



Поняття екосистеми та біогеоценозу

- ✓ Концепція функціонування екосистеми
- ✓ Структура екосистеми
- ✓ Продуценти. Гетеротрофи. Редуценти.
- ✓ Енергія в екосистемах.
- ✓ Схема біогеоценозу (Сукачов В.Н.).
- ✓ Компоненти біогеоценозу: біотоп (кліматичний режим, рельєф) та біоценоз (мікроорганізми, рослини, тварини).
- ✓ Харчові ланцюги, харчові мережі та трофічні рівні. Екологічні піраміди.
- ✓ Приклади екосистем.
- ✓ Розвиток і еволюція екосистеми. Стратегія розвитку екосистеми. Поняття сукцесії.

Природа функціонує як цілісна система, незалежно від того, яке середовище розглядається (прісноводне, морське, наземне).



*Карл Август Мебіус
(1825-1908)*

Біоценоз (греч. bios - життя, koinos - загальний)
- історично сформована стійка сукупність
популяцій рослин, тварин, грибів і
мікроорганізмів, пристосованих до спільного
проживання на однорідній ділянці території або
акваторії.

(1877)

Біогеоценоз – відносно однорідна ділянка земної
поверхні з певним типом рослинності та складом
живих і неживих компонентів, об'єднаних
кругообігом речовин і потоком енергії.



*Сукачов В.Н.
(1880-1967)* 2



Екосистема – будь-яке визначене в часі та просторі співтовариство живих істот і його середовище існування, об'єднані в єдине функціональне ціле, що виникає на основі внутрішніх і зовнішніх зв'язків.
(1935)

Тэнсли Артур Джордж
(1871-1955)

Екосистема – сукупність живих організмів і середовище їх проживання, пов'язаних обміном речовин, енергією та інформацією.

Біоценоз - сукупність живих організмів, пристосованих до спільного проживання на однорідній ділянці території або акваторії.

Біотоп (від давньогр. βίος — життя і topos — місце) - ділянка земної поверхні з однотипними умовами середовища, яку займає певне угруповання організмів (біоценоз).



Умови середовища,
видозмінені живими
організмами

Екотоп - навколишнє неорганічне середовище (кліматоп - комплекс кліматичних факторів + едафотоп - ґрунтово-ґрунтові умови).



Первинний комплекс факторів фізико-географічного середовища без участі живих істот.



Біоценоз

+



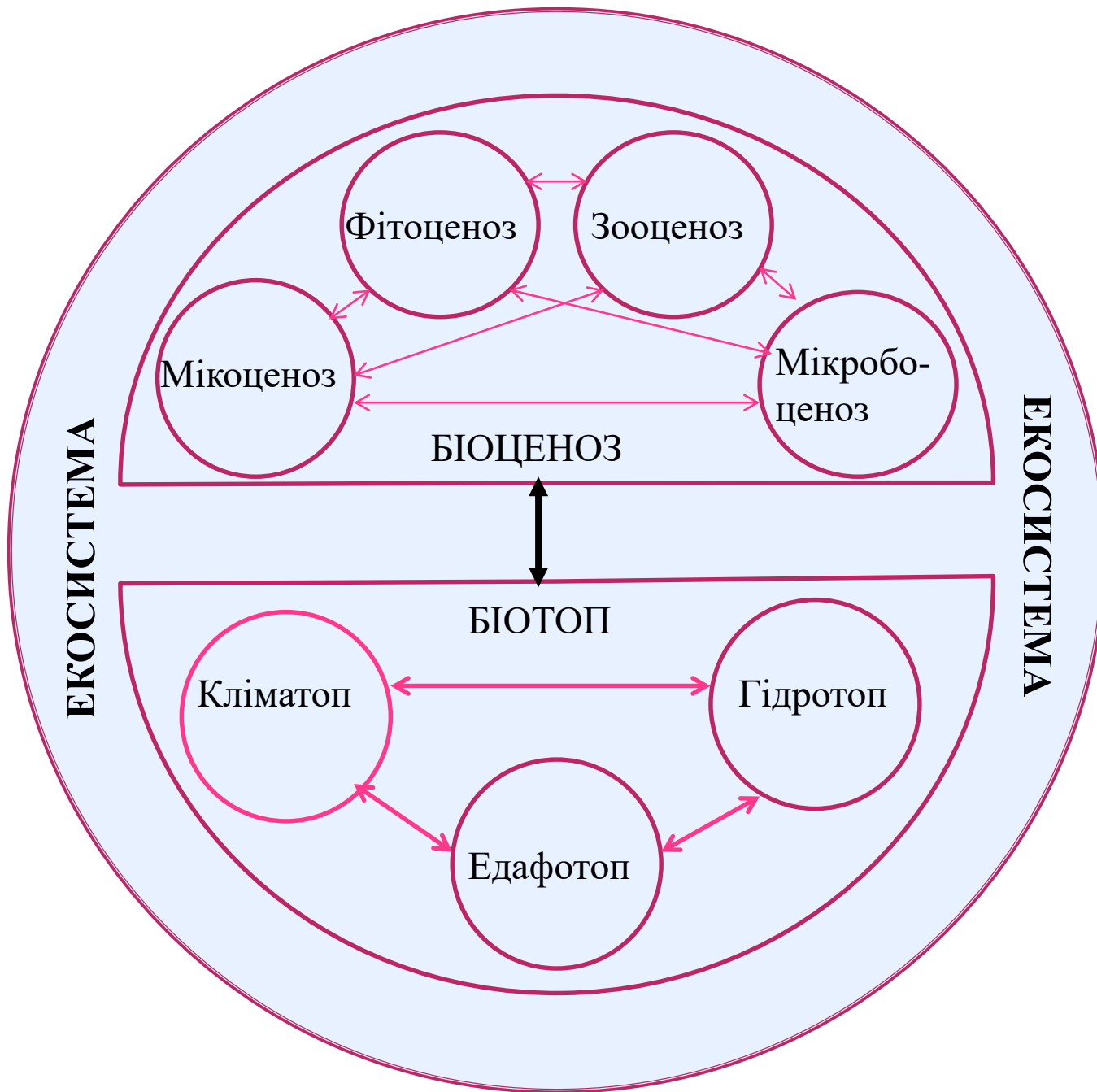
Біотоп

=



ЕКОСИСТЕМА

Екосистема - надорганізменна система, в якій біотичний компонент представлений біоценозом, а абіотичний - біотопом



Біогеоценоз і екосистема - поняття подібні, але не тотожні.

визначеність обсягу
(екосистема, межі якої
зумовлені характером
рослинного покриву, тобто
певним фітоценозом).

не має рангу і
розмірності
(простір будь-якої
протяжності)

мурашник, сухе дерево,
акваріум, водосховище,
парк, ліс, складні
природні екосистеми

Будь-який біогеоценоз є екосистемою, але не всяка екосистема є біогеоценозом.

Властивості екосистеми

- **Емерджентність** – властивість системи залежать не тільки від складових компонентів, але і від особливостей взаємодії між ними.
- **Принцип нерівноважності** – система повинна бути відкритою, що забезпечує надходження та відтік енергії і речовин.
- **Принцип необхідного різноманіття елементів** $2 \div \infty$
- **Стійкість** динамічної системи і її **здатність до самозбереження** залежить від переважання внутрішніх взаємодій над зовнішніми

Функціонування екосистеми - сукупність взаємопов'язаних, багатофакторних процесів.

▪Принцип відкритості

Екосистеми існують за рахунок постійної сонячної енергії, кількість якої щодо постійно і надлишково.

▪Принцип стаціонарного стану екосистеми

Екосистеми здатні невизначено довго підтримувати стійкий стан, не страждаючи від виснаження ресурсів і забруднення власними відходами, за рахунок отримання ресурсів і позбавлення від відходів, що відбуваються в рамках кругообігу елементів і речовин.

▪Принцип розподілу біомаси

Чим більше біомаса популяції, тим нижче трофічний рівень, який вона займає і тим більше залежність популяції від параметрів біоти.

▪ **Принцип перерозподілу енергії в екосистемі**

Екосистема функціонує за рахунок відносного зменшення енергії в біотопі та відносного підвищення енергії в біоценозі.

▪ **Принцип еволюції**

Динамічні самопідтримуючі системи еволюціонують у бік ускладнення і виникнення системної ієрархії (утворення підсистем). Еволюція будь-якої системи веде до збільшення сумарного потоку енергії, що проходить через неї. Зі збільшенням різноманітності і складності системи відбувається прискорення еволюції.

Тривалість існування кожної екосистеми підтримується за рахунок загального кругообігу речовин і постійного припливу сонячної енергії.

Стійкість екосистеми забезпечується біологічною різноманітністю і складністю трофічних зв'язків організмів, що входять до її складу.

Екосистеми - відкриті нерівноважні термодинамічні системи, які постійно обмінюються з навколишнім середовищем енергією і речовиною, зменшуючи цим ентропію всередині себе, але збільшуючи ентропію зовні.

Гомеостаз - здатність організму або системи підтримувати стійку (динамічну) рівновагу при змінах умов середовища.

Типи стабільності:

- *Резистентна стійкість* - здатність екосистеми чинити опір до будь-яких факторів навколишнього середовища, підтримуючи незмінною свою структуру і функцію.
- *Пружна стійкість* - здатність системи відновлюватися після того, як її структура і функція були порушені.

