

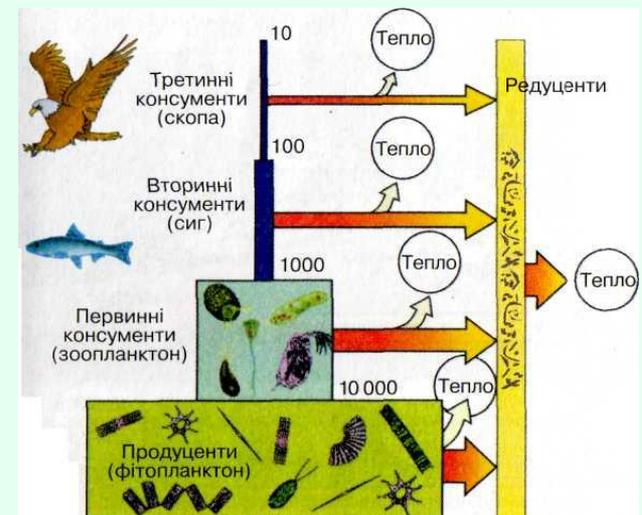
Лекція 7

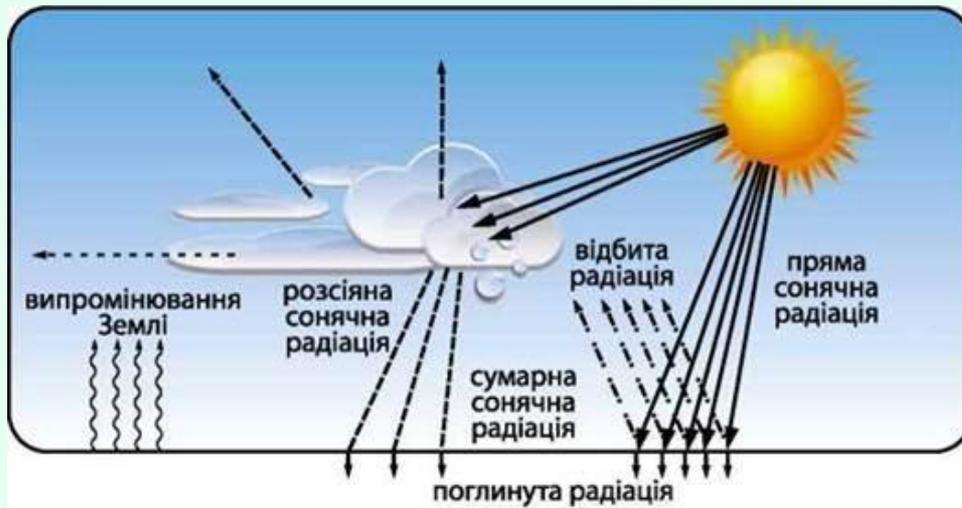
ЕНЕРГЕТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕКОСИСТЕМ

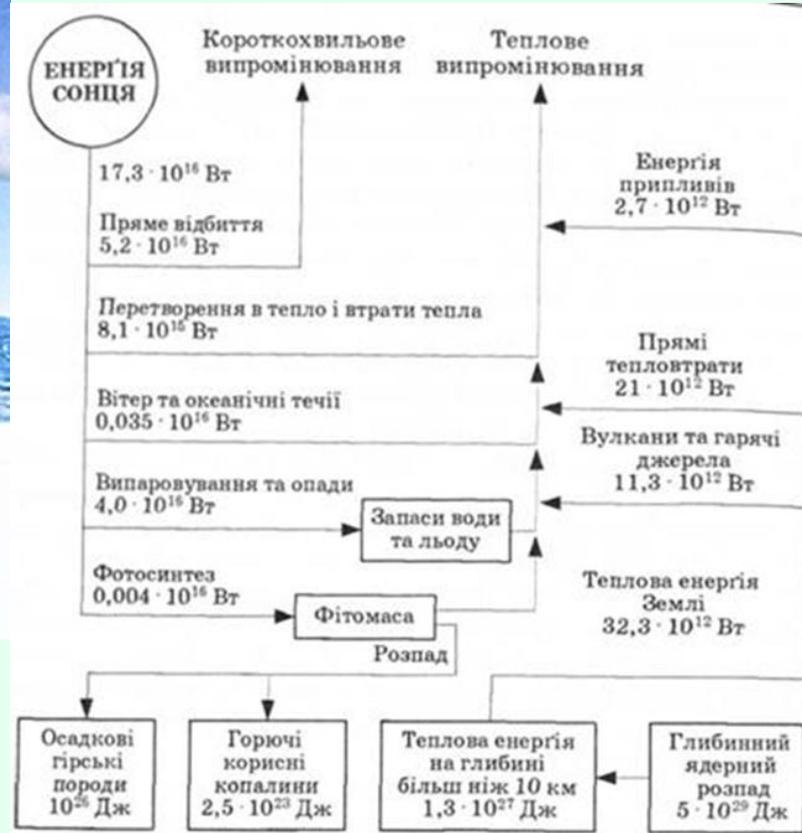
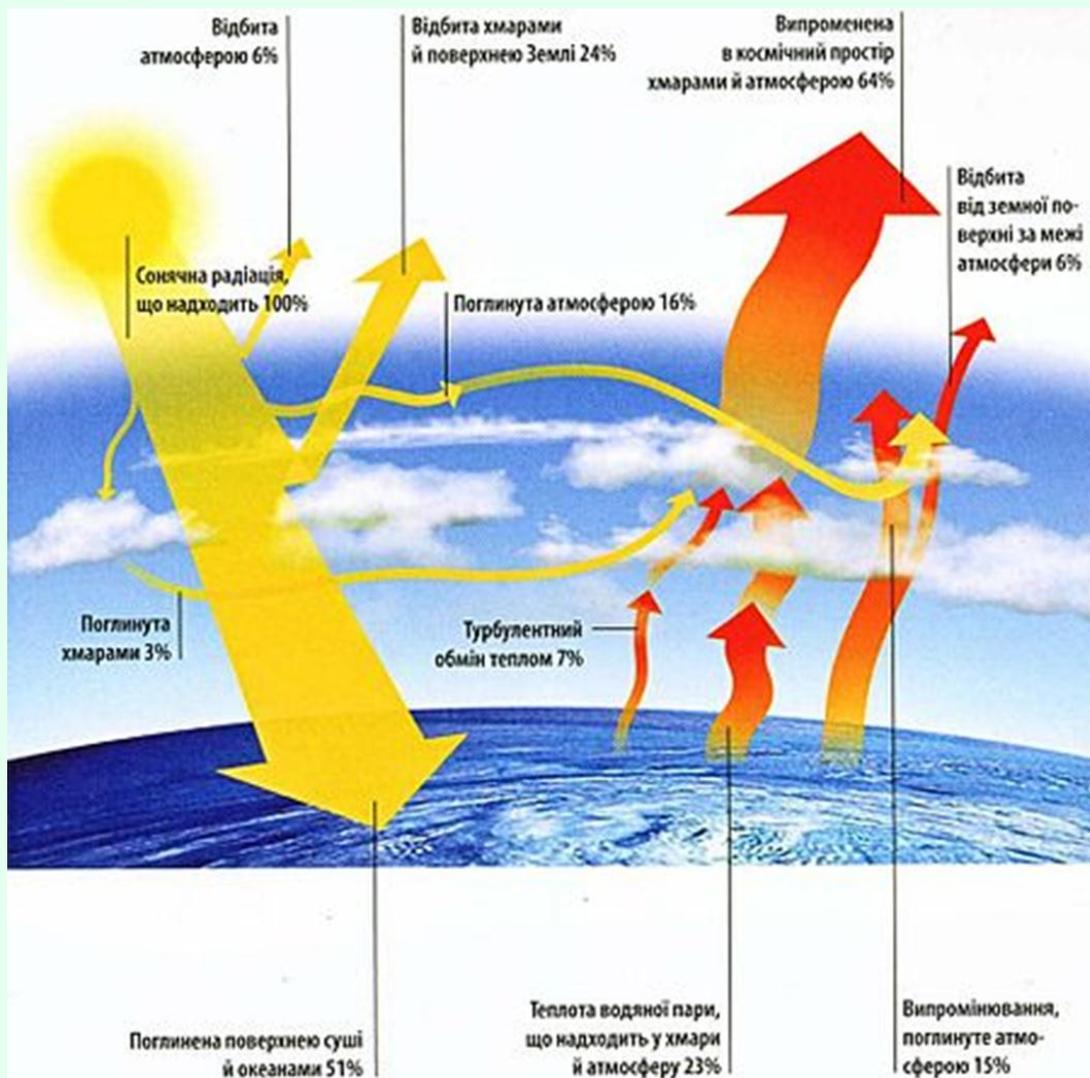
Екосистема - відкрита термодинамічна система.

