

6. ПОНЯТТЯ ПРО ЕКОСИСТЕМУ

6.1 *Поняття про екосистему*

1. Термін «*e*» ввів в обіг англ. ботанік і еколог А. Тенслі в 1935 р ¹, сучасне визначення надав Р. Ліндеман ² в 1942 р.

✓ ***E*** = біоценоз + біотоп.

✓ **Біотоп**: ділянка поверхні Землі з \approx однотипн. умовами існування.

¹ "екосистема" – є єдиною основою для спільного вивчення угруповань рослин і тварин, їх взаємодії з неорганічною природою, а також їхніх взаємозв'язків з людиною.

² амер. Реймонд Л. Ліндеман у 1942 р. у класичній роботі «The Trophic-Dynamic Aspect of Ecology» в журналі Ecology, XXIII, 399-418 описав потік енергії в екосистемах, що стало початком «екології екосистем».



Arthur George Tansley (1871-1955), a pioneer of the science of ecology in Britain, introduced the concept of the ecosystem.

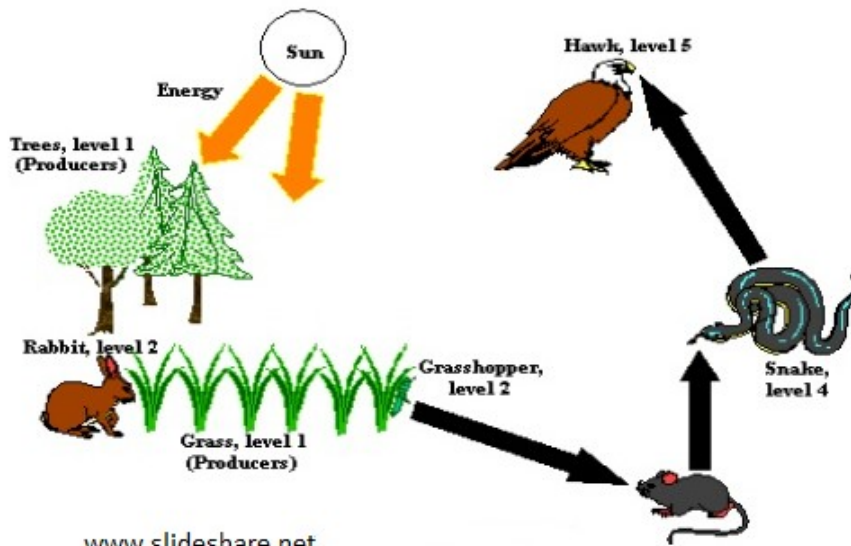


Raymond Lindeman (1915-1942)
The creator of modern ecosystem science theory

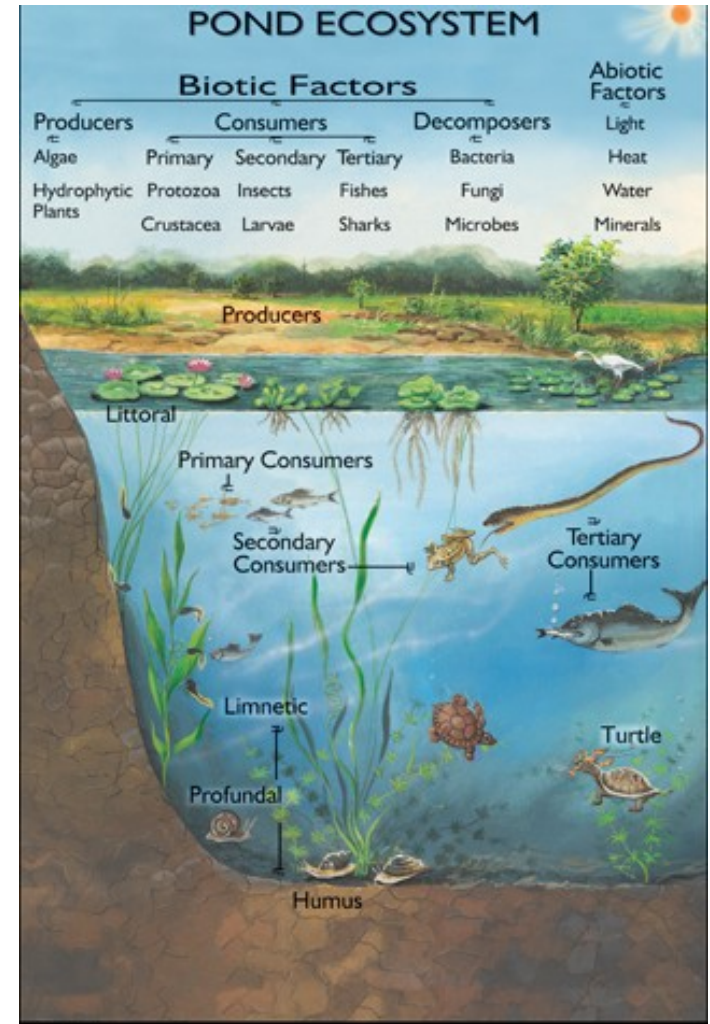
- ✓ Біоценоз: історично сформована сукупність рослин, тварин та мікроорганізмів.
- ✓ Біоценоз: фітоценоз, зооценоз та мікробіоценоз.

Terrestrial ecosystem

A terrestrial ecosystem is an ecosystem found only on a landform. Four primary terrestrial ecosystems exist: tundra, taiga, temperate deciduous forest, and grassland.



www.slideshare.net



www.glogster.com

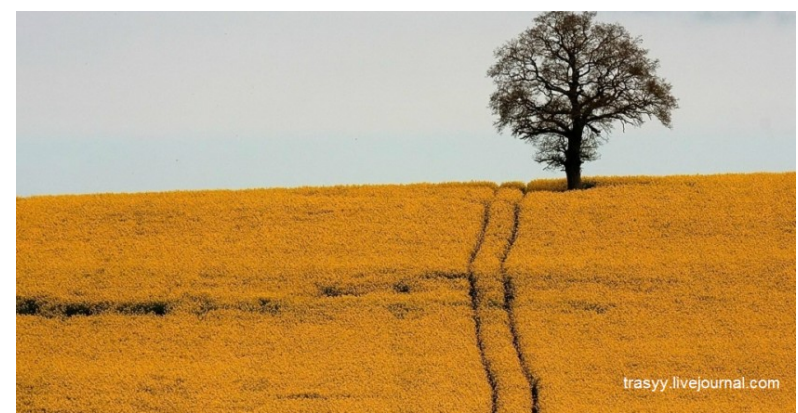
2. ***E.***: сукупність спільно проживаючих орг-змів та умов їх існування, що знах. у взаємозв'язку і утв. систему *біот.* та *абіот.* процесів та явищ.

3. Особливості:

- у межах *E* відбувається засвоєння, передача та трансформація енергії (1);
- міграція / перетворення речовин (2).

4. За рівнем організації:

- *моноцен*: поодинокий організм + середовище (факторіальна *e*);
- *демоцен*: популяція + середовище (системна екологія - стр-ра і функціонув. популяцій);
- *Біогеоценоз* (плеоцен).



5. За розмірами: *мікро-*, (стовбур дерева); *мезо-*, (ділянка лісу, озеро); *макро-*, (континент, океан); *глобальна* (тундра + тайга + степ + пустеля + савана + ліс + морські е.) = **біосфера**).

- ✓ *Найбільші* (найпоширен., найцінн.) - *лісові е.*: запас росл. маси $\approx 82\%$ фітомаси Землі (1960 млрд. т.); ¹
- > 10 000 видів дерев і чагарників + трави, мохи, лишайники, плауни, хвощі, папороті, гриби, тощо;
- $\approx 100-200$ млрд. т. орг. речовини (**ОР**)/рік.

¹ на відміну від ін. орг. ресурсів (нафти, газу, кам'яного вугілля, а також неорг. копалин) – відновлюваний пр. ресурс.



Двадцятитисячолітній Великий бар'єрний риф: найбільша е. коралових рифів ¹: колонії (острови) коралових поліпів ², водорості, молюски, губки, раки, краби, тощо .



Гігантська тридакна
(молюск), живе на коралових рифах, вага до 260 кг, довжина до 150 см, харчується планктоном.
www.zoolog.com.ua

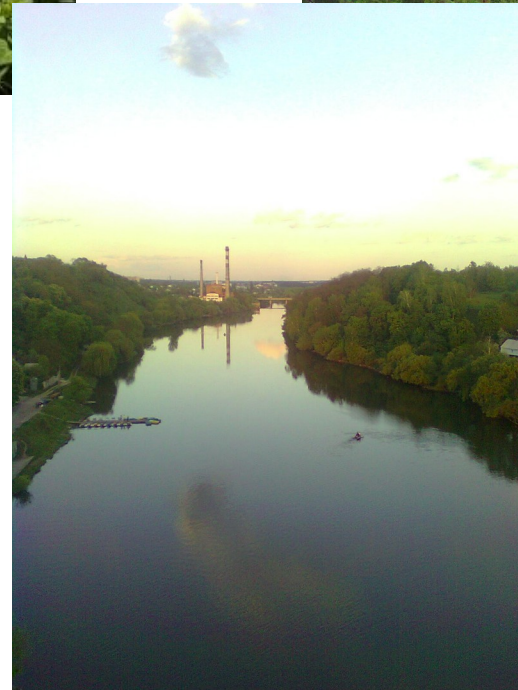
¹ Коралове море, узбер. Австралії), довж. ≈ 2300 км, пл. $\approx 348,7$ тис км²;

² кишковопорожнинні (кнідарії), морські одиничні і колоніальні організми, що ведуть сидячий спосіб життя.