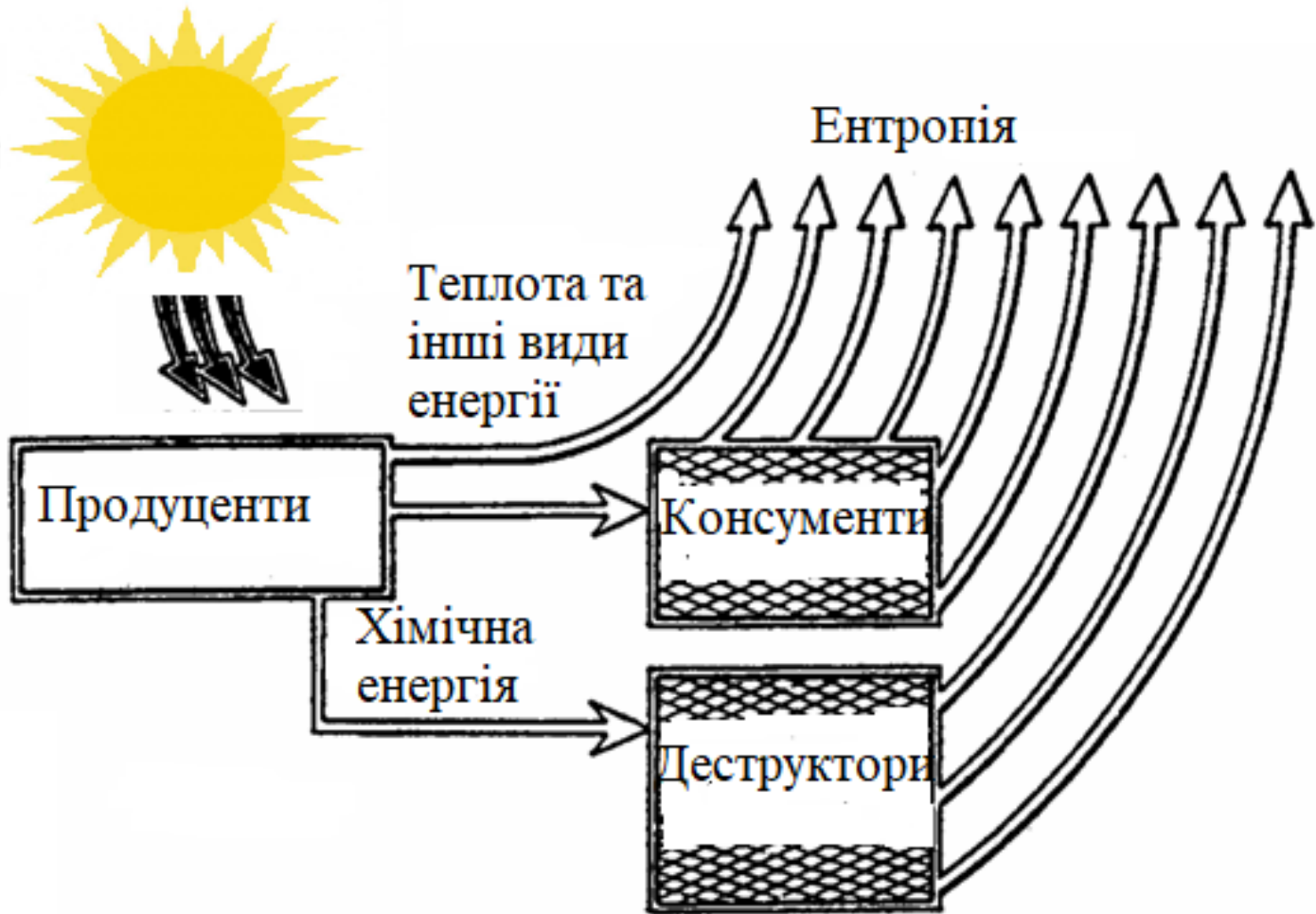
Два типи стабільності пов'язує зворотна залежність - системі важко одночасно розвинути обидва типи стійкості.

Енергія в екосистемах

Розсіювання енергії сонячного випромінювання (в % від річного надходження в біосферу). (Hulbert, 1971.)

	%
Відбивається	30
Прямо перетворюється в тепло	46
Випаровування, осаді	23
Вітер, хвилі, течія	0.2
Фотосинтез	0.8
Енергія приливів	~0.0017%
Тепло Землі	0.5 %

Схема потоку енергії в екосистемі

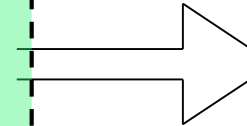
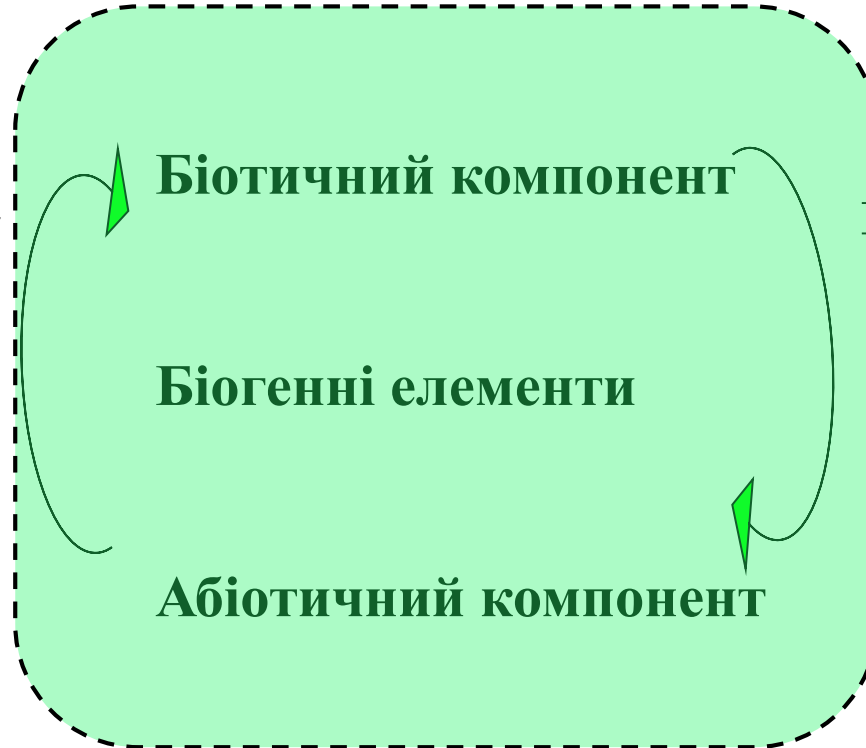
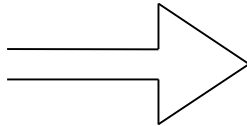


Потік енергії в екосистемі (по Ф. Рамаду, 1981)

Функціональна схема екосистеми

ЕКОСИСТЕМА

Енергія
світла



Теплова
енергія

Структура екосистеми (біологічний аспект):

- Неорганічні речовини (С, N₂, CO₂, H₂O та ін.)
- Органічні речовини (білки, вуглеводи, ліпіди та ін.), які пов'язують біотичну і абіотичну частини;
- Біотоп (фактори середовища: повітряне середовище, водне, кліматичний режим та ін.)
- Продуценти – автотрофні організми;
- Консументи – фаготрофи (від грец. пожирач), гетеротрофні організми;
- Редуценти – сапротрофи (від грец. гнилий), деструктори, гетеротрофні організми (в основному бактерії або гриби).

Класифікація живих організмів за способом живлення



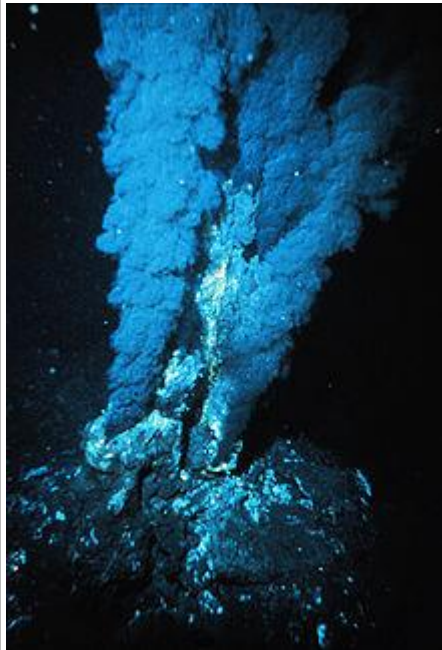
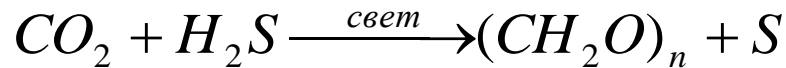
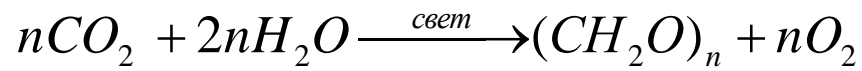
Автотрофи синтезують складні органічні речовини із неорганічних: води, вуглекислого газу, мінеральних солей.

Гетеротрофи використовують для живлення готові органічні речовини.

