

# Трофическая структура биогеоценоза (экосистемы)

Как организмы связаны потоком энергии  
и круговоротом веществ



# Биогеоценоз и экосистема: с чего начать

Чтобы понять трофическую структуру, нужно различать биогеоценоз, экосистему, пищевые связи и трофические уровни: именно они показывают, кто создаёт органику, кто её потребляет и кто возвращает вещества в среду.



# Продуценты — основа трофической пирамиды

## Автотрофный синтез

Продуценты сами образуют органические вещества из неорганических соединений. Благодаря этому они начинают поток энергии в экосистеме и задают исходную основу для всех последующих трофических уровней.

1

## Кто к ним относится

К этой группе относят зелёные растения, водоросли и цианобактерии. В наземных экосистемах именно растения обычно формируют основную массу живого вещества и обеспечивают пищевую базу для животных.

2

## Источник энергии

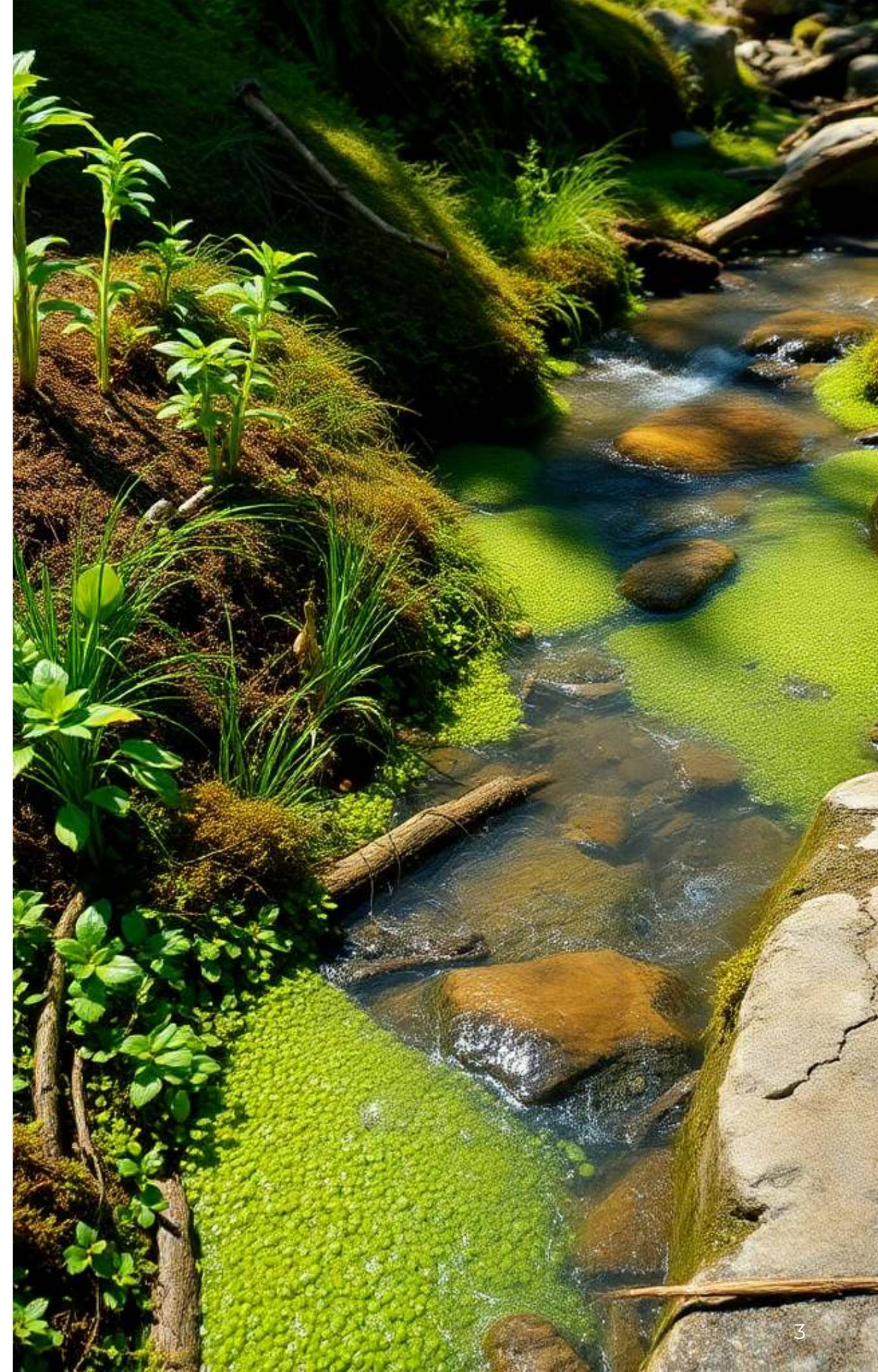
Для большинства продуцентов главным источником энергии служит солнечный свет. В процессе фотосинтеза энергия света накапливается в химических связях органических веществ и становится доступной другим организмам.