У тканинах поліпа живуть і розмн. симбіот. водорості – зооксантели (виробляють ОР під дією сонячного світла (фотосинтез), без яких поліп гине, тому коралам необхідне світло, колонії коралів можуть існувати тільки на порівняно невеликій глибині).

6. За біотопами: *наземні* (ліс, луки, степ та ін.); *прісноводні*, (озеро, річка, болото); *морські*, (зони океану, естуарії, та ін.);

7. За ступенем трансформації: *природні*, *антропогенні*, *антропогенно-природні*.



6.2. *Продуктування в екосистемі*

1. **Зелені рослини:** за рахунок **фотосинтезу**, брутто-формула:



Щорічно синтезується ≈ 150 млрд. т. **ОР** і виділяється кисень¹.

¹ рослини суші ч/з ф. щорічно в атм. $\approx 336 \times 10^9$ тонн O_2 ;

за рік середнє дерево поглинає ≈ 12 кг CO_2 , 1 га лісу $\approx 5-6$ т.;

за рік середнє дерево виділяє O_2 100-200 кг, 1 га лісу ≈ 4 т.

1 га тополь виділяє в атм. O_2 у 40 разів більше, ніж 1 га хвойних.

вночі дерева навпаки виділяють CO_2 .

GLUCOSE

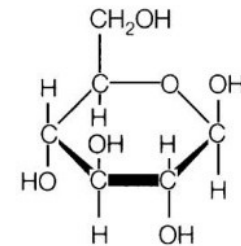
($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)

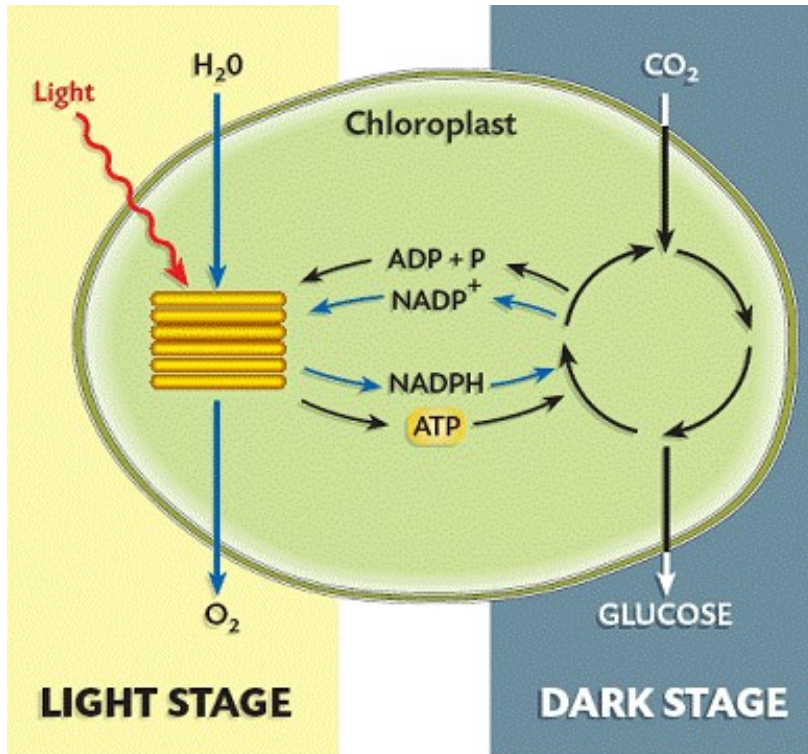
This is the most common monosaccharide

It is one of the products of photosynthesis.

In animals, glucose is synthesized in the liver and kidneys

Glucose is needed for ATP synthesis during cellular respiration





PHOTOSYNTHESIS LeavingBio.net

Ф. - 2 етапи:

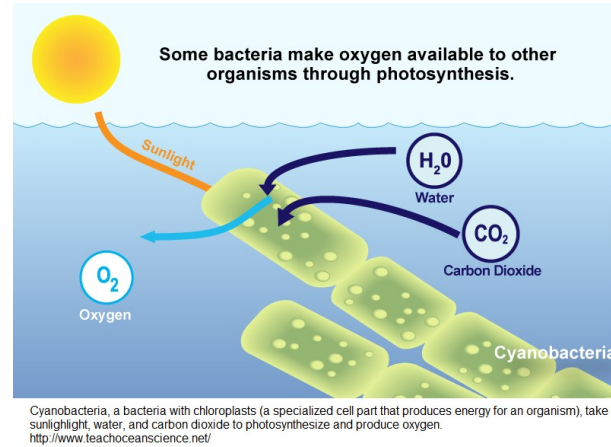
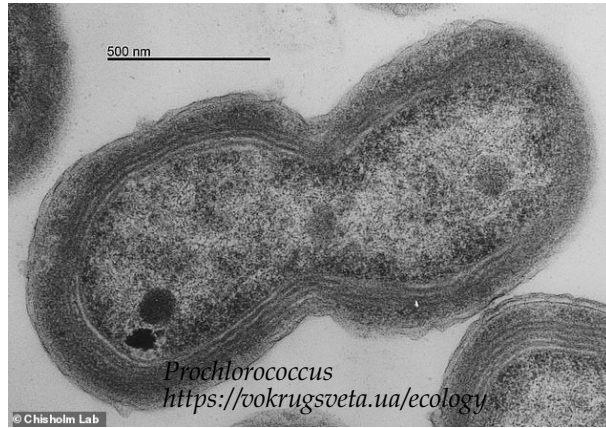
1. Світлова фаза: (світлозалежна реакція)*
2. Темнова фаза:-цикл Кальвіна (незалежна від світла реакція)**

Ефективність Ф.: обмежена чинниками НПС (світло, вода CO_2): у спекотну / суху погоду рослини можуть закрити свої прорихи для економії води.

* поглинання фотонів світла молекулами хлорофілу, перехід їх в збуджений стан, передача енергії до ін. молекул: O_2 виділяється рослиною, а атоми водню використовуються для зміни хімічних речовин-попередників в АТФ і НАДФ (синтез АТФ і НАДФ (нікотинамідаденіндинуклеотидфосфат, кофермент, каталізатор).

** біохім. реакції синтезу ОР (цикл Кальвіна): енергія АТФ використовується для виробництва глюкози (цикл Кальвіна) - фіксація С, синтез $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.

2. Фотосинтезуючі (фототрофні) бактерії: викор. світло, асимілюють CO₂, неорг. сполуки: **пурпурові** і **зелені** бактерії та **ціанобактерії** (синьо-зелені водорості ^{1, 2}) ³.



2H₂S + CO₂ → CH₂O + S₂ + H₂O Green & Purple Sulfur Bacteria
<https://sites.google.com/site/botany317/session-2/bacteria/green-purple-bacteria>

¹ **Хлорокок** – рід однокл. з водоростей (ціанобактерії), іноді утв. колонії: містять хлорофіл а, каротиноїди та фікобіліни (х-терні для рослин), зустр. у вигляді зеленого **нальоту** на корі дерев, дерев'яних конструкціях, у лісових г, прісних та невеликих водоймах.

² **ціанобактерії** – **оксигенний синтез**: $6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{O} + \text{енергія} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$;

пурпурові і зелені – **аноксигенний синтез**: $6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{S} + \text{енергія} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 12\text{S} + 6\text{H}_2\text{O}$

³ вважається, що вид океанічної ціанобактерії – *Prochlorococcus*, що дає ≈ 10% всього O₂, був першим, що зробив Землю придатною для життя ч/з оксигенний фотосинтез.



Ціанобактерії
<http://intranet.tdmu.edu.ua>

3. **Хемосинтезуючі бактерії**: хемосинтез: хім. синтез **ОР** з CO_2 ¹, за рахунок енергії окислення відновлених сполук (NH_3 , H_2S і ін.), мікроорг-ми у процесі їх життєдіяльності ².

Суть: енергія при передачі “ e^- ” від елемента (донора) до елемента (акцептора), т.то. її “трансформації” викор. мікроорг-ми для засвоєння **С** і утв. **ОР** (глюкози).

Напр.: водневі бактерії $\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$.

¹ без участі світла, джерелом водню для відновлення **НАДФ+**, як і у фотоавтотрофів, є H_2O ; вуглецю крім CO_2 також можуть бути: напр. **СО**; орг. к-ти (мурашина, оцтова); метиловий спирт; карбонати.

² в процесі **хемосинтезу** утв. поклади корисних копалин.

Багато екстремофіли: живуть за відсутності сонячного світла, деякі за темп. кипіння, деякі навколо "чорних курців" - гідротермальні джерела океану, вода яких насичена сполуками металів та сірки, внаслідок чого має чорний колір, 370°C на виході.

The diagram shows three chemical reactions for chemosynthesis:

- $\text{H}_2\text{S} + \text{CO}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{glucose} + \text{H}_2\text{SO}_4$
- $\text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{glucose} + \text{HNO}_3$
- $\text{FeCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{glucose} + \text{Fe}(\text{OH})_3$

The background image shows hydrothermal vents (black smokers) with red and white mineral structures. A circular inset shows purple rod-shaped bacteria.

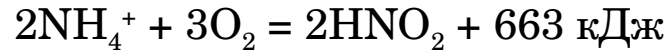
<http://apps.microsoft.com/windows/en-us/app/ac-biology-chemosynthesis>

Photosynthetic and chemosynthetic processes in the ocean.