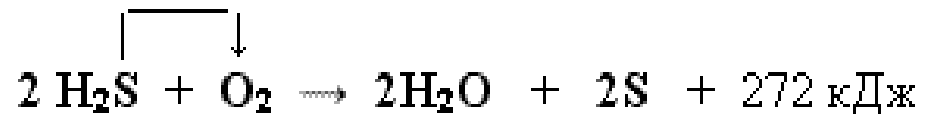


Класифікація живої речовини за екологічними функціями

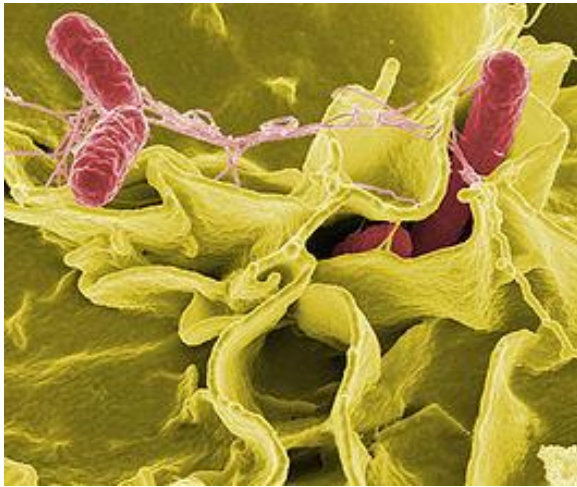
Продуценти (фототрофи, хемотрофи) - створюють живу речовину, первинну біомасу з неорганічних речовин (грунту, води, повітря) і енергії світла або енергії хімічних реакцій.



Хемотрофи – організми, що отримують енергію в результаті окислювально-відновних реакцій, окисляючи хімічні сполуки, багаті енергією.



Співтовариства мікроорганізмів чорних курців - основні продуценти на дні океанів



Salmonella sp.

Хемоорганогетеротрофи - використовують органічні сполуки і як джерела вуглецю, і як донори електронів.

Сальмонели зброджують вуглеводи і спирти з утворенням кислоти, а іноді і газу. Оселяючись на стінках кишечника, «новоприбулі» сальмонели виділяють токсин TTSS-1, який знищує конкурентів. При цьому гине і частина самих сальмонел.

Автотрофи			Гетеротрофи		
Фототрофи		Хемотрофи	Сапротрофні		Паразити
Джерело вуглецю	<i>Вуглекислий газ</i>		<i>Всмоктування речовин, що розкладаються</i>		<i>Органічні речовини живих тіл</i>
Джерело енергії	<i>Світло (фотосинтез)</i>	<i>Окислювально-відновні реакції (хемосинтез)</i>	<i>Екзотермічні реакції окислення органічної речовини</i>		
Приклади	<i>Фотосинтезуючі бактерії, водорості, вищі рослини</i>	<i>Хемосинтезуючі бактерії (залізо-бактерії, азотфіксуючі бактерії та ін.)</i>	<i>Тварини</i>	<i>Бактерії бродіння, гниття, гриби</i>	<i>Паразитичні організми</i>

Консументи - споживачі органічних речовин (гетеротрофи). По порядку в ланцюгах харчування розрізняють консументи 1-го порядку - травоядні, 2-го порядку-м'ясоїдні ...

Редуценти - деструктори, харчуються детритом (мертвою органічною речовиною).

Детритофаги: комахи, черви, сапрофітні гриби. Численні бактерії різних видів, харчуючись, розкладають складні органічні молекули до простих неорганічних сполук.



*Анаеробні сульфатредукуючі бактерії *Desulfovibrio H₂S**

Харчовий ланцюг

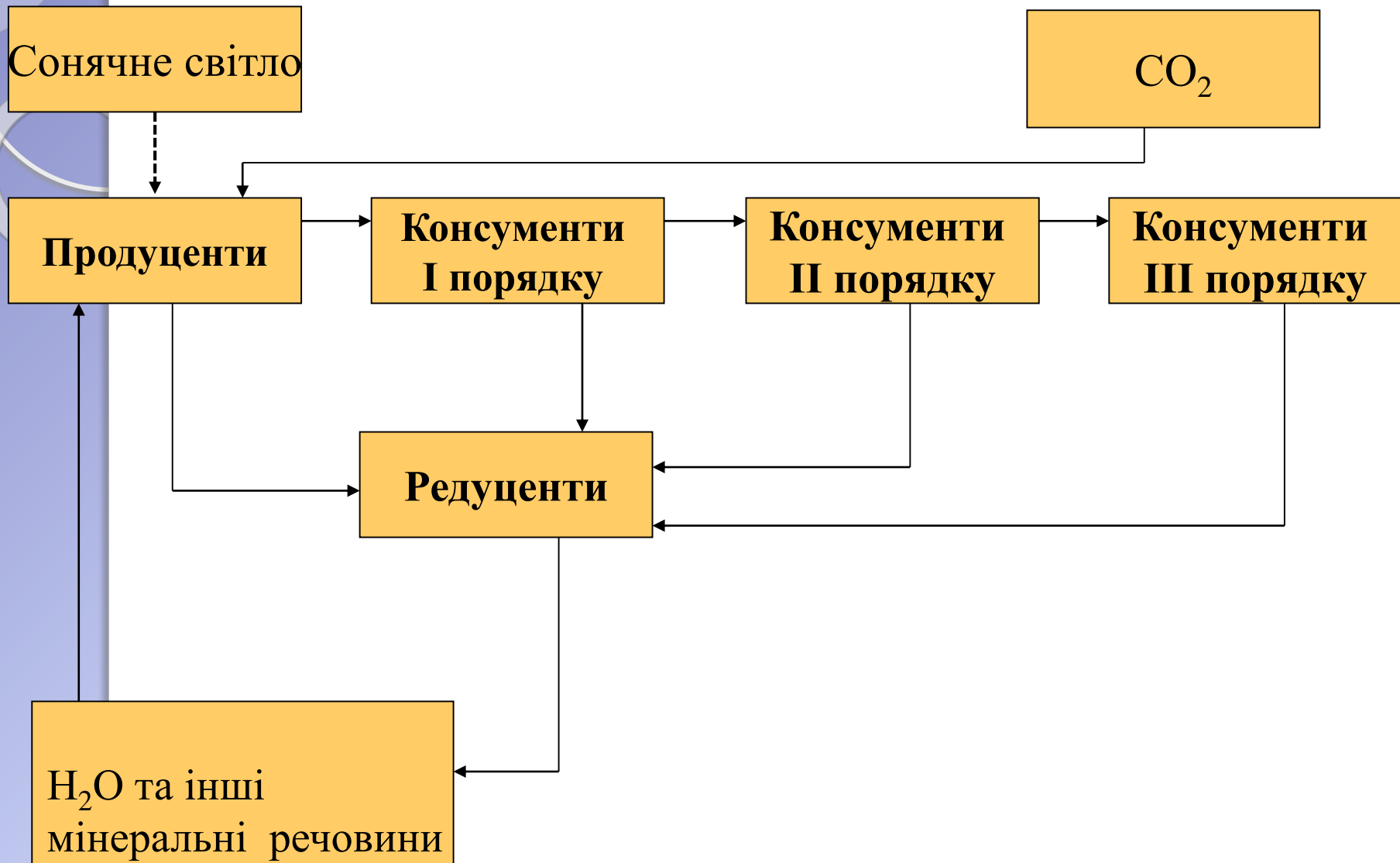
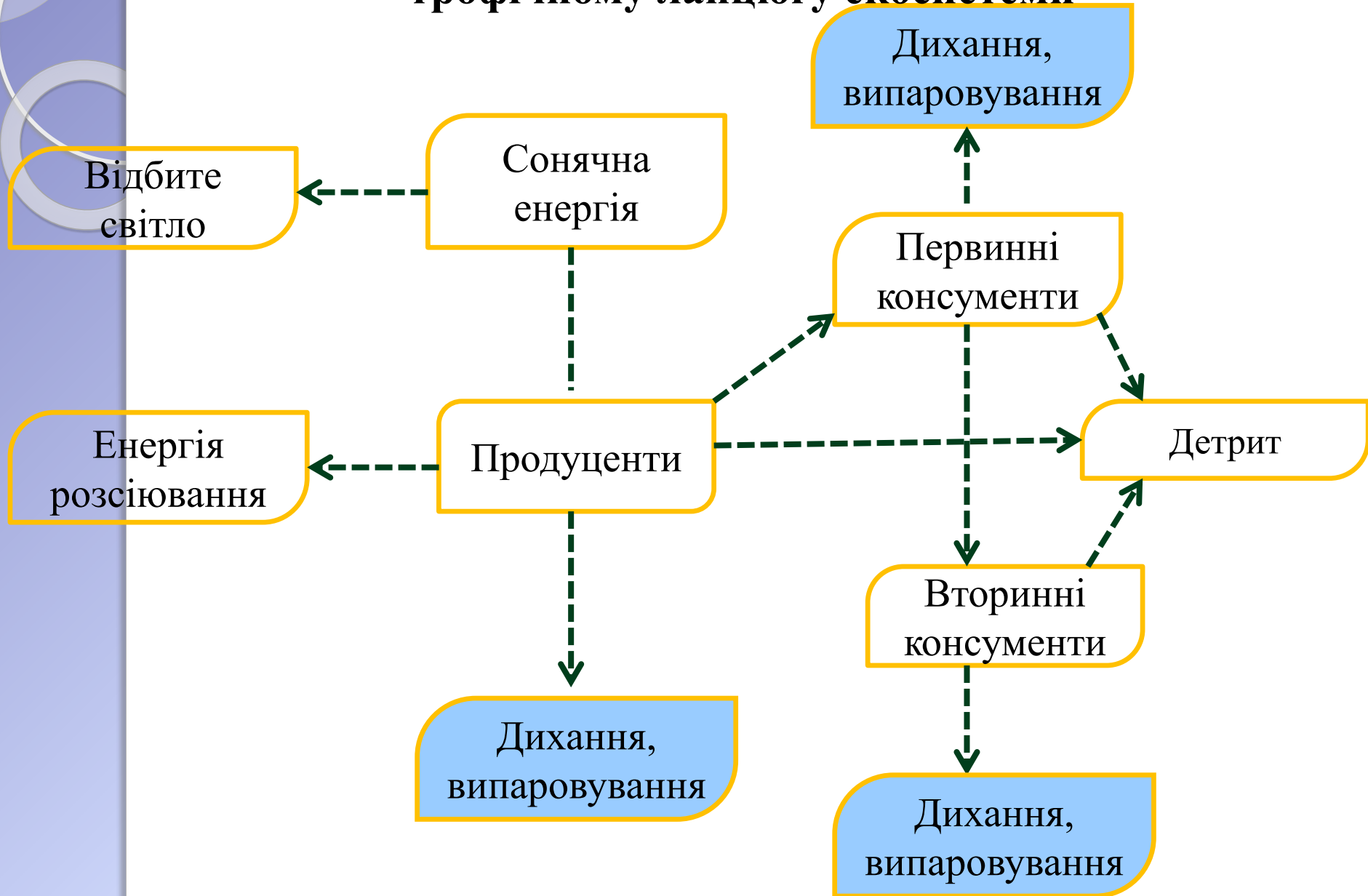