3

## Роль в экосистеме

Именно продуценты создают первичную продукцию, от которой зависит, сколько энергии смогут получить консументы и насколько устойчивой будет вся экосистема в целом.

4



# Основные трофические уровни в экосистеме

| Уровень           | Примеры              | Роль                |
|-------------------|----------------------|---------------------|
| Продуценты        | растения, водоросли  | создают органику    |
| Консументы I      | травоядные, фитофаги | потребляют растения |
| Консументы II–III | хищники, всеядные    | передают энергию    |
| Редуценты         | грибы, бактерии      | разлагают остатки   |

Школьная классификация трофических уровней основана на типе питания и роли в круговороте веществ.

Все уровни связаны: без продуцентов нет первичной продукции, без редуцентов не замыкается круговорот веществ.

# Передача энергии в пищевой цепи

Последовательность отражает движение энергии и возврат веществ через разложение.

# Сокращение энергии по трофическим уровням

Показатели условные, но хорошо иллюстрируют, почему верхние уровни беднее по биомассе и численности.

Энергия резко убывает вверх по цепи, поэтому высокие трофические уровни не могут быть многочисленными.



Школьная модель передачи энергии; правило 10%

# Пищевые цепи и пищевые сети

## Пастбищная цепь

Она начинается с живых растений и продолжается через травоядных к хищникам. Такой путь передачи энергии наиболее заметен на лугах, в лесах и на полях.

## Детритная цепь

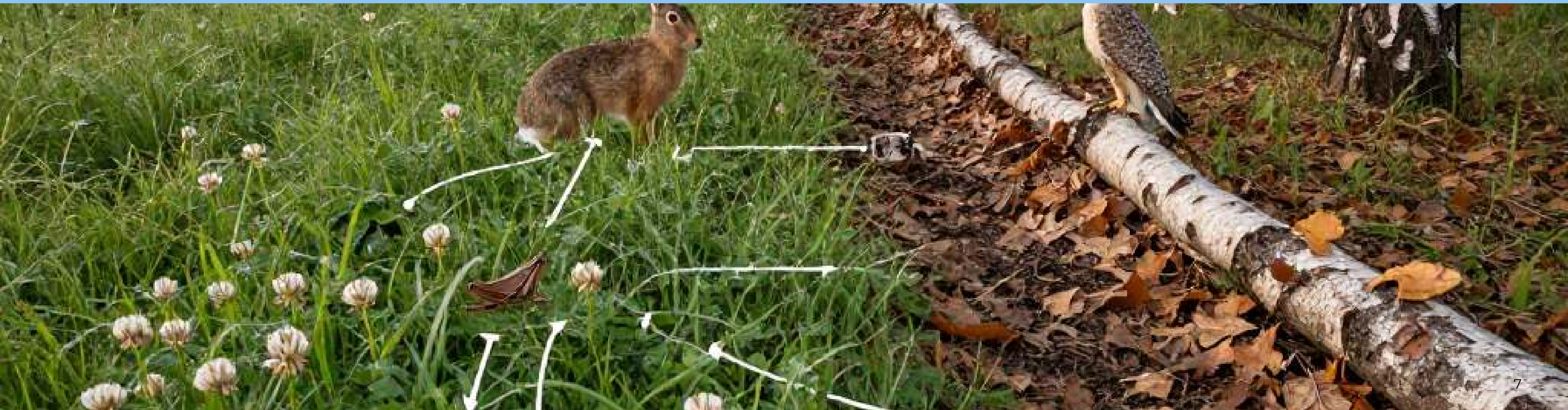
Она стартует с отмерших остатков, опада и органических отходов. Сначала их используют детритофаги и микроорганизмы, а затем энергия переходит к более крупным потребителям.