C.L. Van Dover, in Encyclopedia of Ocean Sciences (Second Edition), 2001



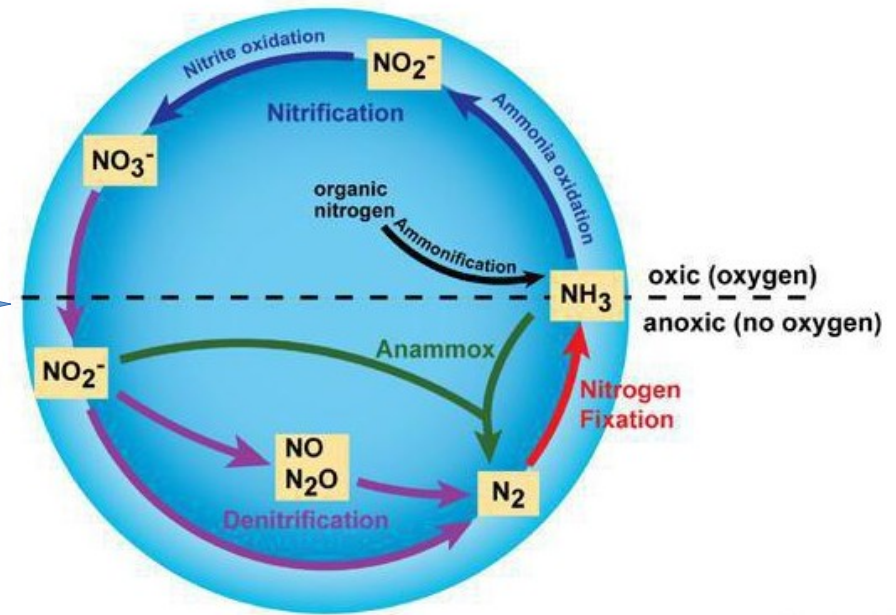
✓ *Нітрифікуючі бактерії*¹: окиснюють аміак (NH_3) до *нітритів*²:



а потім – до *нітратів*:



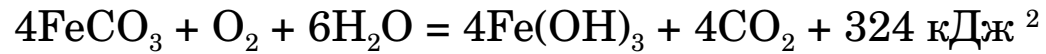
✓ HNO_3 + основи \Rightarrow солі: NaNO_3 , KNO_3 і $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ – найбільш доступна форма N живлення рослин.



¹ аеробні, тоді як напр. денітрифікуючі – анаеробні;

² напр. NaNO_2 - нітрит натрію.

✓ *Залізобактерії* ⇒ енергія за рахунок окиснення сполук заліза (Fe^{2+}) ⇒ (Fe^{3+})¹:



Leaf with Iron Bacteria in the Vermilion River, September 4, 2007, 9:37 A.M. <http://lindagrashoff.com>

¹ бактерії (напр. нитчасті бактерії *Leptothrix ochracea*) використовують багаті електронами форми заліза в реакції «окислення», під час якої вони буквально «з'їдають» залізо, щоб отримати енергію.

² FeCO_3 - двохвалентне залізо; $\text{Fe}(\text{OH})_3$ - трьохвалентне залізо.



Järnbakterier sv.wikipedia.org

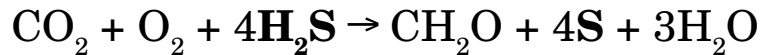
21.3.25 12

➤ Безбарвні сіркобактерії:

напр. **сірководень** (H₂S)¹ і вивільняють (накопичують у своїх клітинах) **сірку** (S):



або



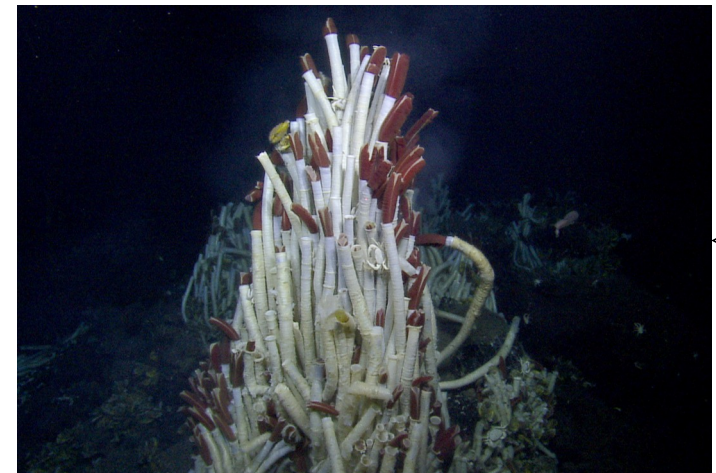
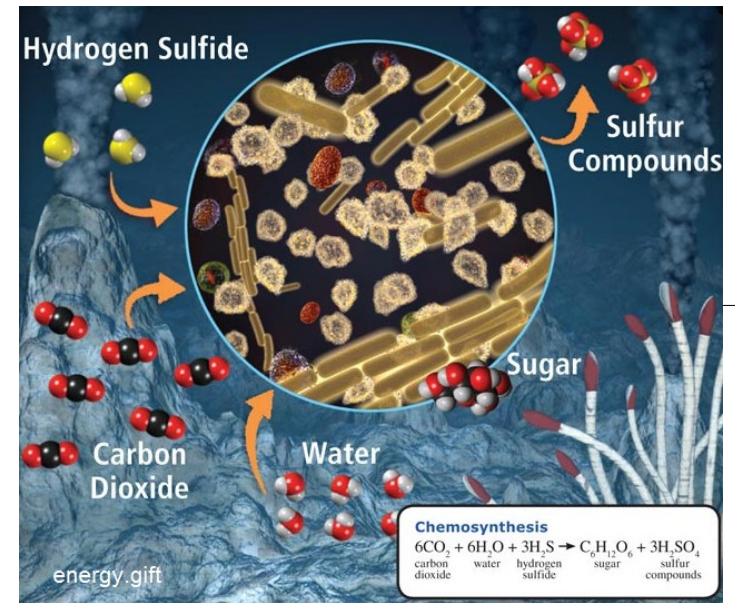
або ²



1 в океанах на великих глибинах, отруйний;

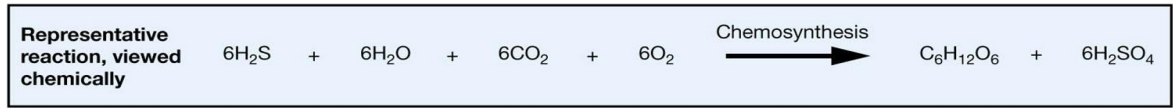
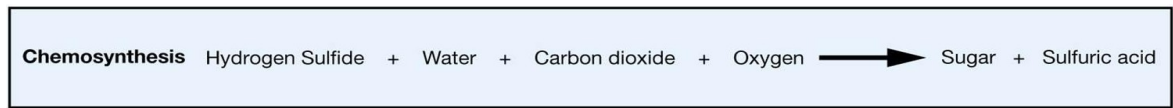
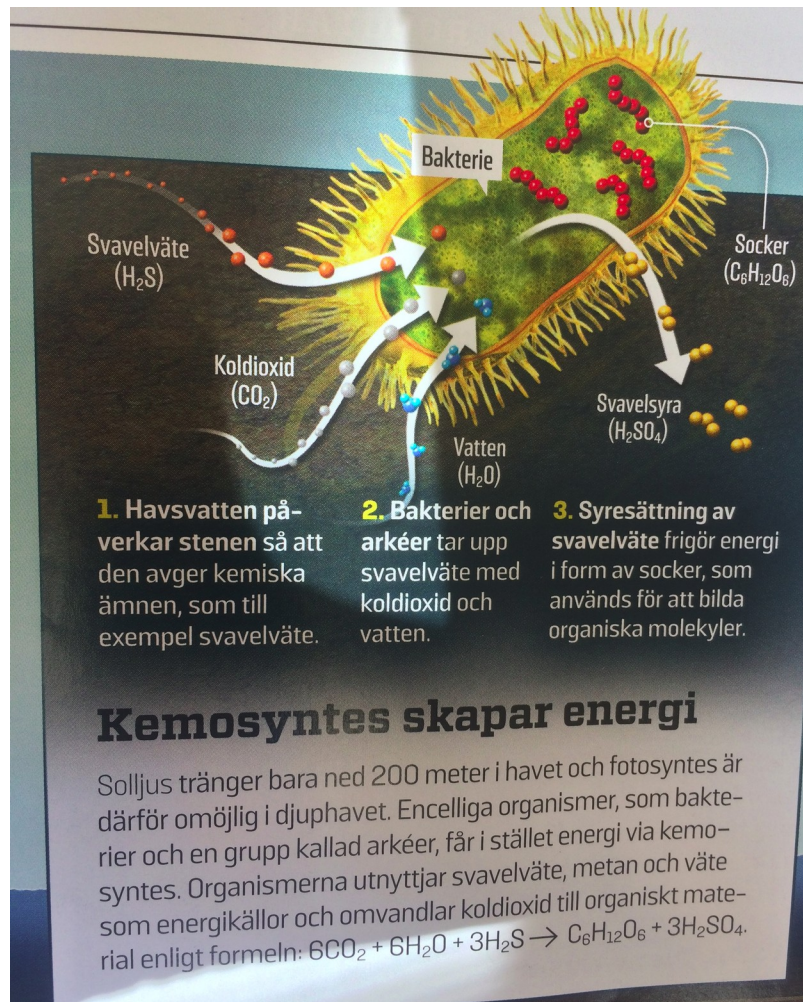
2 при недостатчі H₂S доокиснюють S ⇒ H₂SO₄

³ деякі сіркобактерії, ут.ч. і зелені та пурпурові, що забезпечують аноксигенний фотосинтез (використовують H₂S як донор електронів) також значною мірою очищають водойми від H₂S: тому фотосинтезуючі бактерії, які ростуть на глибині, перешкоджають сірководню поширюватись у верхніх шарах води, що забезпечує розвиток там багатьох рослинних і тваринних організмів.