Схема перенесення речовини (—) в процесі біотичного кругообігу речовин

Схема перерозподілу та трансформації енергії по трофічному ланцюгу екосистеми

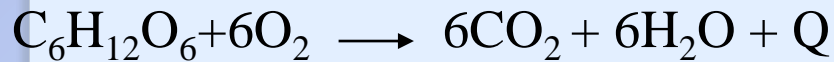


Класифікація процесу розкладання органічної речовини



Дихання (аеробне і анаеробне)

Аеробне - процес розкладання синтезованої органічної речовини до CO_2 і H_2O із звільненням енергії. Протікає в присутності O_2 , який виступає окислювачем. Отримана енергія витрачається для підтримання життєдіяльності і побудови нових клітин власного організму.

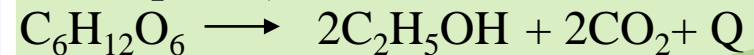


Анаеробне (при відсутності кисню) дихання протікає повільніше, з виділенням меншої кількості енергії з одиниці субстрату. Окислювачем виступає органічні та неорганічні сполуки. До такого типу дихання пристосовані денітрифікуючими бактерії, кишкові паразити.

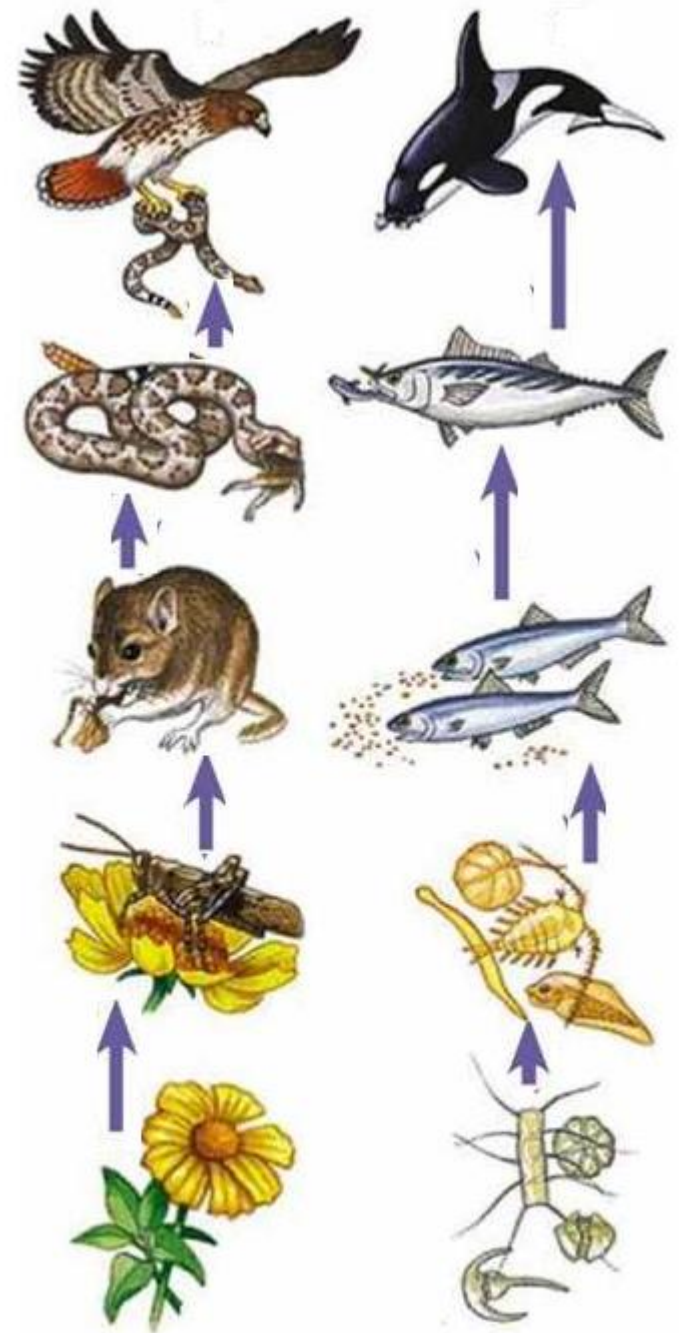


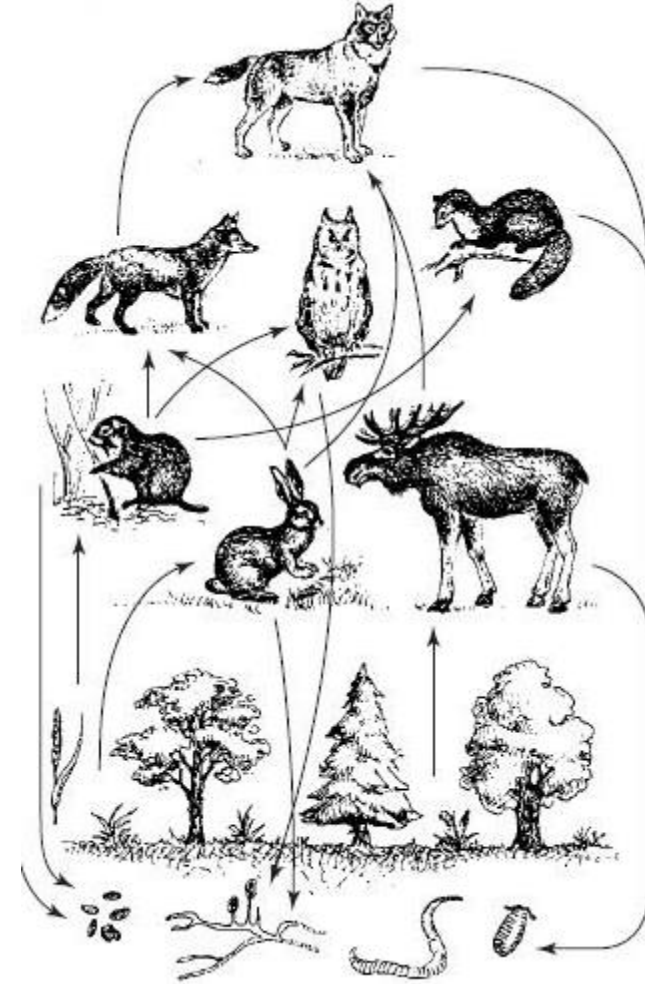
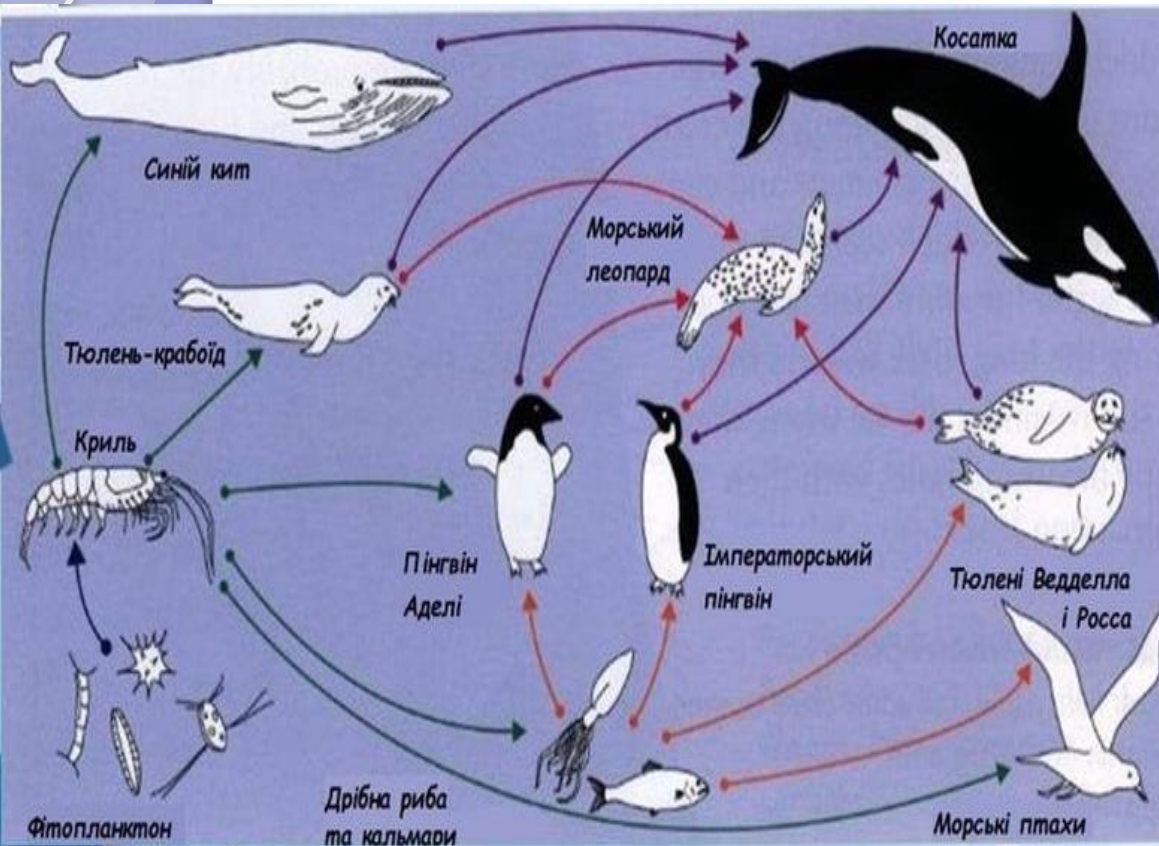
Бродіння