Обмін з навколишнім середовищем енергією і речовиною відповідає законам термодинаміки:

1. Енергія переходить з однієї форми в іншу, але не зникає.
2. Ефективність перетворення кінетичної енергії (енергії квантів світла) в потенційну (енергію хімічних зв'язків) завжди менше 100%.







Для продуктивності екосистеми і для кругообігу біогенних елементів в ній найважливіше



Концепція продуктивності

Продуктивність - швидкість накопичування органічної речовини в одиницях маси або енергії на одиниці площі за одиницю часу.

Продукція - кількість органічної речовини, накопиченої в одиницях маси або енергії на одиницю площі.

Біологічна продуктивність

Первинна продуктивність - швидкість, з якою сонячна енергія засвоюється продуцентами і накопичується у вигляді органіки.

Вторинна продуктивність - швидкість накопичення енергії на рівнях консументів.

Валова первинна продуктивність (P_G) – загальна швидкість фотосинтезу, включаючи ті органічні речовини, які будуть використані самою рослиною для підтримки свого існування в процесі дихання.

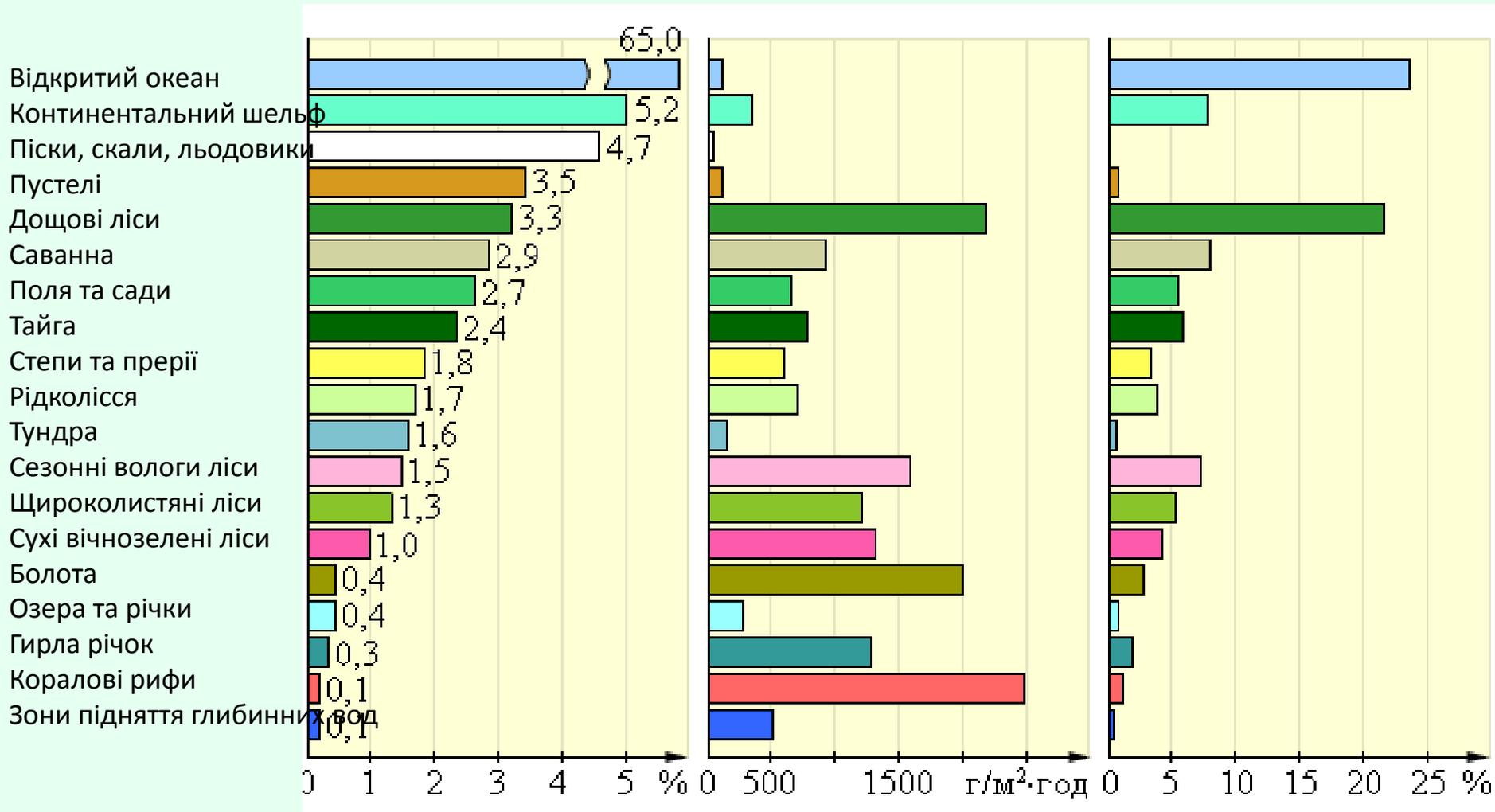
Чиста первинна продуктивність (P_N) - швидкість накопичення органічної речовини за вирахуванням витрат на дихання (R).