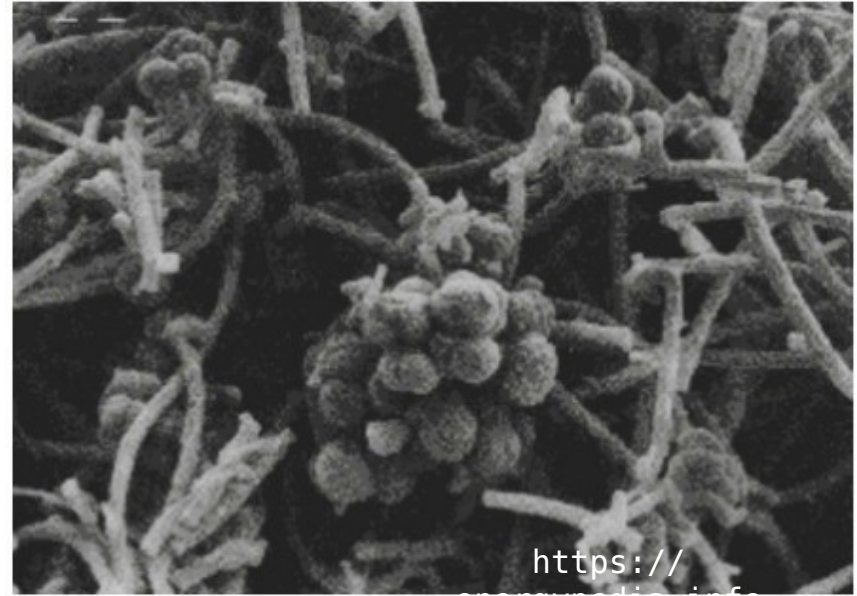


Giant Tube Worms (*Riftia pachyptila*)

<https://nautiluslive.org>



Метанобактерії (сферичні, довгі, трубчасті, рис).

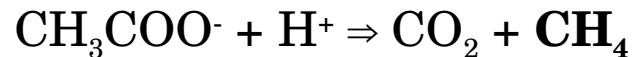
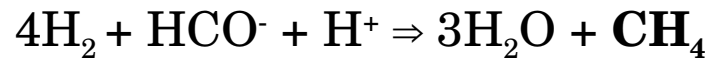


Прибл. схема утв. метану:

· розклад жирів, протеїнів та вуглеводів (у метанотенках) ⇒ **молочна** (C₃H₆O₃) та **пропіонова** (C₃H₆O₂) к-ти (ацидогенні бактерії¹);

· **молочна** та **пропіонова** к-ти ⇒ **оцтова** (CH₃COOH) к-та (ацетогенні бактерії)²;

· **оцтова** та **вугільна** (H₂CO₃) к-ти ⇒ **метан** (CH₄) (метанобактерії):

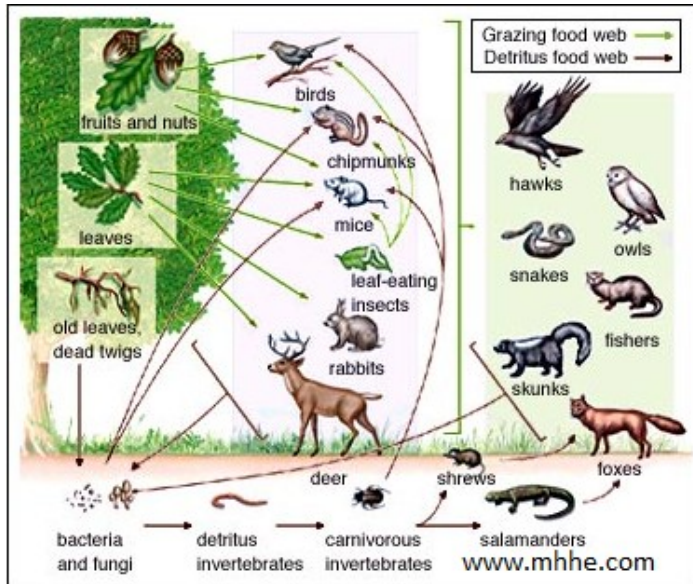


¹ пропіоновокислі бактерії: перетворюють **молочну** к-ту в **пропіонову**;

² ацетогенні бактерії у темряві та в анаеробних умовах, можуть відновлювати вуглекислий газ виробляючи оцтову кислоту, етанол та ін. речовини.

6.3. Консументи. Консументи-детритофаги

- ✓ **Консументи:** гетеротр. орг-зми (тварини), енергія за рахунок споживання готової ОР¹:
- 1-го прядку: рослиноїдні/травоїдні (**фітофаги**), мікроорг-зми, рослинні паразити/напівпаразити;
- 2-го порядку: всеїдні (**еврифаги**)² та м'ясоїдні³ (**зоофаги**), комахоїдні рослини, тварини, мікроорганізми;
- 3-го порядку: м'ясоїдні та паразити (крупні хижаки)



¹ відіграють у біоценозах роль «керуючої» підсистеми;

² ведмідь бурий - типовий еврифаг (живиться рослинною і тваринною їжею) і надає перевагу рослинним кормам;

³ лат. *Carnivore*

● Mykhailo Vinichuk

NYA RÖN

TVÅ METR
Så långt kan fisken sprutta.

Fisk briljerar som skarpskytt

ZOOLOGI Forskare har granskat sprutfiskarnas jaktteknik. I ett försök tränade de sprutfiskar till att träffa bytesdjur som befann sig 20 till 60 centimeter över dem. Experimentet visade att fiskarna kan tajma sina anfall med extrem precision. De samlar vattnet i munnen och avfyrar det i en stråle i exakt rätt ögonblick och med den kraft som behövs för att träffa bytet.

Sprutfisken träffar insekter och små ödlor med en vattenstråle.

Консументи-детритофаги.

- 1. Детритофаги:** водні / суходільні сапротрофи, живляться детритом ¹.
- 2. Суходільні** (дощові черви, двопарноногі багатоніжки, личинки деяких комах) живл. ОРГ та живими мікроорган. Г.
- 3. Водні** – грунтоїди ², частково сестонофаги ³: малощетинкові черви (олігохети) ⁴, двостулкові молюски ⁵, планктонні ракоподібні ⁶, коловертки та ін.
- 4.** Одні відфільтровують дрібні частинки детриту з води ч/з спец. фільтрувальні органи, ін. живляться ними безпосередньо (грунтоїди).



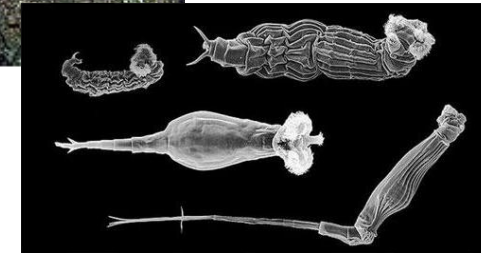
<http://media.zoologi.se>



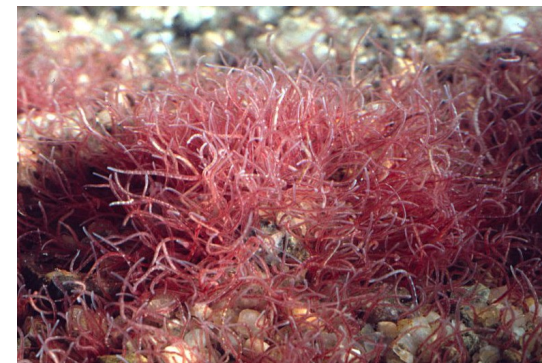
Багатоніжки <http://dikun.at.ua>



Беззубка звичайна



Коловертки
<https://uk.carolchanning.ne>



Трубочник звичайний, корм для акваріумних риб

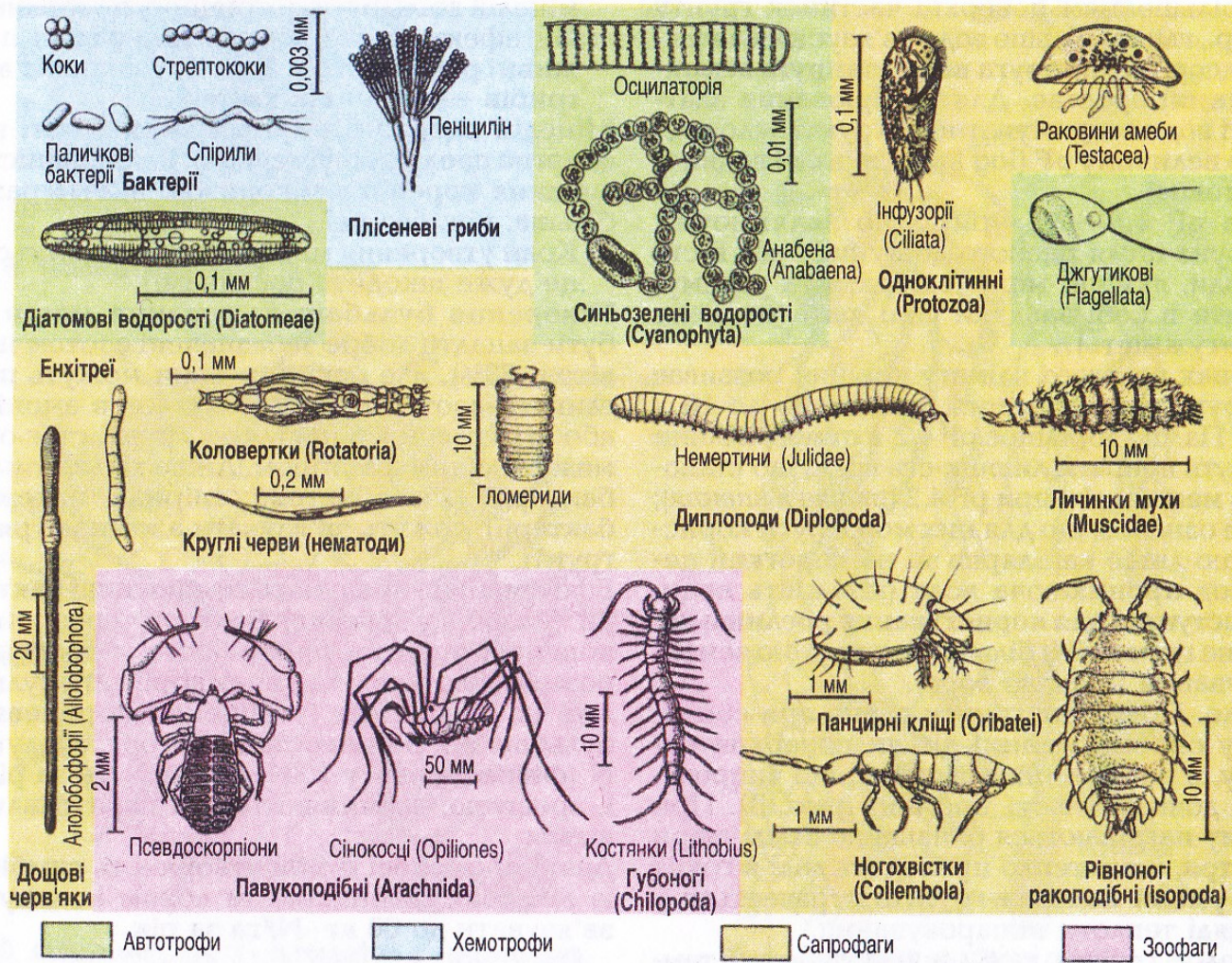
¹ лісова підстилка, трав'яна повсть, кореневий опад дернини;
² споживають ґрунт, часточки ОР (детрит), дрібних тварин і рослин донного осаду;
³ живляться дрібним планктоном (сестоном), напр. риби;
⁴ дощовий черв'як, трубочник та ін.
⁵ малорухливі донні тварини;
⁶ рачки, дафнії, циклопи;
⁷ група мікроскопічн. двобічно-симетричних тварин.