Бродіння - процес анаеробного ферментативного розщеплення органічної речовини мікроорганізмами, при якому звільнена енергія використовується для біосинтезу амінокислот, білків. При бродінні органічна сполука, що окислюється, сама є окислювачем (акцептор електронів).



Ланцюг живлення (трофічний ланцюг) – перенесення енергії та речовини від організмів одного трофічного рівня до організмів іншого рівня.





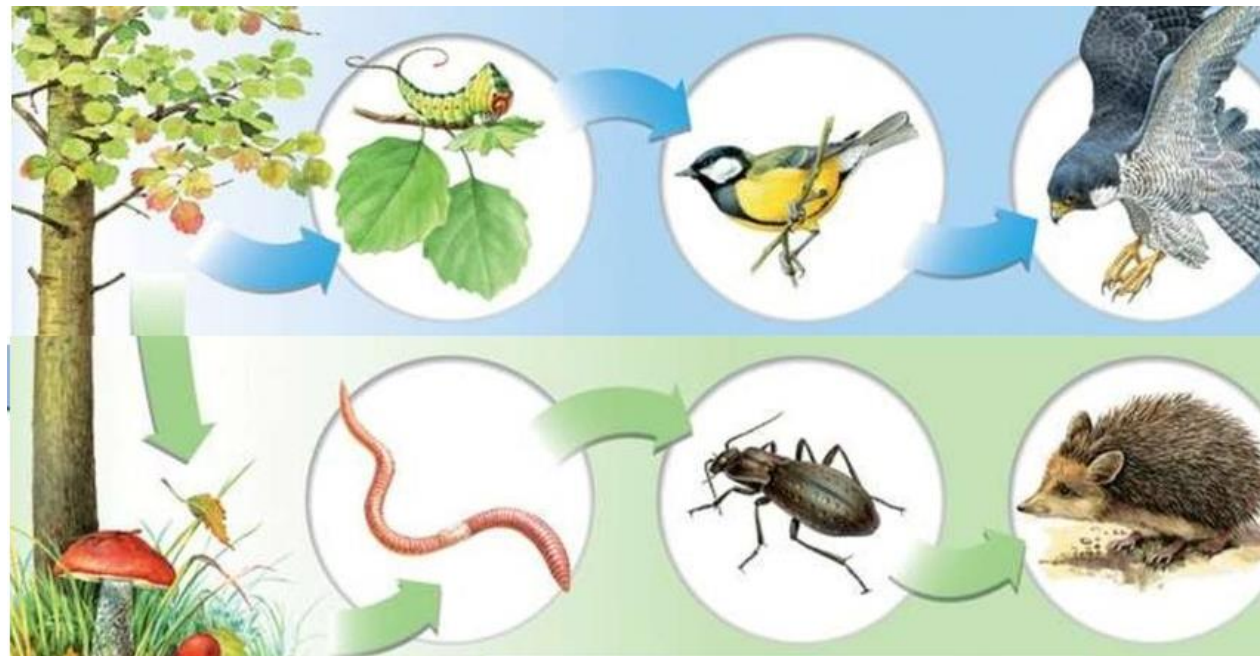
Ланцюги живлення багаторазово розгалужуються і переплітаються, утворюючи складні харчові мережі.

Харчова мережа (трофічна мережа) — харчові відносини груп організмів в угрупованні, де всі живі істоти є об'єктами живлення інших.


Типи харчових ланцюгів: пасовищні (ланцюги виїдання, ланцюги споживання); детритні (ланцюги розкладання).

Пасовищні починаються з продуцентів: рослини → корова → вовк;
фітопланктон → зоопланктон → плотва → щука → скопа

Детритні ланцюги починаються з детриту (залишків живих організмів і екскрементів тварин): мікроорганізми → дрібні тварини (детритофаги) → хижаки.



Детритні ланцюги поширені в лісах, де основна частина (біля 90%) щорічного приросту біомаси не споживається безпосередньо рослиноїдними тваринами, а піддається розкладанню та мінералізації.



Харчові мережі всередині кожного біогеоценозу мають виражену структуру і характеризується кількістю, розміром і загальною масою організмів - біомасою - на кожному рівні ланцюга живлення.

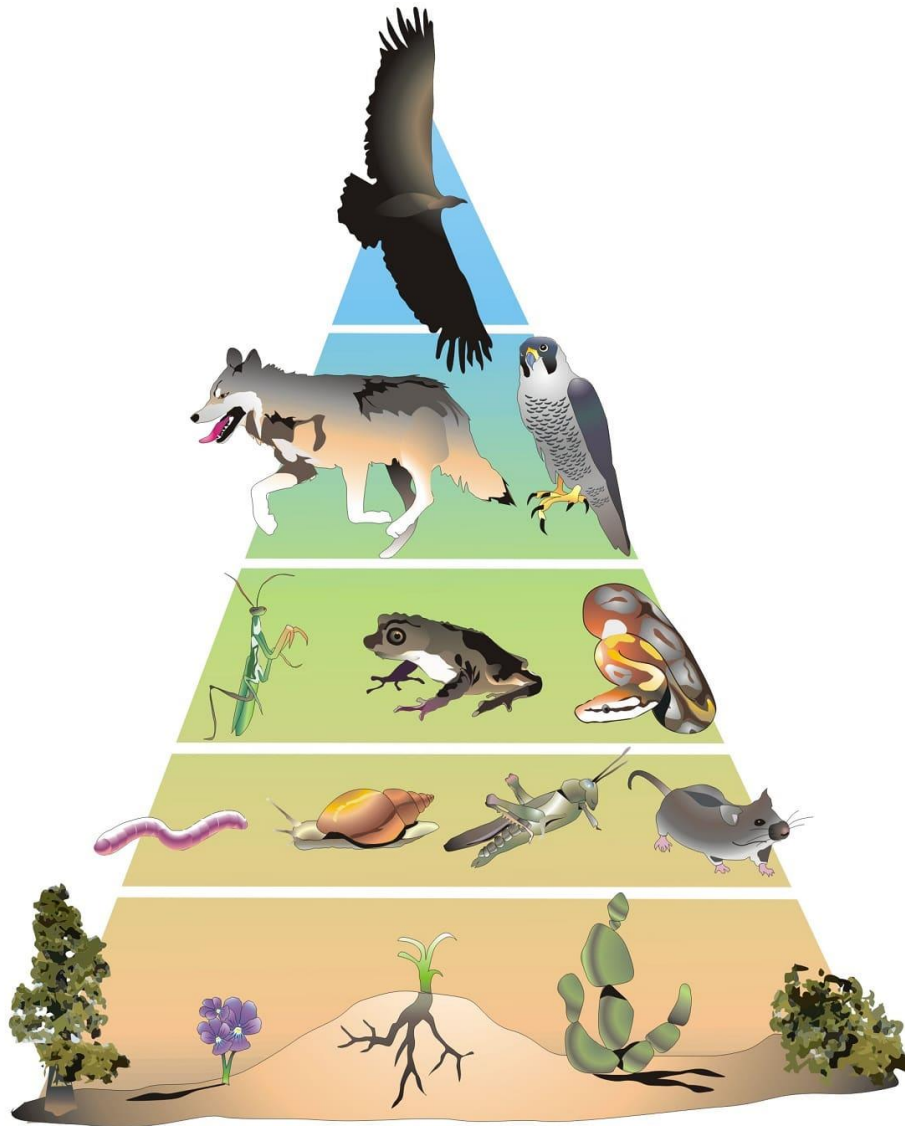
Продукція організмів кожного наступного трофічного рівня завжди **менше** (в середньому в 10 разів) продукції попереднього, тобто маса кожної наступної ланки в ланцюзі харчування прогресивно зменшується.