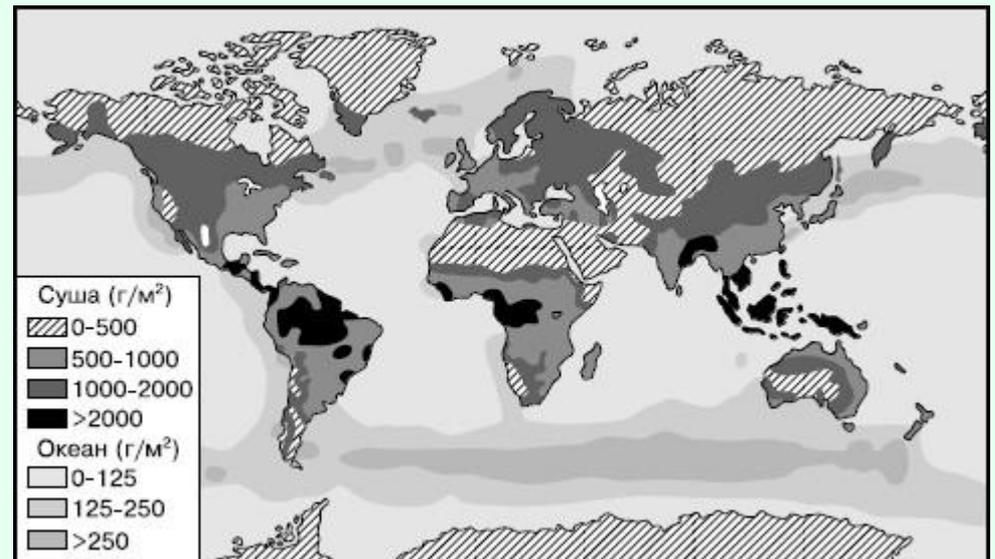
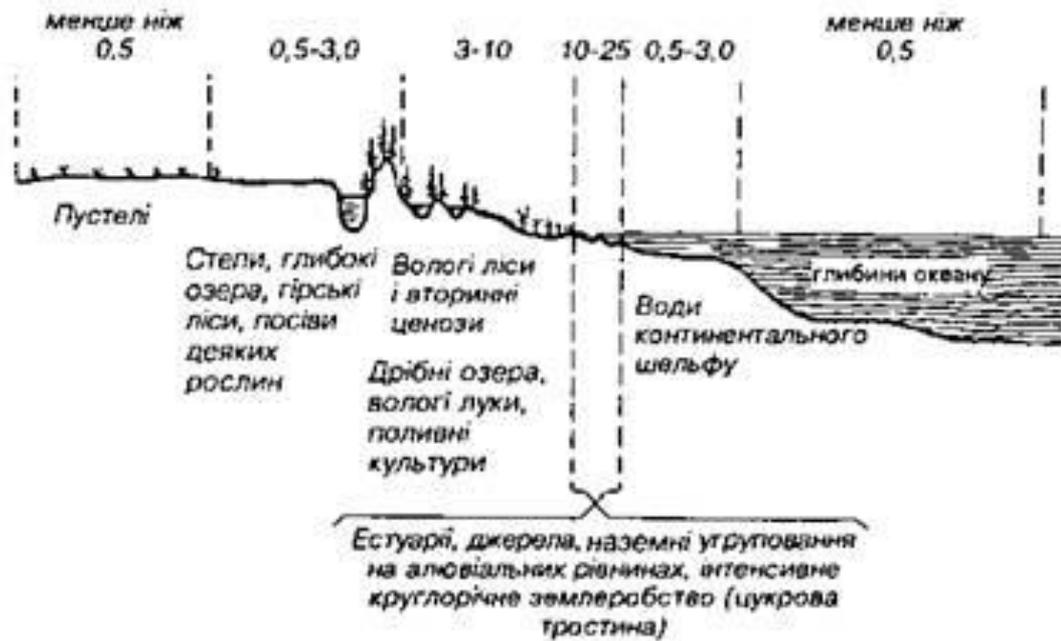
поділяється на валову і чисту

Від чого залежить величина первинної продукції?



Первинна продуктивність екосистем







Найбільш продуктивні біоценози

Вологі тропічні ліси

Коралові рифи

Екотони – угруповання на межах двох біомів

Потік енергії крізь екосистему

- Перенесення енергії їжі від її джерела - автотрофів (рослин) через ряд організмів шляхом поїдання називається **харчовий (трофічний) ланцюг**.
- Організми, які отримують свою енергію від Сонця через однакове число ступенів вважаються такими, що належать до одного **трофічного рівня**:



1 трофічний рівень - продуценти (зелені рослини);



2 трофічний рівень - первинні консументи (травоїдні);

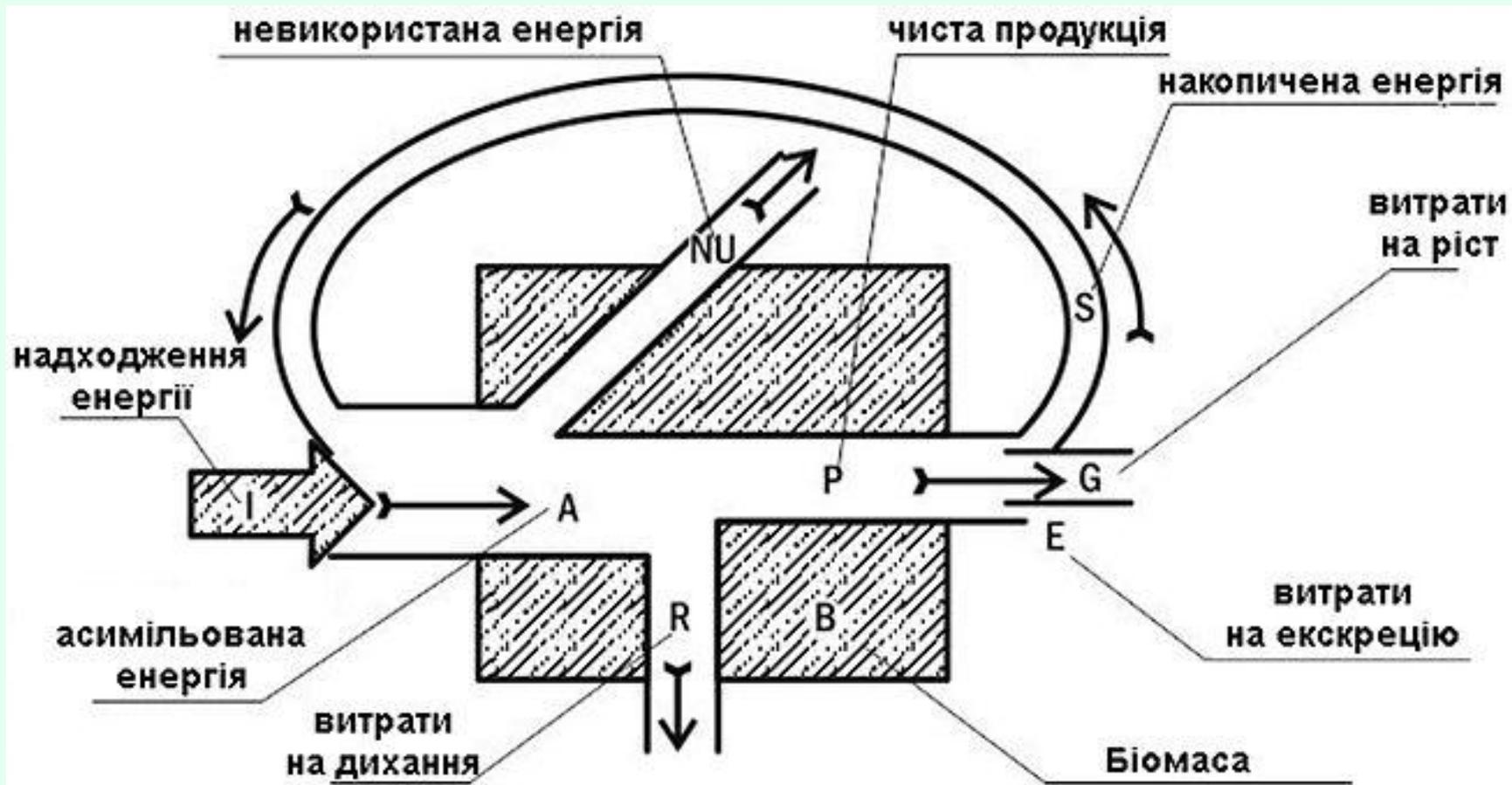


3 трофічний рівень - вторинні консументи (первинні хижаки);