## Почему сетей больше

В природе один и тот же вид обычно связан с несколькими источниками пищи и несколькими потребителями. Поэтому реальные сообщества образуют не цепочки, а разветвлённые пищевые сети.

## Практическое значение

Чем сложнее сеть, тем больше альтернативных связей сохраняется при изменении численности отдельных видов. Это повышает устойчивость экосистемы к внешним воздействиям.



# Автотрофы и гетеротрофы в экосистеме



## Автотрофы

Эти организмы сами синтезируют органическое вещество из неорганических соединений и запускают поток энергии в большинстве экосистем. К ним относятся зелёные растения, водоросли и цианобактерии.



## Гетеротрофы

Они не способны создавать органику из неорганических веществ и получают готовую пищу от других организмов. К этой группе относятся животные, грибы и большинство бактерий.



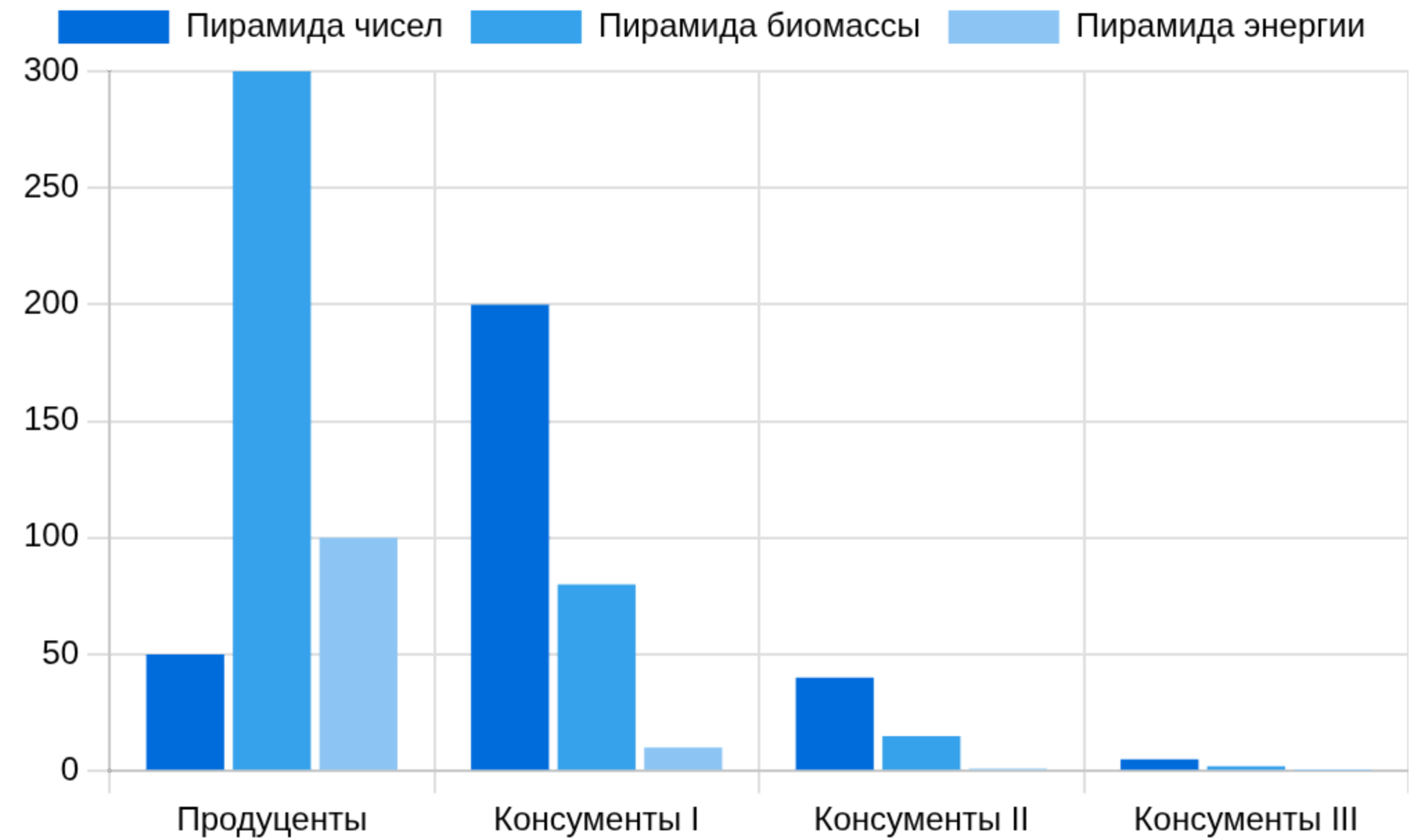
## Трофическая роль

Разделение на автотрофов и гетеротрофов определяет, как в биогеоценозе распределяются функции образования, потребления и разложения органического вещества.

# Экологические пирамиды: числа, биомасса, энергия

Разные пирамиды описывают разные характеристики сообществ, поэтому их форма может заметно отличаться.

Пирамида энергии всегда сужается кверху, тогда как числа и биомасса зависят от типа экосистемы и вида организмов.



Это приближённое правило объясняет, почему крупным хищникам нужно много добычи и большая территория.

Школьная модель передачи энергии между трофическими уровнями

**10%**  
**примерно столько  
энергии переходит  
на следующий  
трофический уровень**

# Примеры цепей питания в разных экосистемах

| Экосистема | Цепь питания                             | Конечное звено |