Екологічна піраміда

Піраміда чисел –
відображає чисельність
організмів на кожному
рівні.

Піраміда біомаси –
кількість органічної
речовини, синтезованої на
кожному з рівнів.

Піраміда енергії –
величина потоку енергії.

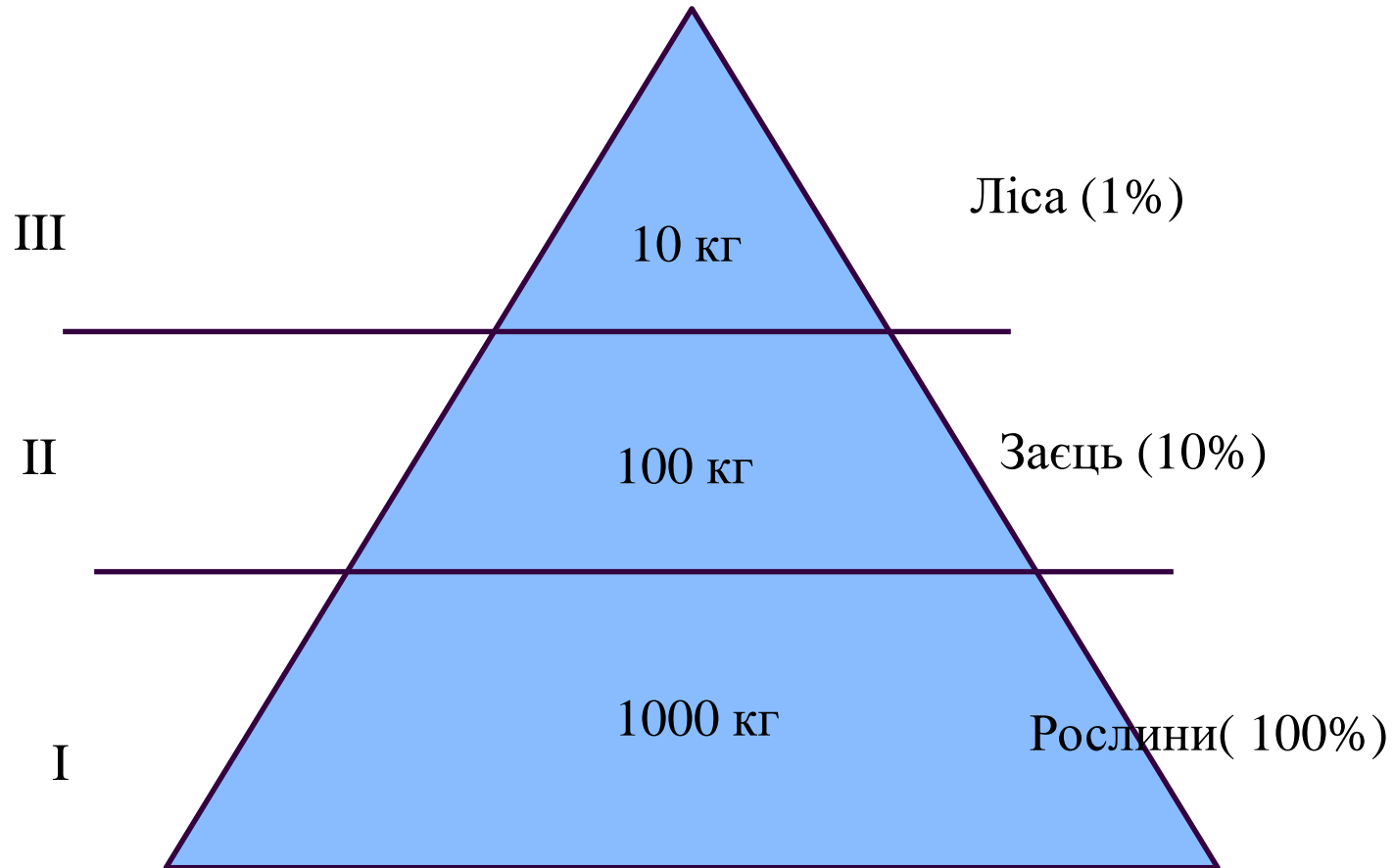


Піраміда чисел

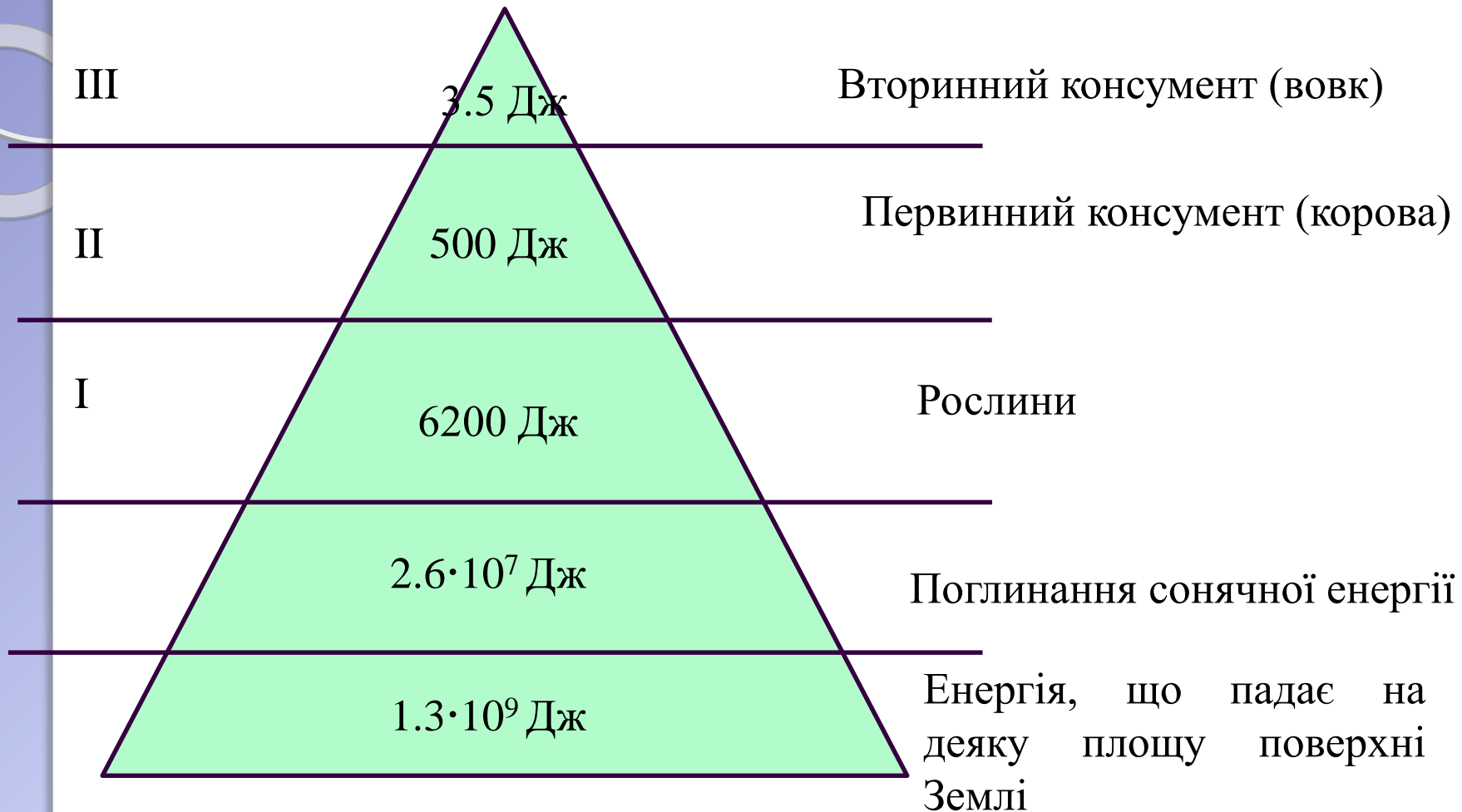


Піраміда чисел луків

Піраміда біомаси



Піраміда енергії



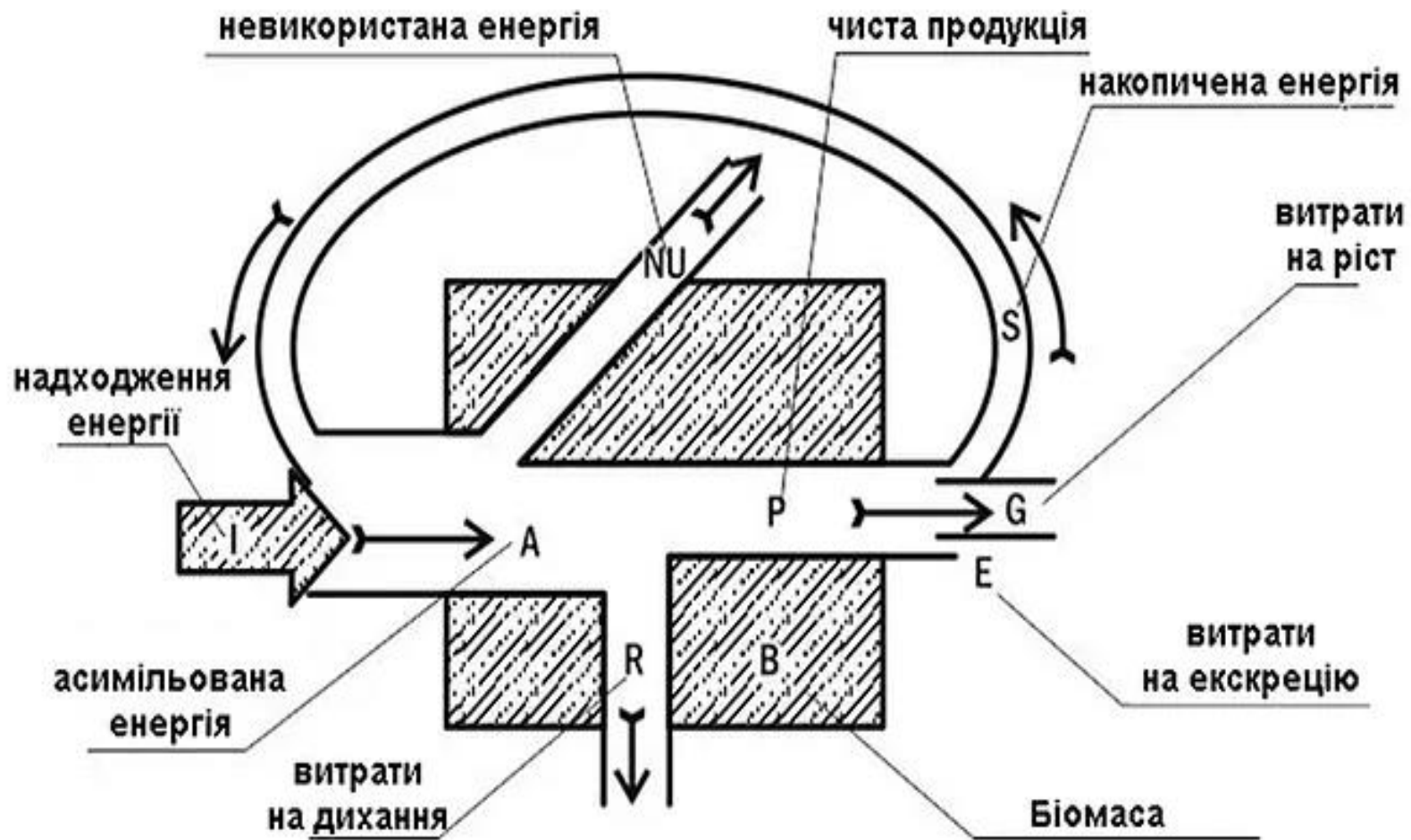


Схема потоку енергії («квадрат Одума»)

«Квадрат Одума»: $A=R+P$; $P=G+S+E$

Показники ефективності споживання і переробки енергії :

➤ ефективність експлуатації $E1 = I_{\text{експлуататора}} / P_{\text{жертви}}$;

➤ ефективність асиміляції $E2 = A/I$;

➤ ефективність чистої продукції $E3 = P/A$;

➤ ефективність загальної продукції $E4 = P/I = E2 \times E3$;

➤ Екологічна ефективність

$$E5 = P_{\text{експлуататора}} / P_{\text{жертви}} = E1 \times E2 \times E3.$$

Приклад: рослини здатні асимілювати біля 1 % сонячної енергії, в чисту продукцію переходить біля 0,5%