Важливі ґрунтові організми (Heinrich & Hergt, 2001)

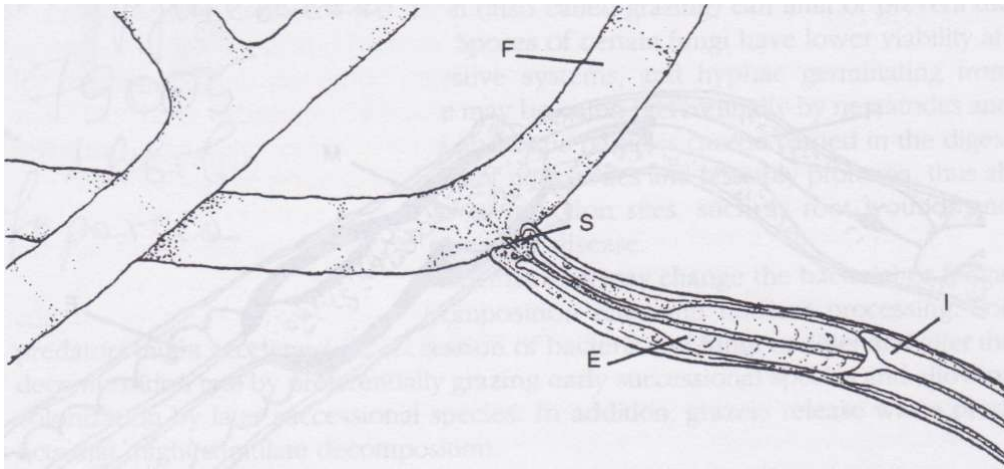
5. **Детритофаги** (амеби, багатоніжки, личинки комах, кліщі, мурашки, жуки, дощові черв'яки та ін.):
подрібнення,
перемішування і
споживання ОР.

Сапрофаги (гр. *sapros* – гнилий) тварини, живляться ОР, що розкладаються (жуки-гноювики).

Зоофаги – тварини, живляться ін. тваринами, вбиваючи жертву (у т.ч. хижаки); паразит тварин, некрофаги (трупоїди).

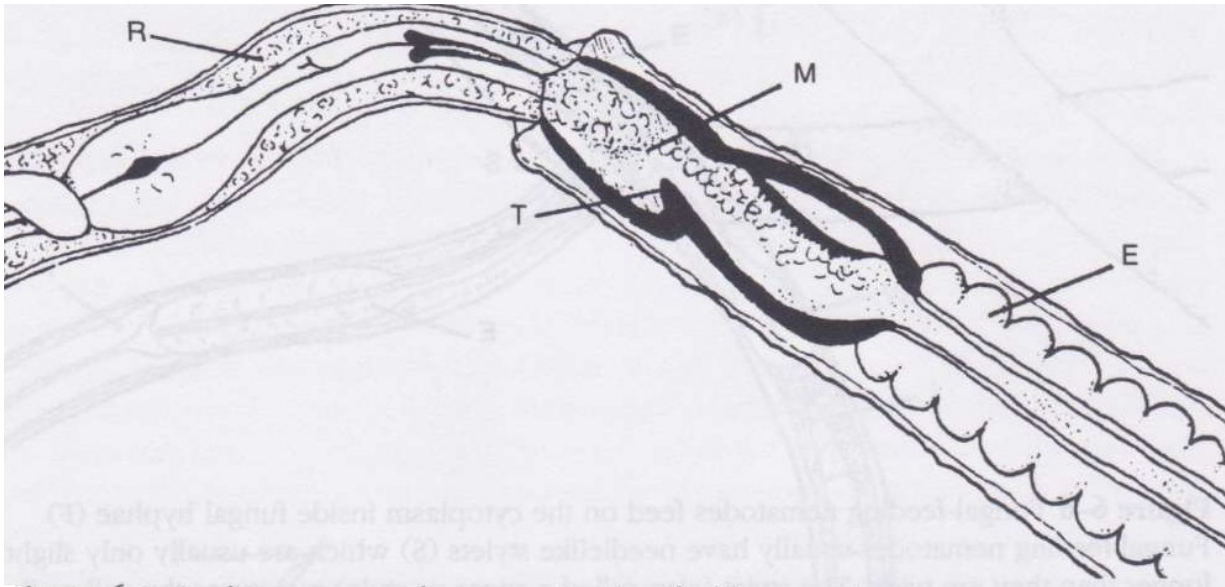


Хемотрофи отрим. енергію в процесі окисно-відновних реакцій орг. і неорг. речовин: **бактерії**



Fungal-feeding **nematodes** feed on the cytoplasm inside fungal hyphae (**F**). **Stylets (S)** punctures the cell wall of the fungus so the nematode can consume the cytoplasm inside; **esophagus**¹ (**E**) is usually more slender near the mouth and widens halfway of the way to the **intestine (I)**.

Drawing by Kim Luoma *D. Sylvia et. al., 1999*).



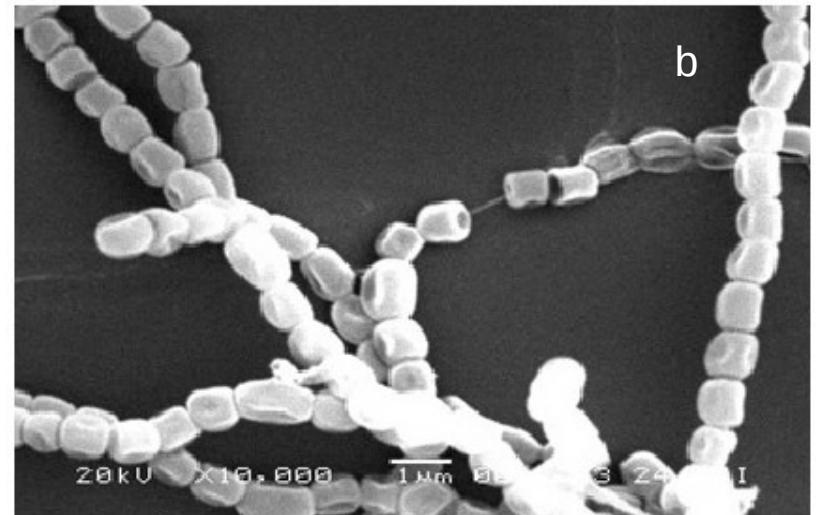
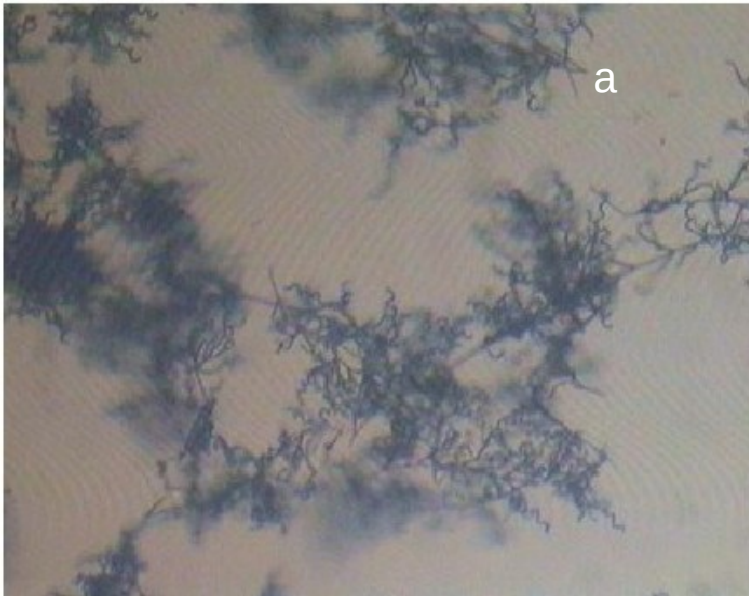
Predatory **nematodes** have enormous **mouths (M)** armed with one or more large **teeth (T)** to hold and sometimes crush their prey: nematode is consuming a root-feeding **nematode (R)**. The **esophagus (E)** of a predatory nematode is typically long and straight.