|------------|------------------------------------------|----------------|
| Луг        | трава → кузнечик → лягушка               | уж             |
| Лес        | листья берёзы → гусеница → синица        | ястреб         |
| Водоём     | фитопланктон → зоопланктон → мелкая рыба | щука           |

*Школьная биология: примеры пищевых цепей природных экосистем*

Таблица показывает три типичные цепи питания и отражает переход от продуцентов к консументам разных порядков.

Во всех цепях энергия проходит от растений или фитопланктона к хищникам, а реальные сообщества состоят из множества пересекающихся связей.

# Редуценты и круговорот веществ

## Разложение органики

Грибы и бактерии используют мёртвые остатки организмов и отходы жизнедеятельности как источник питания, превращая сложные органические соединения в более простые вещества.

## Возврат элементов

После разложения в почву и воду возвращаются азот, фосфор, калий и другие элементы, без которых невозможен рост продуцентов и дальнейшая работа экосистемы.

## Невидимая, но ключевая роль

Редуценты завершают любой трофический путь, поэтому без них органические остатки накапливались бы, а круговорот веществ был бы прерван.

## Связь с почвой

Лесная подстилка, мицелий грибов и почвенные микроорганизмы образуют активную среду переработки органики, поддерживая плодородие и устойчивость природного сообщества.



# Круговорот веществ в экосистеме

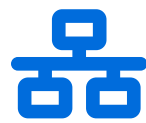
Последовательность отражает замкнутый путь веществ от отмершей органики через редуцентов к продуцентам и обратно в пищевые цепи.