$$A = 1\%, P = 0,5\%.$$

В середньому для біосфери: споживається рослинами біля 0,2% сонячної енергії, в чисту продукцію переходить біля 0,1%

$$A = 0,2\%, P = 0,1\%.$$



Задача.


Синиця з'їла кілограм комах. Удав з'їв кілограмову морську свинку. На скільки зміниться їх вага?



Ефективність асиміляції для тварин, що харчуються комахами – 60 %, а для м'ясоїдних – 90 %. Ефективність чистої продукції дрібних птахів – 1 %, великих рептилій – до 75 %.

Синиця: $1000 \times 0,6 \times 0,01 = 6$ г

Удав: $1000 \times 0,9 \times 0,75 = 675$ г.

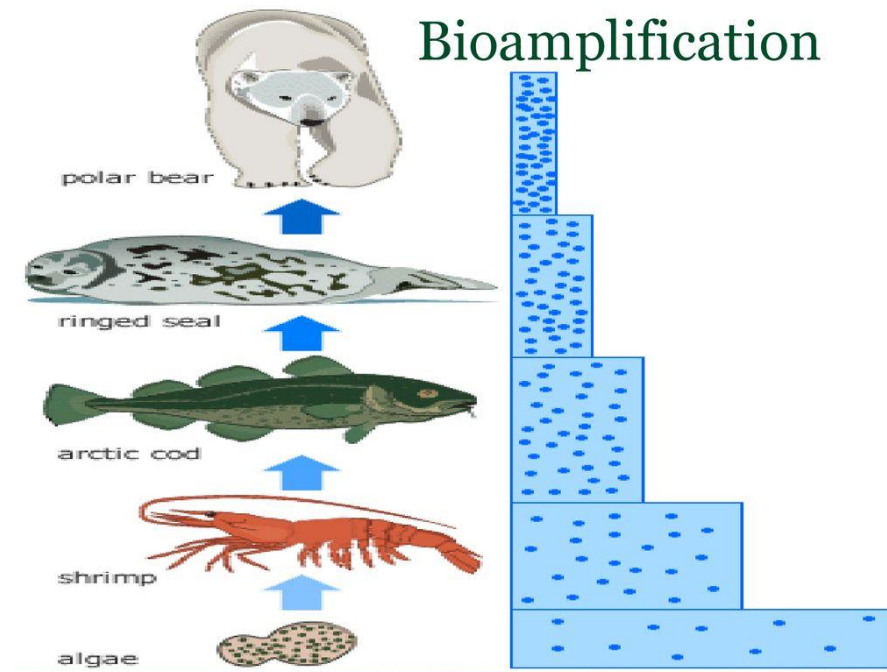


Правило екологічної піраміди: завжди кількість рослинної речовини, яка є основою ланцюга харчування, в кілька разів більше, ніж загальна маса рослиноїдних тварин, маса кожного з наступних ланок харчового ланцюга зменшується.

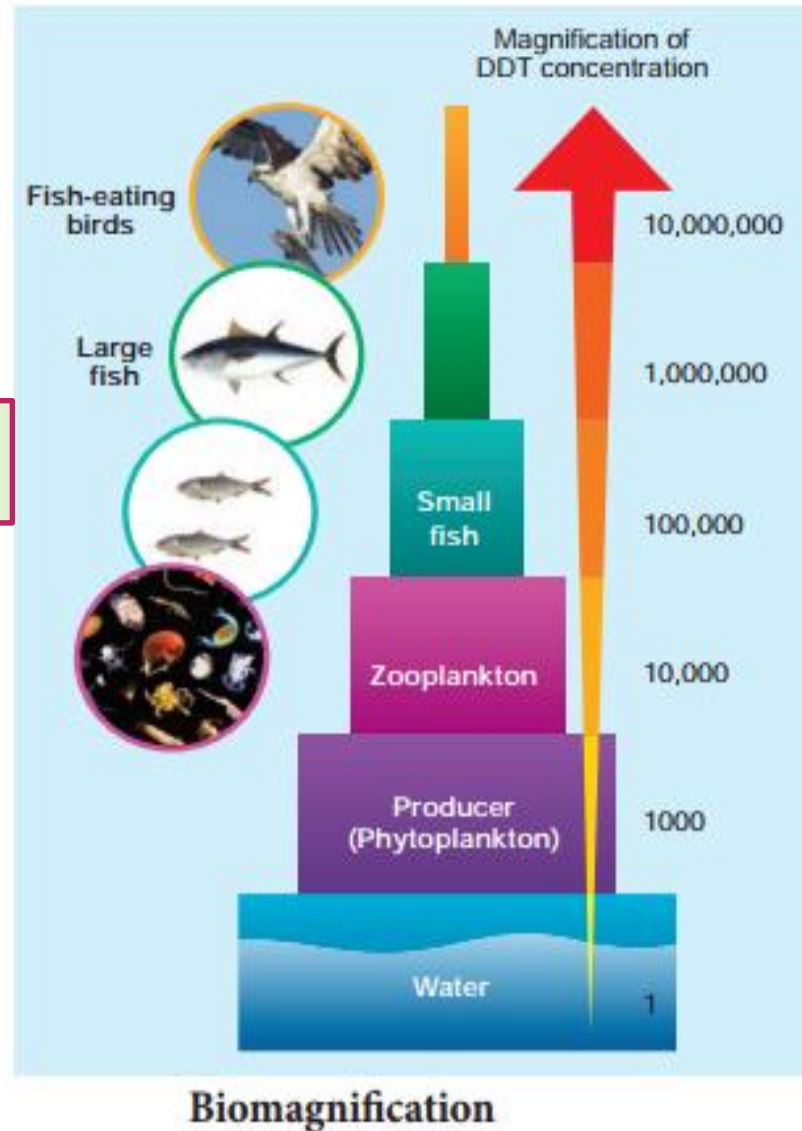
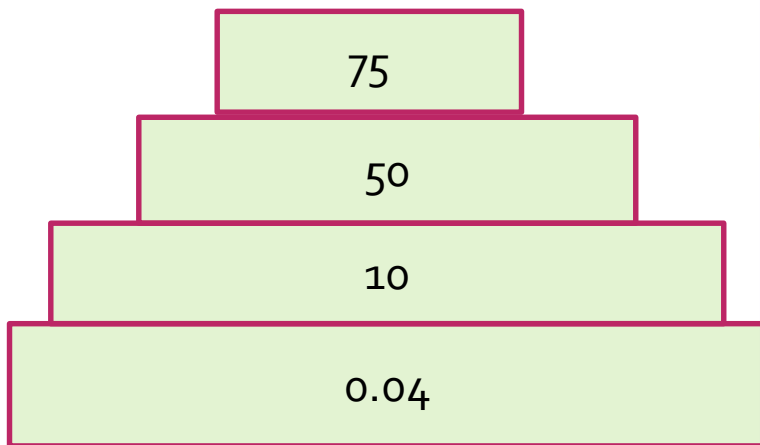
Концентрування токсичних з'єднань при просуванні по харчовим ланцюгам