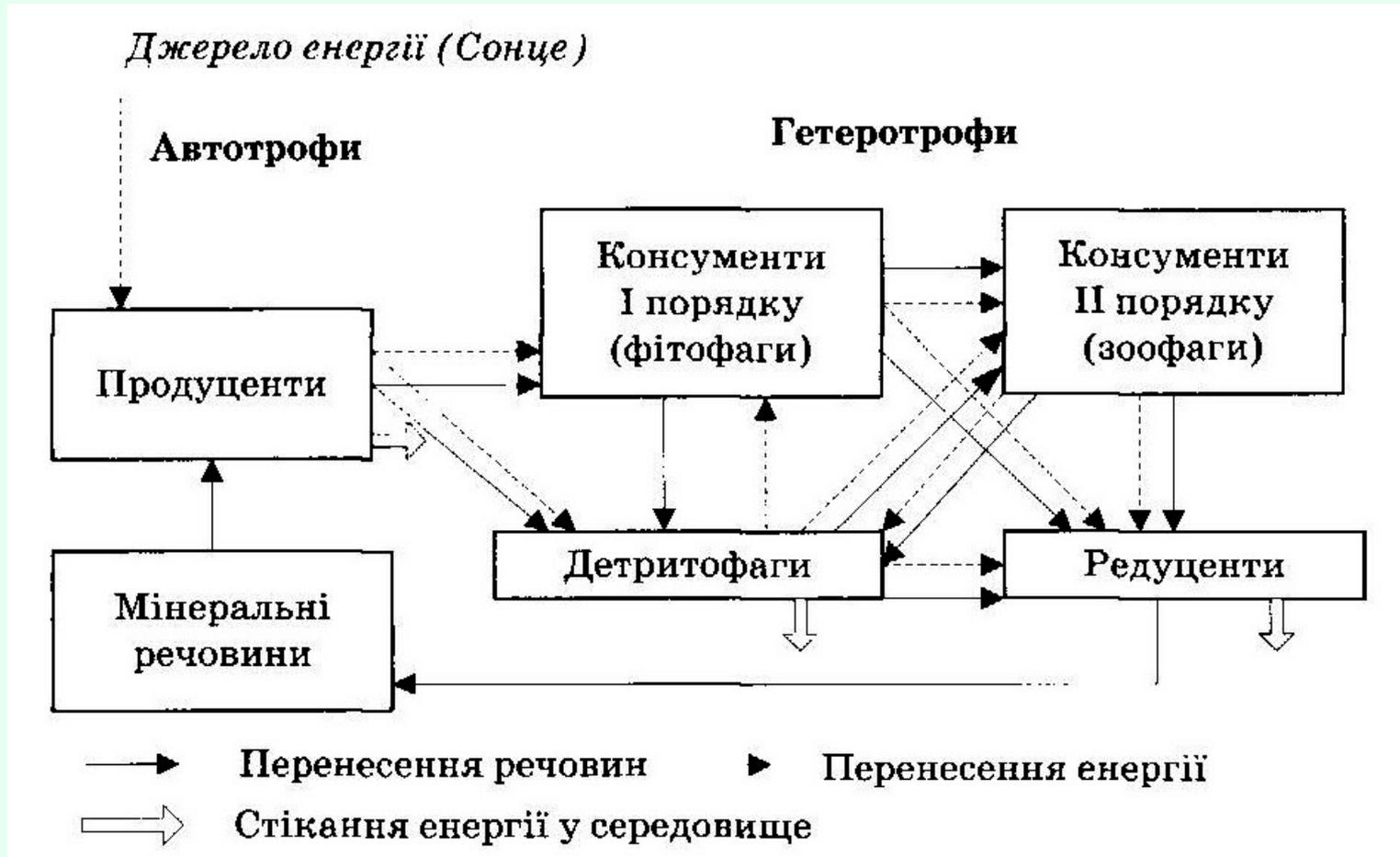


4 трофічний рівень - третинні консументи (вторинні хижаки).

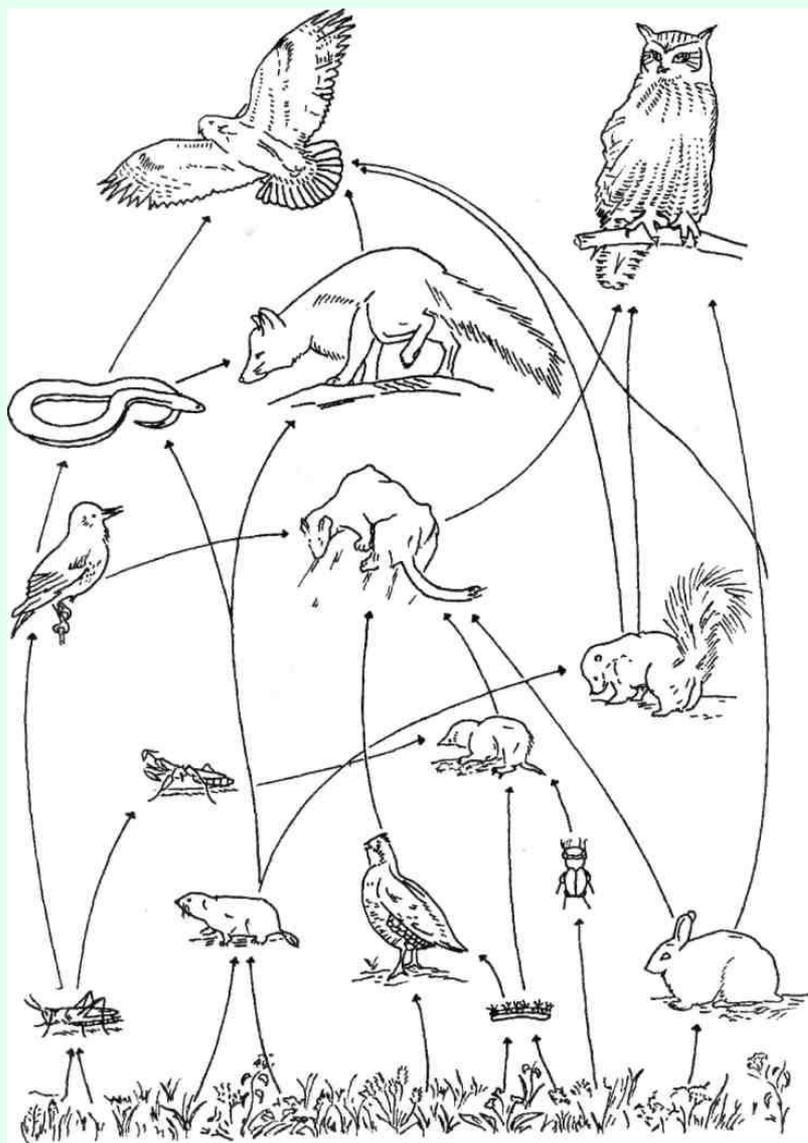
Універсальна модель потоку енергії крізь окремий компонент екосистеми