# Трофические уровни и устойчивость биогеоценоза



## Много продуцентов

Чем больше растений и водорослей в системе, тем надёжнее её энергетическая основа. Разнообразие первичной продукции поддерживает питание последующих уровней даже при неблагоприятных изменениях условий.



## Сложные связи

Разветвлённая пищевая сеть создаёт запас прочности: если один вид сокращается, его роль частично берут на себя другие организмы. Это уменьшает риск резких сбоев.



## Устойчивость к нарушениям

Простые экосистемы легче разрушаются засухой, загрязнением или колебаниями численности. Многоярусные леса и природные луга лучше сохраняют равновесие благодаря множеству трофических связей.



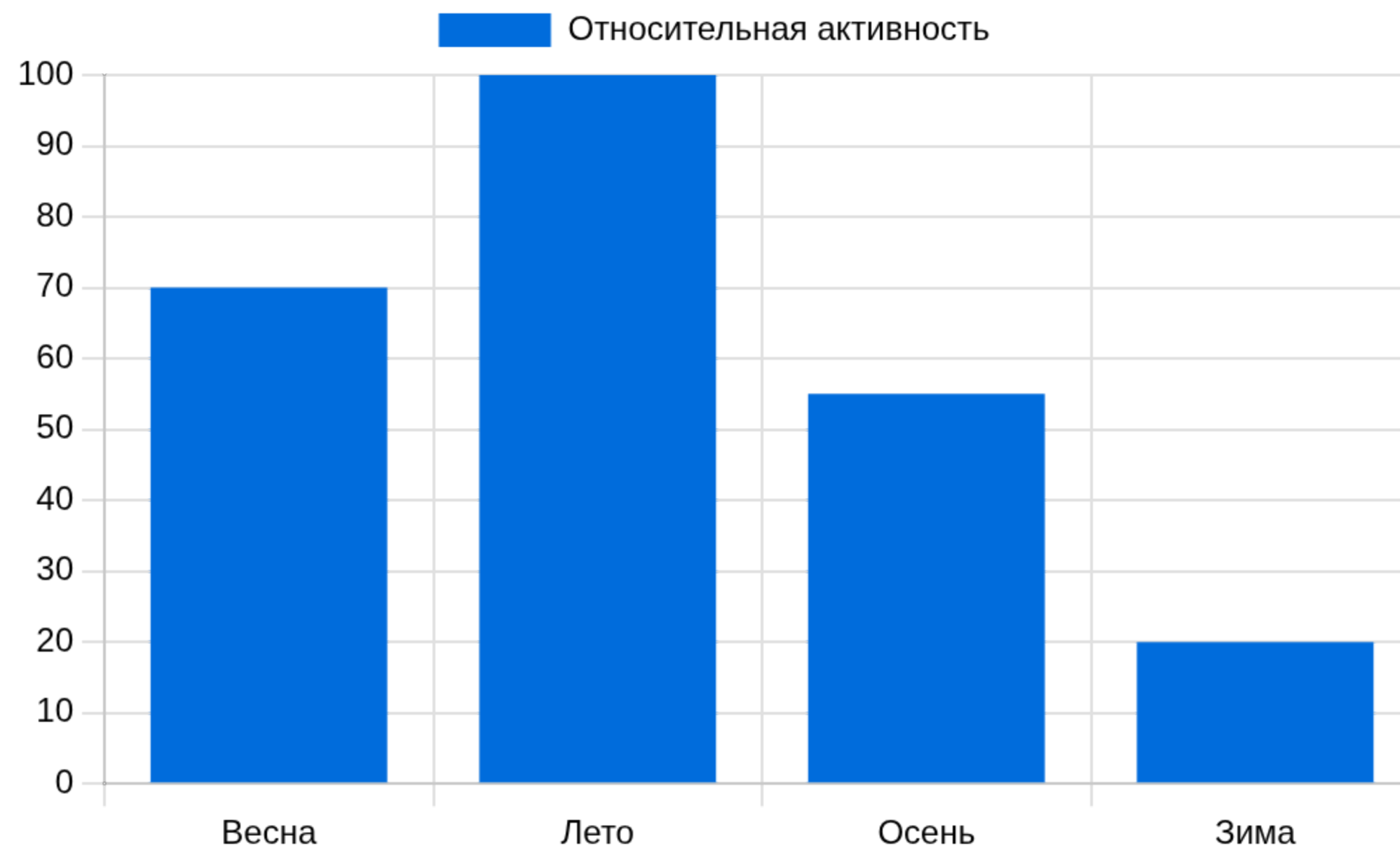
## Природные примеры

Наиболее устойчивы сообщества, где сочетаются разные ярусы, виды и источники пищи. В таких системах потери на одном уровне компенсируются функционированием других звеньев.

# Сезонные изменения трофической структуры

Сезонный ритм особенно заметен в умеренных широтах, где длина дня, температура и влажность напрямую влияют на интенсивность фотосинтеза и активность животных.

Максимум трофической активности приходится на тёплый период, а зимой система работает замедленно, поэтому возрастает значение накопленных запасов и детритных цепей.



Схематическое обобщение сезонной динамики экосистем для школьного курса биологии

# Антропогенное влияние на трофические связи

## 1. Вырубка лесов

Сокращение древесного и кустарникового яруса уменьшает число продуцентов, лишает животных убежищ и нарушает привычные цепи питания, особенно в лесных экосистемах.

## 2. Пестициды

Химические препараты снижают численность насекомых и могут накапливаться в организмах хищников, вызывая ослабление популяций птиц, амфибий и других потребителей.

## 3. Эвтрофикация

Избыточное поступление питательных веществ усиливает рост водорослей, а затем приводит к дефициту кислорода, из-за чего страдают рыбы и донные организмы.

## 4. Перевылов и распашка

Чрезмерное изъятие видов и преобразование природных территорий упрощают пищевые сети, уменьшают биоразнообразие и делают экосистемы менее устойчивыми к внешним воздействиям.