Drawing by Kim Luoma. *D. Sylvia et. al., 1999*).

¹ Esophagus - стравохід

6.4. Редуценти в екосистемі

- ✓ **Редуценти/деструктори:** розклад ОР до НОР (бактерії, гриби, актиноміцети) – 90% від усіх гетеротрофів¹.



¹ Некрофаги (тварини які живляться трупами інших тварин – багато комах (жуки-мертвоїди, шкіроїди, личинки двокрилих); деякі птахи (грифи, крук тощо) та ссавці (гієни)), або детритофаги також харчуються детритом. Однак до редуцентів їх не відносять: традиційно в екології в цю групу включають лише гетеротрофні бактерії і гриби, що відіграють ключову роль у мінералізації ОР.

Micro morphology of actinomycete strain P2 under light microscope (400 magnifications) (a); under Scanning Electron Microscope (b). R. Balagurunathan 2010

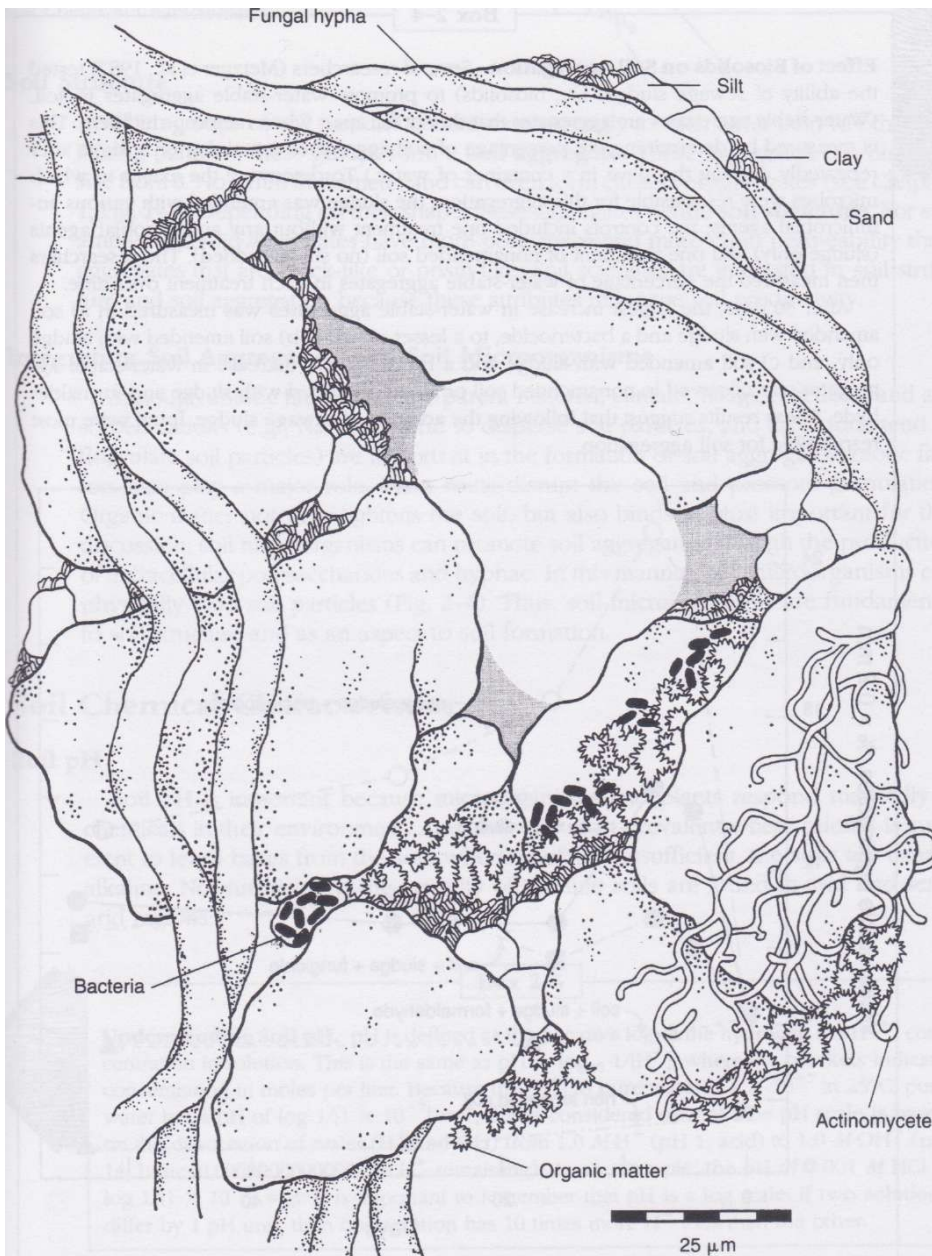
Numbers and biomass of some
organisms in the top 15 cm of agricultural soil [1]

	Number of organisms per gram	Biomass (g m ⁻²)
Bacteria	9.8×10^7	160
Actinomycetes	2.0×10^6	160
Fungi	1.2×10^5	200
Algae	2.5×10^4	32
Protozoa	3.0×10^4	38
Nematodes	1.5	12
Earthworms	0.001	80

Table 8.2. Numbers of microorganisms of the major groups present
in various horizons, determined by the dilution plate method [1]

Horizon	Humus (%)	Depth (cm)	Organisms per gram of soil $\times 10^3$				
			Aerobic bacteria	Actinomycetes	Anaerobic bacteria	Fungi	Algae
A ₁	3.00	3-8	7800	2080	1950	119	25
A ₂	1.28	20-25	1804	245	379	50	5
A ₂ -B ₁	0.91	35-40	472	49	98	14	0.5
B ₁	0.37	65-75	10	0.5	1	6	0.1
B ₂	0.41	135-145	1	—	0.4	3	—

¹ Microorganisms: Function, Form and Environment,
by Lilian E. Hawker (Editor), Alan H. Linton (Editor), 1979



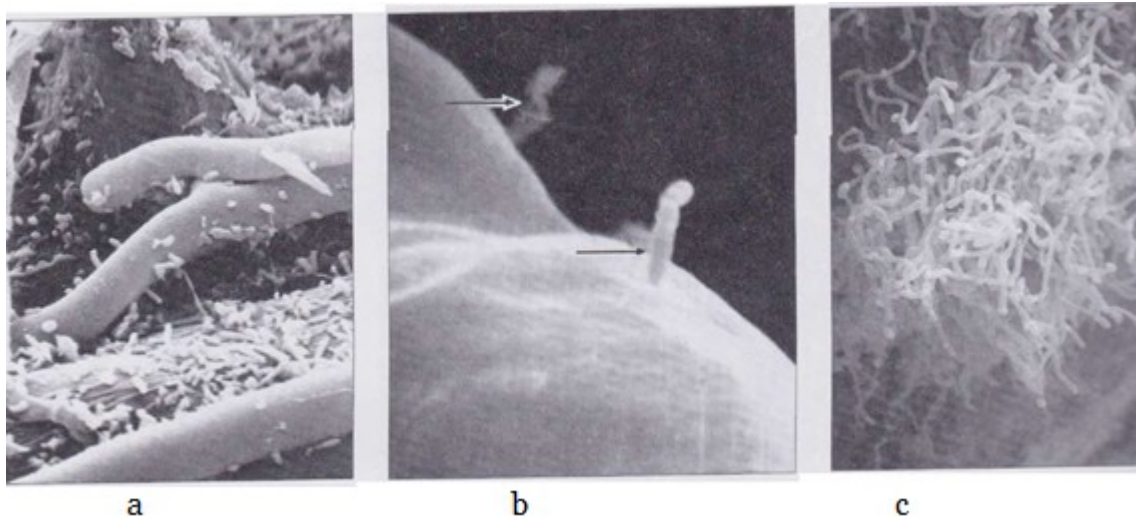
A typical soil **aggregate**: sand, silt, clay particles, OM, precipitated inorganic materials, and microorganisms, bind the soil particles together to form an aggregate.

The water forms a meniscus surrounding the air space (center).

Bacteria (rods in OM, rods in a polysaccharide "plug" ¹ and **actinomycete**) and **fungus** (hyphae only), as well as the sand, silt, and clay particles are all to scale.

Original drawing by Kim Luoma. (D. Sylva et. al 1999).