Трофічна структура біоценозів



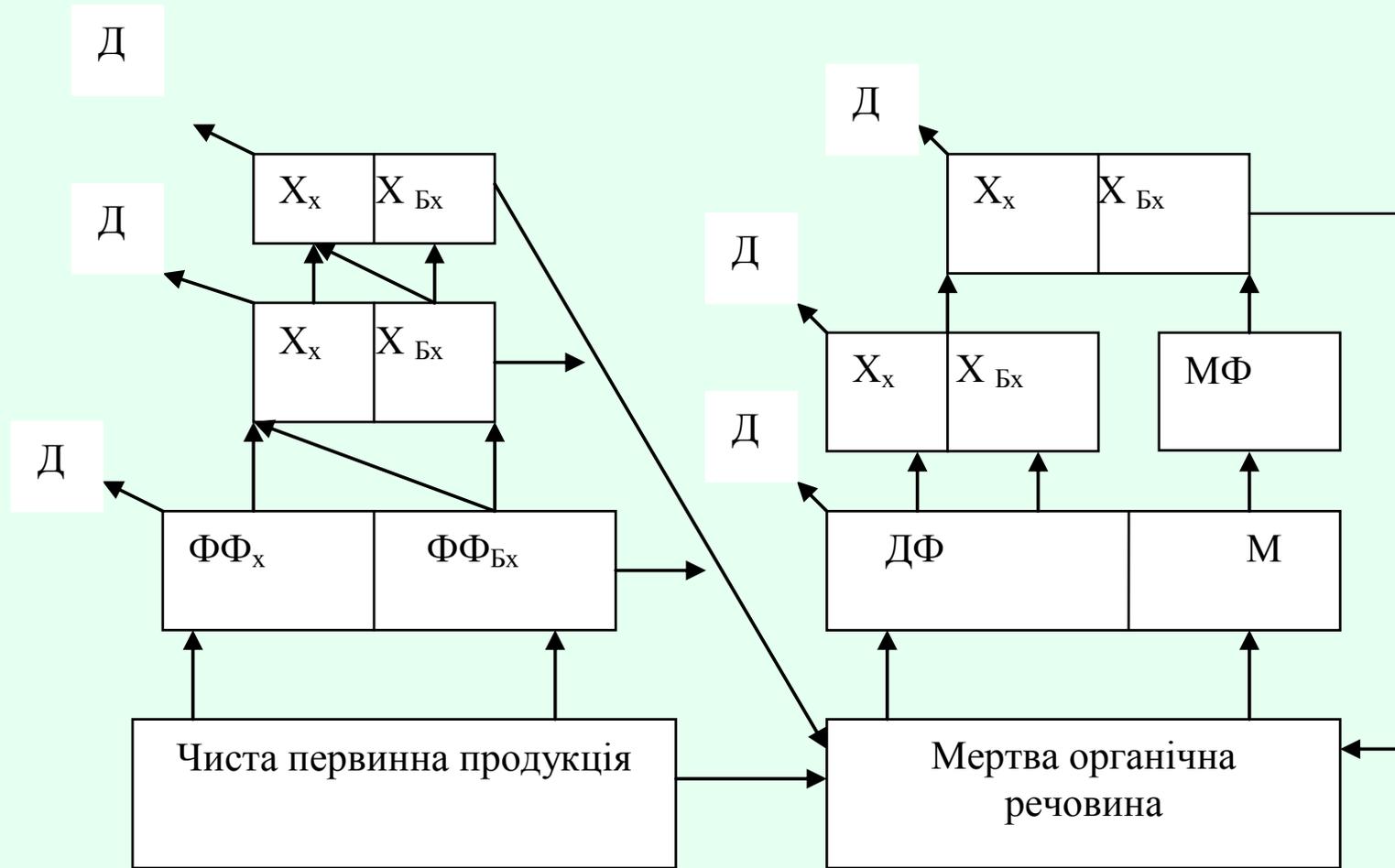
У будь-якій наземній екосистемі зустрічаються харчові ланцюги двох типів: **пасовищні** (починаються з зелених рослин) і **детритні** (починаючи з мертвої органічної речовини), які разом утворюють **двоканальний потік енергії** крізь екосистему.