## 5. Загрязнение среды

Промышленные и бытовые загрязнители изменяют условия обитания, нарушают размножение организмов и ослабляют связи между трофическими уровнями в сообществе.

# Нарушения трофической структуры и их последствия

| Нарушение     | Что страдает   | Последствие          |
|---------------|----------------|----------------------|
| Пестициды     | консументы     | снижение численности |
| Эвтрофикация  | баланс уровней | дефицит кислорода    |
| Вырубка лесов | продуценты     | эрозия почвы         |

Таблица сопоставляет распространённые нарушения экосистем с их основными экологическими последствиями.

Во всех случаях нарушается равновесие между продукцией органического вещества, его потреблением и разложением, поэтому система становится менее устойчивой.

# Человек в трофической сети: три взгляда

## Человек как потребитель

В любой экосистеме человек получает энергию через пищу растительного и животного происхождения, а значит, выступает консументом. Его место в цепях питания определяется не только рационом, но и тем, как устроено окружающее природное сообщество.



## Сельское хозяйство как искусственная сеть

На поле или ферме трофические связи во многом создаёт сам человек. Культурные растения, домашние животные, почвенные организмы и человек образуют систему, где естественные процессы сочетаются с управлением и постоянным изъятием продукции.



## Влияние на природу

Земледелие, животноводство, рыболовство и строительство меняют состав видов, площади местообитаний и направление потоков вещества. Поэтому человек не только включён в трофическую сеть, но и способен радикально перестраивать её.



# Как сохранять трофическую устойчивость

Схема отражает последовательность природоохранных мер, которые поддерживают продуктивность и целостность пищевых связей.

# Трофическая структура — основа жизни экосистемы

Трофическая структура показывает, как в биогеоценозе распределяются функции между продуцентами, консументами и редуцентами. Именно она обеспечивает связь питания, круговорота веществ и устойчивости природного сообщества.