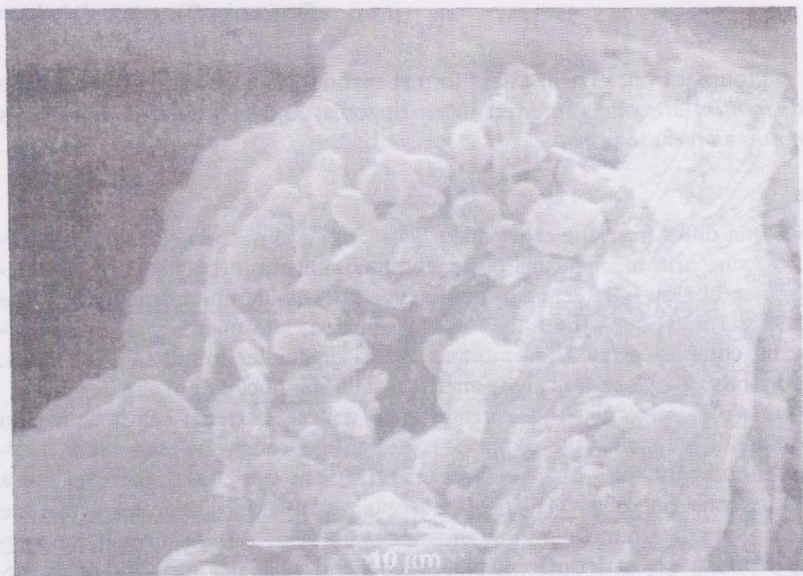
¹ plug - "пробка"



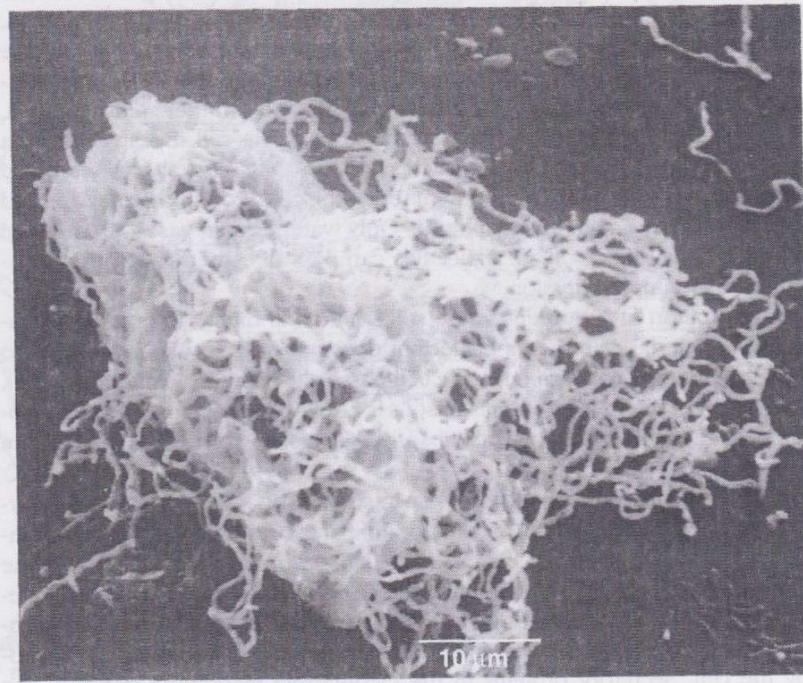
Scanning electron micrographs of *fungi*, *bacteria*, and *actinomycetes*. (a) fungal *hyphae* associated with much smaller rod-shaped *bacteria*, (b) rod-shaped *bacteria* attached to a plant root hair. (c) *actinomycete* threads,
 [R. Campbell, M. Petersen, 1996]



Svampmycel, svamptrådar på pinnen under löven
<http://naturspanarna.se/>



a.



Scanning electron micrographs of soil ***bacteria***: (a) a colony of short, rod-shaped cells on the surface of a soil aggregate;
(b) an ***actinomycete*** mycelium surrounding a soil particle.

Compare the dimensions of the ***actinomycete*** hyphae with the rod-shaped cells in the lower right of the field.

From Dr. E. Florartce, Lewis & Clark College (D. Sylvia et al., 1999).

- ✓ Більшість грибів та бактерій не мають ферментів для розщеплення: целюлози, лігніну¹, хітину², кератину³ та ін.
- ✓ Приблизний порядок розкладання компонентів відмерлої ОР:

цукри (глюкоза, фруктоза)
крохмаль



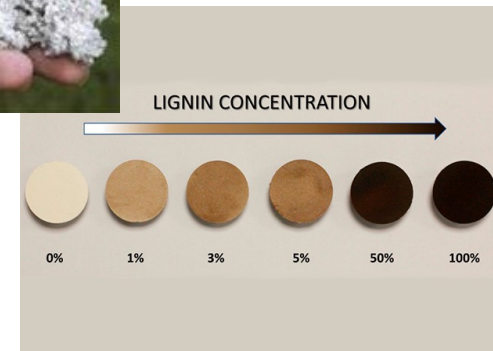
геміцелюлози

пектини та білки

целюлози/ клітковина

лігнін

суберини⁴.



- ✓ Гриби (руйнують деревину):

- *бура гниль*: руйнують целюлозу, не зачіпають речовини що містять лігнін;
- *біла гниль*: руйнують речовини що містять лігнін, не руйнують целюлозу.

¹ ОР, разом з целюлозою – складова частина здерев'янілих тканин вищих рослин: у деревині хвойних – до 35%, листяних 20–25%. В анаеробних умовах майже не розкладається.

² Основн. компонент панцирів раків, крабів, креветок, скорпіонів, кутикули комах, є у клітинних стінках грибів – захисна та опорна функції, жорсткість клітин.

³ Фібрилярний білок, що надає механічну міцність у матеріалів біологічного походження.

⁴ Складова частина стінок клітин епідермісу листя.

✓ *Організми* (сукцесійний ряд):

- **оомікотові** (*Oomycota*) та **зигомікотові** (*Zygomycota*) гриби¹;
- **аскоміцети** (*Ascomycetes*), розгалужений септований міцелій;
- **базидіоміцети** (*Basidiomycetes*) продукують плодові тіла².



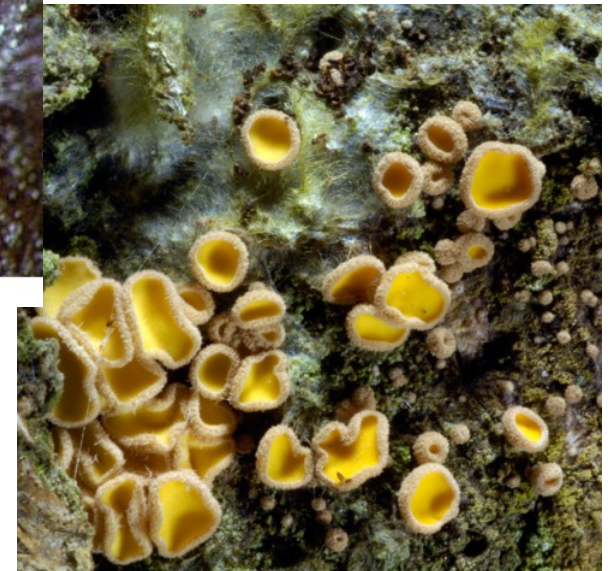
Oomycota www.britannica.com



<http://faculty.college-prep.org//Zygomycota.htm>



<http://pixgood.com/basidiomycetes.html> Basidiomycetes



<https://www.google.com.ua/Ascomycetes>

¹ грибоподібні організми у яких вегетативне тіло неклітинний або клітинний міцелій;

² 5 г лісової підстилки може містити від 78 до 174 видів грибів.

6.5. Розкладання органічної речовини

Після надходження **ОР** у ґ (процеси):

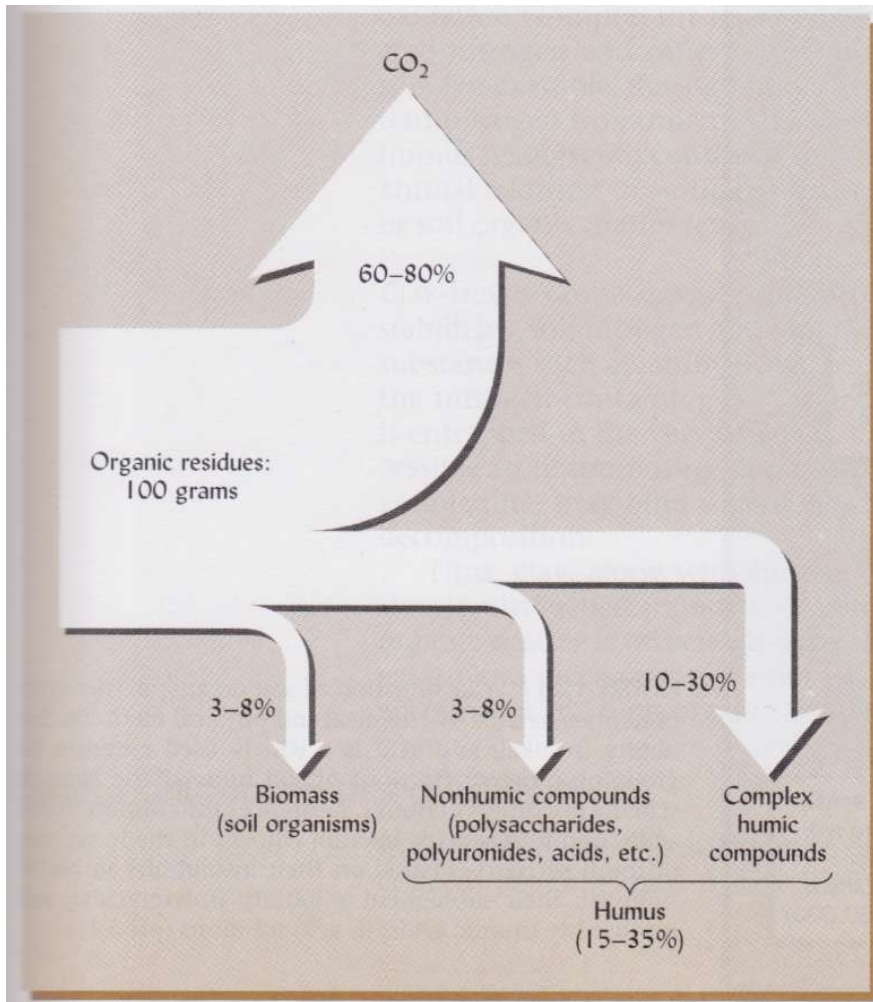
- тварини-«падальники» (некрофаги) ¹;
- автоліз ²;
- вимивання водорозч. орг/мін. сполук;
- заселення грибами (пліснява, цвіль, цвілеві гриби – різноманітні гриби-мікроміцети) та бактеріями;
- використ. розчин. р та легкодост. цукрів ³.