Пасовищні та детритні ланцюги

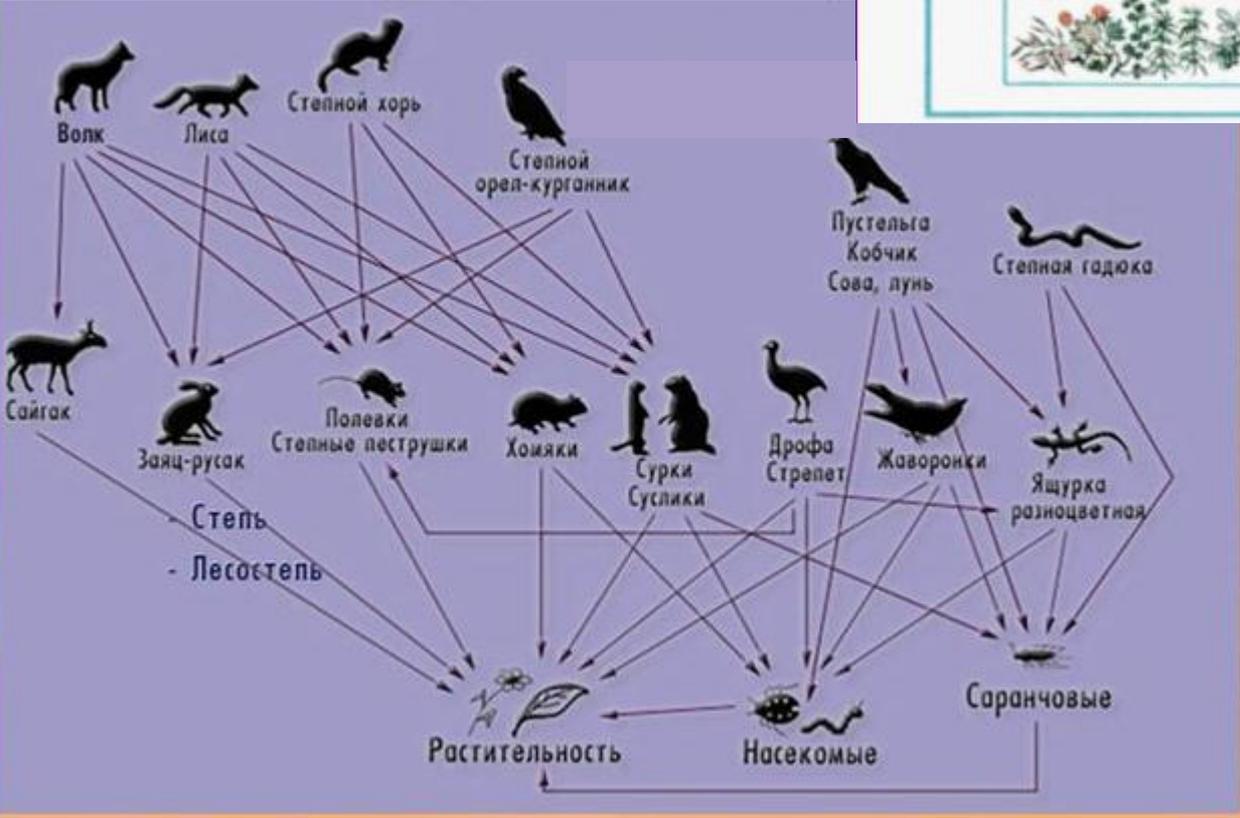
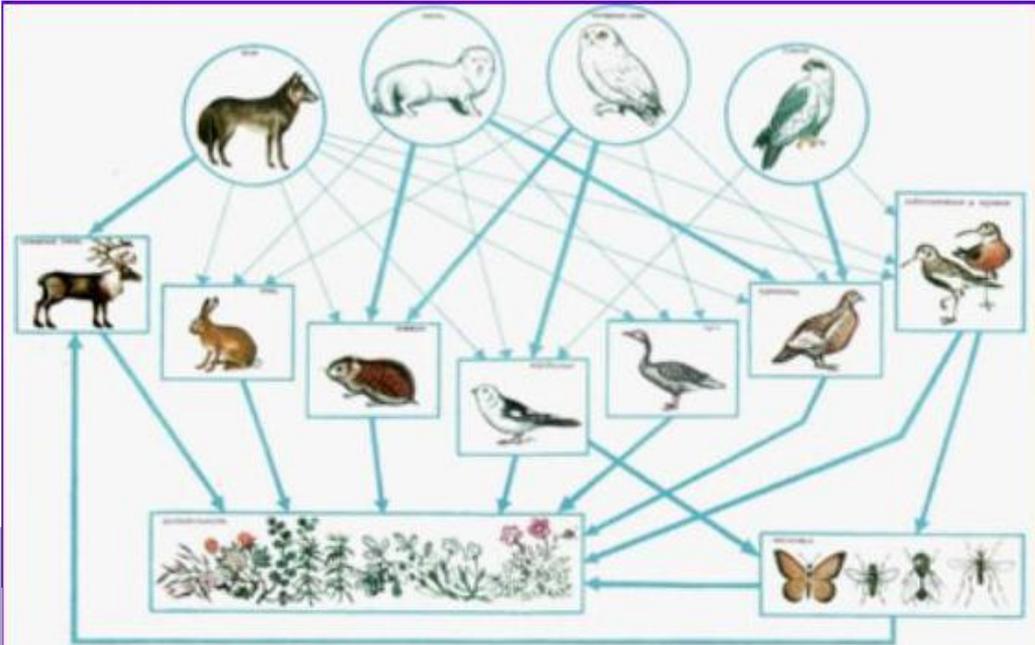


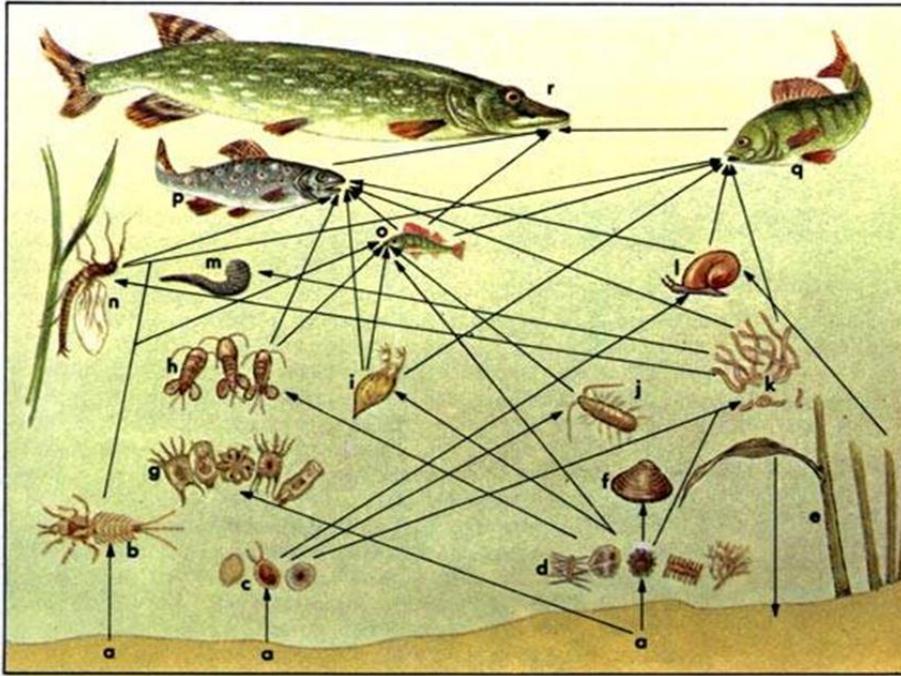
Двоканальність потоку енергії крізь екосистему



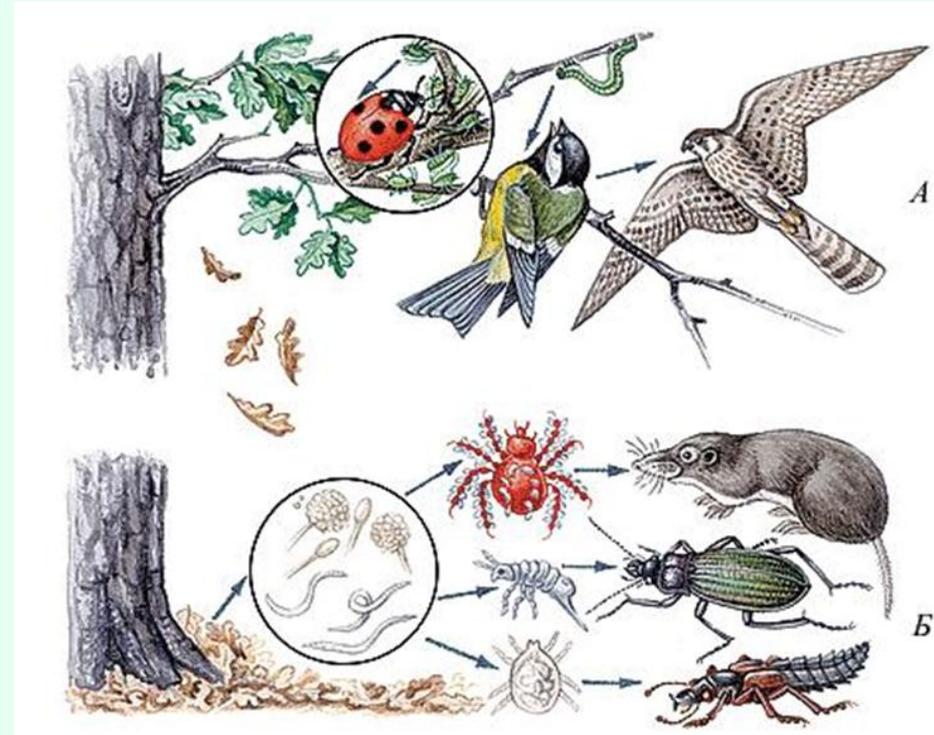
ФФ – фітофаги; ДФ – детритофагі; X_х – хижаки хребетні; X_{Бх} – хижаки безхребетні; М – мікроорганізми - редуценти

В экосистемах тундры та степу переважають пасовищні харчові ланцюги





В екосистемах лісу та водойм більшість енергії передається по детритним ланцюгам.



