия, затрачиваемая на дыхание и теряющаяся в составе экскрементов. Это и будет в совокупности составлять примерно 90 %. И лишь 10 % энергии, сохраняющейся в биомассе организмов, может быть доступно для следующего трофического уровня. Из этого следует, что пастбищные цепи не могут быть длинные, обычно они включают 3—5 звеньев.

При распределении первичной и вторичной продукции на трофических уровнях экосистемы соблюдается балансовое равенство. Это значит, что на каждом трофическом уровне сумма всех видов расходуемой энергии равна количеству энергии, поступившей из предыдущего уровня в составе корма. Балансовое равенство можно выразить условным уравнением: $K = П + Д + Э$.

Используя правило Линдемана и данное уравнение для решения экологических задач, можно рассчитать примерное количество энергии на трофических уровнях, если известно ее количество на первом трофическом уровне пищевой цепи. И наоборот, зная содержание энергии на последнем трофическом уровне, можно определить, сколько энергии поступило в пищевую цепь на первом трофическом уровне.





■ **Повторим главное.** В экосистеме осуществляется непрерывный круговорот веществ и направленный поток энергии. Поэтому в ней происходит воспроизведение и накопление биомассы. Общее количество биомассы всех организмов, накопившейся в экосистеме за весь период ее существования, называется биомассой экосистемы. Процесс воспроизведения биомассы организмов, входящих в экосистему, называется биологической продуктивностью. Она выражается количеством продукции — биомассой, вновь воспроизведенной в экосистеме за единицу времени на данном этапе ее существования. Различают первичную, созданную продуцентами, и вторичную, созданную консументами и редуцентами, продукции. Они используются в цепях питания в качестве корма. Энергия корма расходуется организмами на процессы жизнедеятельности, прирост биомассы и экскременты. На трофических уровнях пастбищных цепей соблюдается балансовое равенство между поступившей и расходуемой энергией.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Дайте определение понятий «продукция» и «биомасса» экосистемы. 2. Какая продукция называется первичной, а какая — вторичной? Почему? 3. Что означает выражение «на трофических уровнях соблюдается балансовое равенство»?

Сложные вопросы. 1. Первичная продукция в широколиственном лесу накапливает до $12 \cdot 10^6$ кДж энергии на 1 га в год. В 1 кг биомассы продуцентов и консументов содержится 480 кДж энергии. Площадь леса равна 1000 га, траты на дыхание у продуцентов составляют 40 %. Сколько особей консументов второго порядка сможет прокормиться за счет этой продукции, если масса потребляемого корма на одну особь составляет в среднем 250 кг? Переход энергии в цепях питания подчиняется правилу Линдемана. 2. Перечисленные в скобках экосистемы (пруд, лес, луг) расположите в последовательности увеличения показателя отношения продукции к биомассе. Объясните причину различий данного показателя в этих экосистемах. Как изменение соотношения продукции и биомассы в экосистеме может повлиять на ее состояние?



§ 48. Динамика экосистем. Понятие экологической сукцессии

- **Вспомните**, какие сезонные изменения происходят в жизни растений и животных, населяющих природные экосистемы.
- **Как вы думаете?** Почему одни экосистемы длительно сохраняют свое исходное существование, а другие сменяются новыми экосистемами?
- **Вы узнаете** о сезонной динамике экосистем, о последовательной и закономерной смене экосистем — сукцессиях — при однонаправленном изменении условий среды.