Накопичення хімічної сполуки в харчовому ланцюгу - концентрування в харчовому ланцюзі (біологічне накопичення).

У наземних екосистемах з переходом на кожен трофічний рівень відбувається приблизно 10-кратне збільшення концентрації токсичних речовин. У водних екосистемах накопичення токсичних речовин корелює з масою жирів в організмі морських організмів.



Птиця
Крупна риба
Дрібна риба
Водні рослини



Кількість ДДТ (дихлордифенілтрихлорметилметан, хімічна назва: 1,1,1-трихлоро-2,2-ди(4-хлорофеніл)етан), що міститься в біомасі організмів, які знаходяться на різних трофічних рівнях (кількість вагових одиниць ДДТ, що припадають на 1 млн вагових одиниць біомаси)

Стійкість та саморегуляція екосистеми

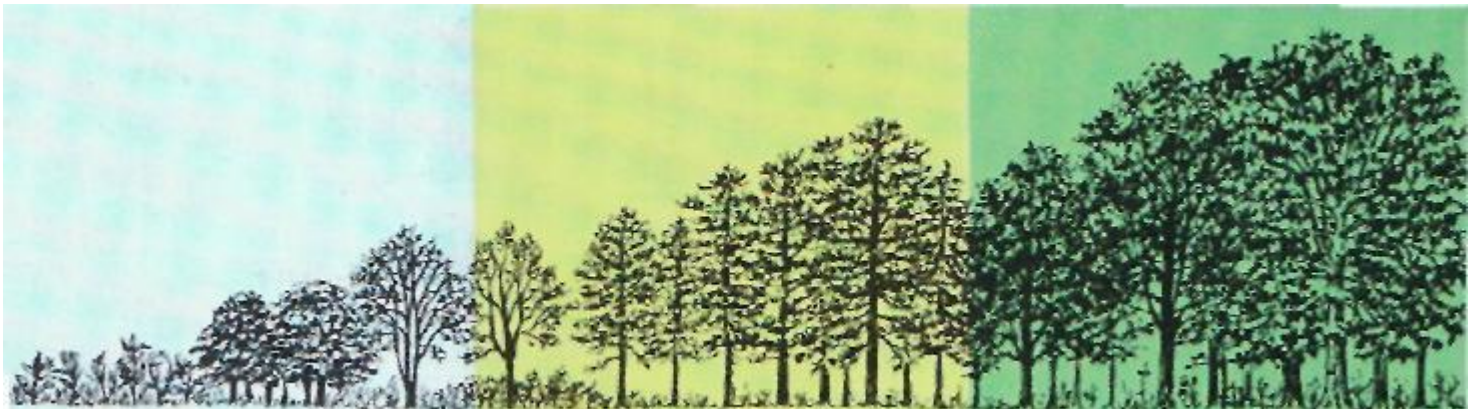
Принцип Ле Шательє: будь-які зовнішні впливи, що виводять систему зі стану рівноваги, викликають в системі процеси, що сприяють послабленню зовнішнього впливу, тобто система прагне повернутися в початковий рівноважний стан.

Стійкість екосистеми (здатність протистояти впливу постійно мінливим умовам зовнішнього середовища) забезпечується наявністю:

- загального кругообігу речовин;
- постійного припливу сонячної енергії;
- біологічного різноманіття та складністю трофічних зв'язків організмів, що входять до її складу.

Сукцесія - послідовна зміна одних екосистем іншими в межах одного біотопу під впливом їх внутрішнього саморозвитку в процесі взаємодії із навколишнім середовищем.

- *Первинна сукцесія* починається на ділянках, повністю позбавлених живих організмів та їх діаспор (скелі, застигла лава, піщані дюни)
- *Вторинні сукцесії* розвиваються на місцях сформованих екосистем після їх порушення в результаті ерозії, вулканічних вивержень, пожеж, посухи та ін.



ПЕРВИННА
СУКЦЕСІЯ



ВТОРИННА
СУКЦЕСІЯ





Приклад первинної сукцесії - заселення острова Кракатау (Індонезія) після виверження вулкану, що покритив частину острова шаром попелу товщиною до 60 м.

Через рік мешкало кілька видів трав'янистих рослин і один вид павуків, через 25 років - 202 види тварин, через 36 років - 621 вид, а через 51 рік - 880 видів тварин.

*Стратегія * розвитку екосистеми*

- 1) Упорядкований процес розвитку угруповування, пов'язаний зі змінами в часі видової структури;
- 2) сукцесія відбувається в результаті зміни фізичного середовища під дією співтовариства;
- 3) кульмінація розвитку екосистеми - стабілізована екосистема, в якій на одиницю потоку енергії припадає максимальна біомаса (або високий вміст інформації) і максимальна кількість міжвидових взаємодій.

*Стратегія сукцесії - посилення контролю над фізичним середовищем, тобто система досягає максимальної захищеності від різких змін середовища.

Екосистеми, що сформувалися природним шляхом, без впливу людини - **природні**.

Природні системи багаті видами, існують протягом тисячоліть та досить стійкі до несприятливих впливів середовища.

Штучними - екосистеми, створені людиною.

Приклад: поля пшениці, лісосмуги, міста та інші населені пункти, водосховища, канали.



Порівняльна характеристика природного лісу і забудованої лісистої місцевості (м. Медісон, штат Вісконсин)

Характеристика	Природний ліс	Забудований ліс (30% зайнято спорудами та комунікаціями)
Число видів дерев	10	75
Число видів чагарнику	20	74
Біомаса дерев (надземна частина), кг/м ²	27	10
Річна продукція всієї рослинності, кг/м ²	812	719
Внесення добрив, кг/га	0	136
Видалення органічних сполук за рік, г/м ²	0	497

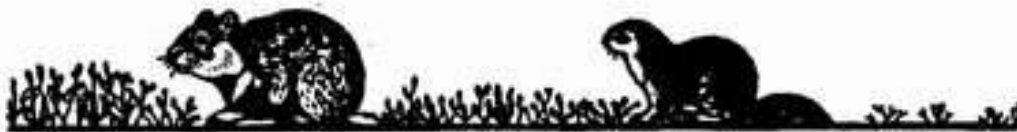
Порівняльна характеристика природної і штучної екосистем

Характеристика екосистеми	Природна екосистема	Штучна екосистема
Структура	Розгалужена мережа харчових ланцюгів	Окремі харчові ланцюги
Видове різноманіття	Різноманіття видів на кожному харчовому рівні (особливо на автотрофному)	Мала кількість видів на кожному харчовому рівні
Джерело енергії	Сонячна радіація, енергія хемосинтезу	Сонячна радіація, енергія палива с / г техніки, хімічних добрив, електроенергія, м'язова діяльність людини, тварин

Характеристик а екосистеми	Природна екосистема	Штучна екосистема
Кругообіг речовин	Повний кругообіг речовин	Кругообіг речовин порушений. Відбувається відтік органічної речовини за межі екосистеми. Внесення хімічних добрив.
Регулюючі чинники	Абіотичні, біотичні	Абіотичні, біотичні + антропогенні
Дія природного відбору	Зміна біоценозу екосистеми обумовлено дією природного відбору	Дія природного відбору послаблена. Основну роль відіграє штучний відбір (селекція сортів рослин і порід тварин)



Саванна



Степ Євразії

Збідніння біорізноманіття призведе до зменшення міжвидової конкуренції, і решта видів одного трофічного рівня заміщують зниклі.

Діє схема: невеликий змінює великого, еволюційно менш організований змінює високоорганізованого, генетично мінливий змінює менш мінливого. Наприклад, копитних в степу можуть змінювати гризуни, а в деяких випадках — комахи. Зникаючих хижаків може замінити щур.