- Взаємний зв'язок пасовищного і детритного харчових ланцюгів дозволяє у відповідь на енергетичні впливи перемикає потоки.

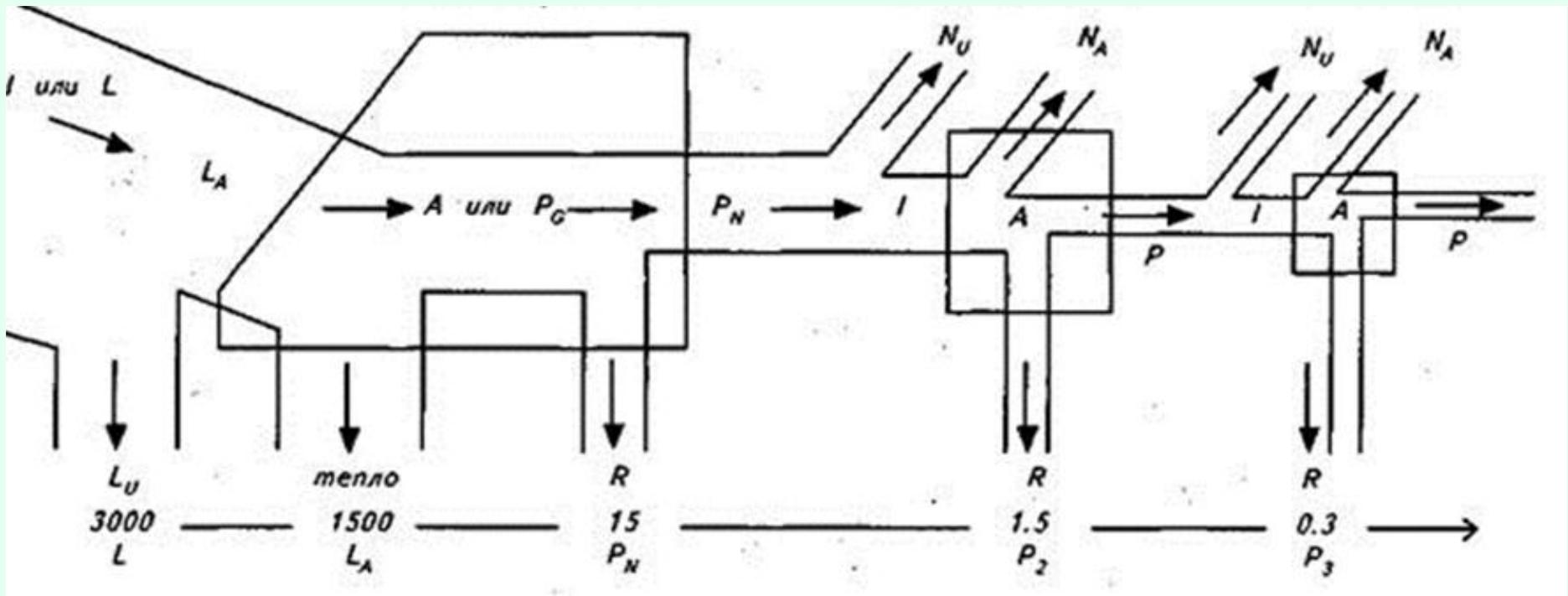
Однак завжди є межа допустимого впливу!



На першому трофічному рівні поглинається близько 50% падаючого світла, а перетворюється в енергію всього 1% поглинутої світлової енергії.

Вторинна продуктивність (P_2 і P_3) на кожному наступному трофічному рівні консументів становить близько 10% попереднього, хоча на рівні хижаків ефективність може бути вище (20%).

В цілому, ефективність переносу залежить від поживної цінності джерела енергії.



Спрощена схема потоку енергії на трьох трофічних рівнях (за Ю.Одумом):

I – загальне надходження енергії; L_A – світло, що поглинається рослинним покривом; P_G – ВПП; A – загальна асиміляція; P_N – ЧПП; P – вторинна продукція; N_U – невикористана енергія; N_A – неасимільована консументами енергія; R – дихання.

Ефективність переносу енергії

Ефективність поглинання енергії трофічним рівнем (ефективність Ліндемана)

$$E_{ПЕ} = \frac{I_t}{I_{t-1}} \cdot 100\%$$

Ефективність використання

$$E_B = \frac{I_t}{P_{t-1}} \cdot 100\%$$

Ефективність асиміляції

$$E_A = \frac{A_t}{I_t} \cdot 100\%$$

Ефективність продукування

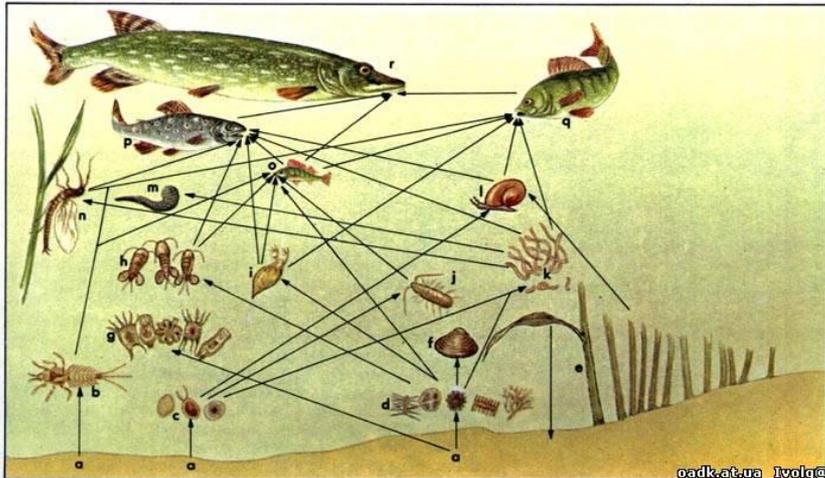
$$E_{П} = \frac{P_t}{A_t} \cdot 100\%$$

Екологічна ефективність

$$E_E = \frac{P_t}{P_{t-1}}$$

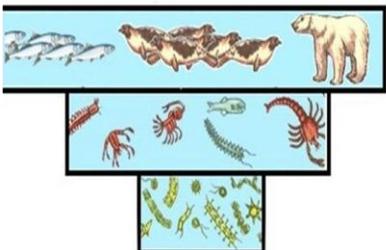
Методи вивчення і виявлення харчових ланцюгів і оцінки швидкості потоку енергії

1. Спостереження за харчуванням і вивчення вмісту шлунків.
2. Ізотопні мітки (C^{13} / C^{12} - їх різне співвідношення характерно для C_3 , C_4 - рослин і водоростей; ці характерні співвідношення передаються і консументам); (Співвідношення D^2 / H^1 в тканинах і фекаліях тварин відповідає цьому співвідношенню в їжі).
3. Використовують радіоактивні мітки для оцінки швидкості потоку енергії.



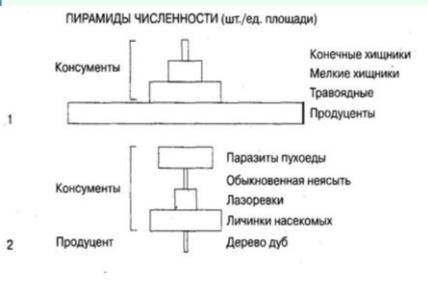
Н-д, після додавання в річку P^{32} середній час накопичення його максимальної концентрації : для водних рослин - кілька днів, фільтраторів - 1-2 тижні, для всеїдних - 3-4 тижні, для детритоїдних - 4-5 тижнів, для хижаків від 2 до 4 місяців.

Екологічні піраміди і енергія харчових ланцюгів



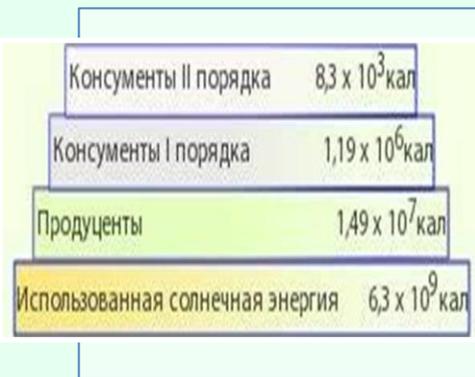
піраміда чисельності, що відображає чисельність окремих організмів.

Форма таких пірамід сильно залежить від розміру продуцентів (фітопланктон або дуби), що призводить до переоцінки ролі дрібних організмів; може бути обернена.



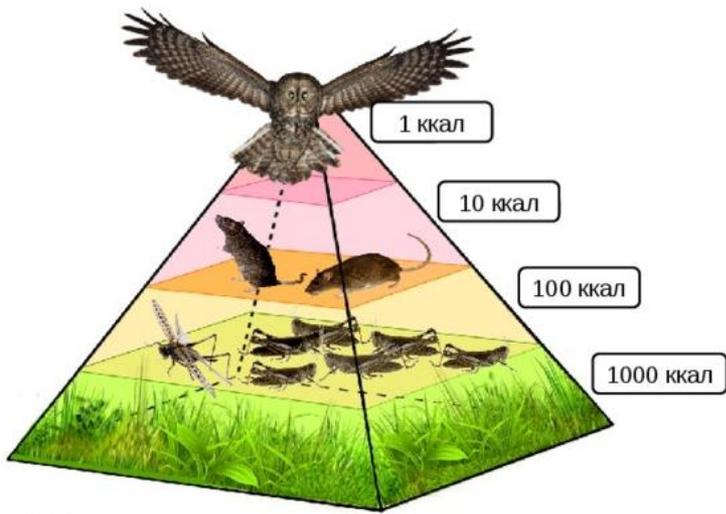
піраміда біомаси, що характеризує загальну суху масу живої речовини.

Може бути обернена і призводити до переоцінки ролі великих організмів.

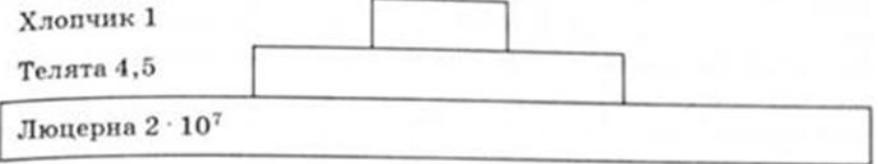


піраміда енергії, що показує величину потоку енергії і продуктивність.

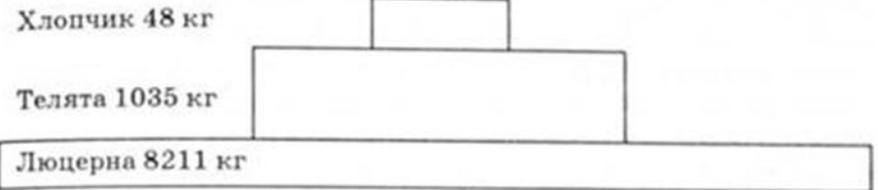
На форму цієї піраміди не впливають розміри та інтенсивність метаболізму особі, що дозволяє порівнювати екосистему між собою й оцінювати роль популяцій в біотичних спільнотах.



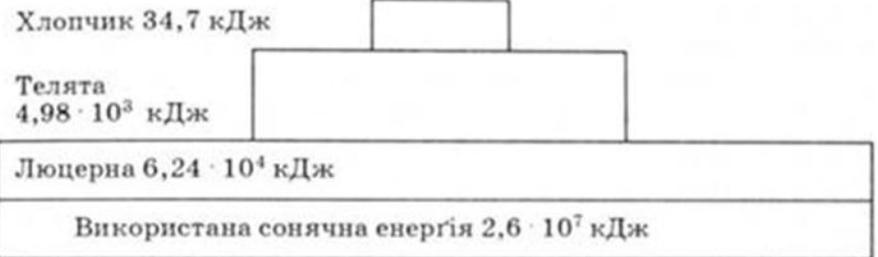
Піраміда чисел



Піраміда мас



Піраміда енергії



Екологічна піраміда

Трофічні рівні

1 кг

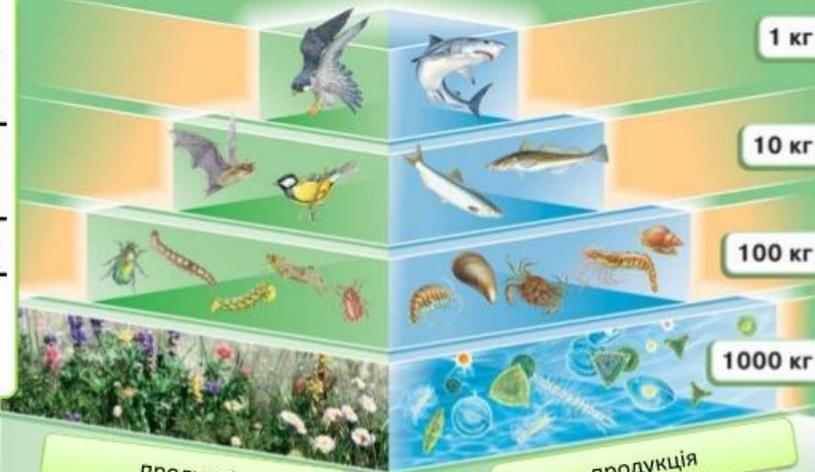
10 кг

100 кг

1000 кг

продукція

продукція



Кількість трофічних рівнів

$$KTP = 1 + \frac{\log(\text{поглинута хижаком: ЧПП})}{\log(\text{серед.екол.ефективність})}$$

Угруповання	ЧПП кал/м ² *рік	Поглинання хижаками кал/м ² *рік	Екологічна ефективність, %	Кількість трофічних рівнів
Відкритий океан	500	0,1	25	7,1
Морське прибережжя	8000	10,0	20	5,1
Степ	2000	1,0	10	4,3
Тропічний ліс	8000	10,0	5	3,2