1. Вуглецевмісні сполуки: окиснення $\Rightarrow \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} + \text{енергія}$.
2. Есенціальні елементи ($\text{N}_2, \text{P}, \text{S}$ та ін.) вивільн. та/або іммобіліз. ч/з ряд реакцій.
3. Утв. стійких до мікробіол. розклад. компонентів шляхом їх модифікації в результаті мікробіол. активності.

¹ комахи (жуки-мертвоїди, шкіроїди, личинки двокрилих); деякі птахи (грифи, сипи, марабу, крук тощо) та ссавці (гієни).

² розкл. під дією власних ферментів (після відмирання орг-змів вони не відразу втрачають активність); процесу розклад. сприяють фіз. умови – нагрівання, замерзання, удари крапель дощу, а також вплив населення ґ.

³ напр. клітковина розклад. на цукри, білки та амінок-ти; вуглеводи – до H_2O і CO_2 ; білки – до амінок-т (частина йде на побудову тіла мікроорганізмів, а частина – до CO_2 та NH_3) з подальшим окисленням до азотистої і азотної к-т.

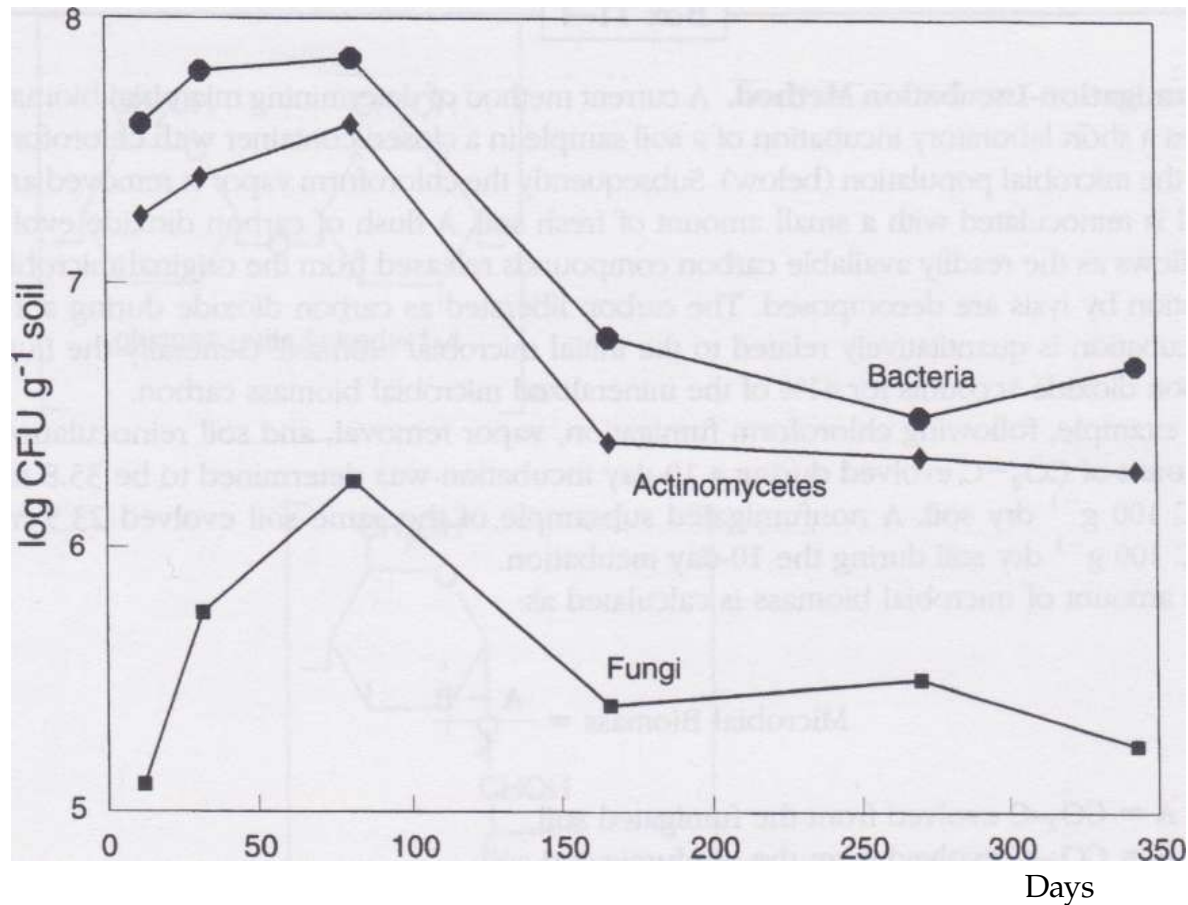


Disposition of 100 g of organic residues ***one year*** after they were incorporated into the soil.

> 2/3 of the carbon has been oxidized to CO_2 and < 1/3 remains in the soil—some in the cells of soil organisms, but a larger component as soil humus.

The amount converted to CO_2 is generally > for above-ground residues than for below-ground residues.

(Estimates from many sources, N. Brady & R. Weil, 1996)

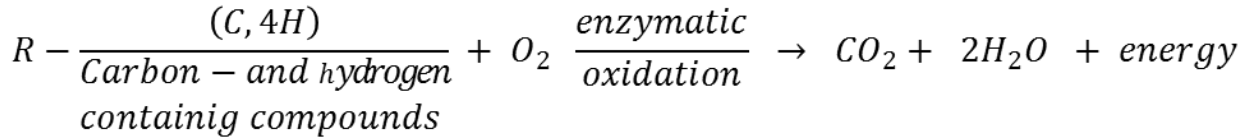


Populations of soil microorganisms at various sampling dates after incorporating wheat straw in June into a silt loam (CFU = colony forming units).

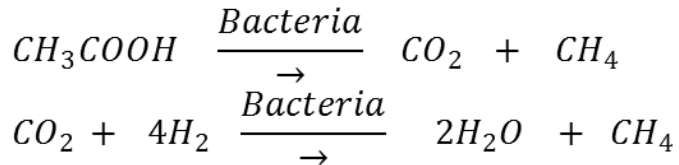
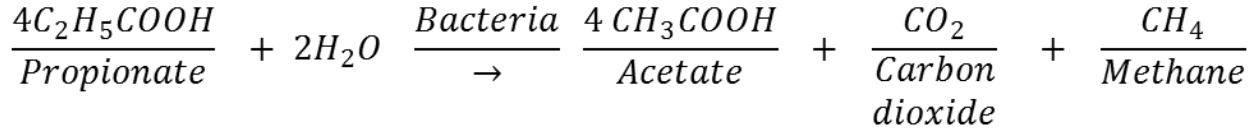
Mean annual microbial biomass values in the surface 10 cm of soil were: ***bacteria***, 300 kg ha⁻¹; ***actinomycetes***, 130 kg ha⁻¹; ***fungi***, 290 kg ha⁻¹.

Adapted from Broder and Wagner (1988), (D. Sylvania et. al., 1999).

АЕРОБНИЙ:



АНАЕРОБНИЙ :

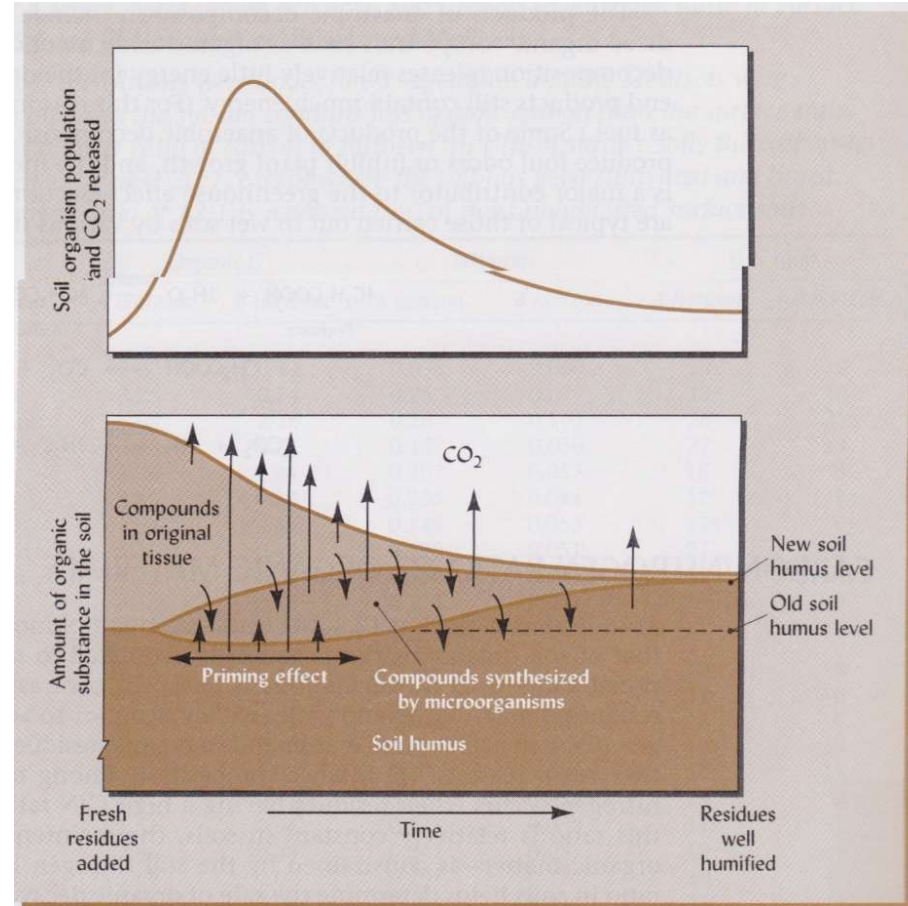


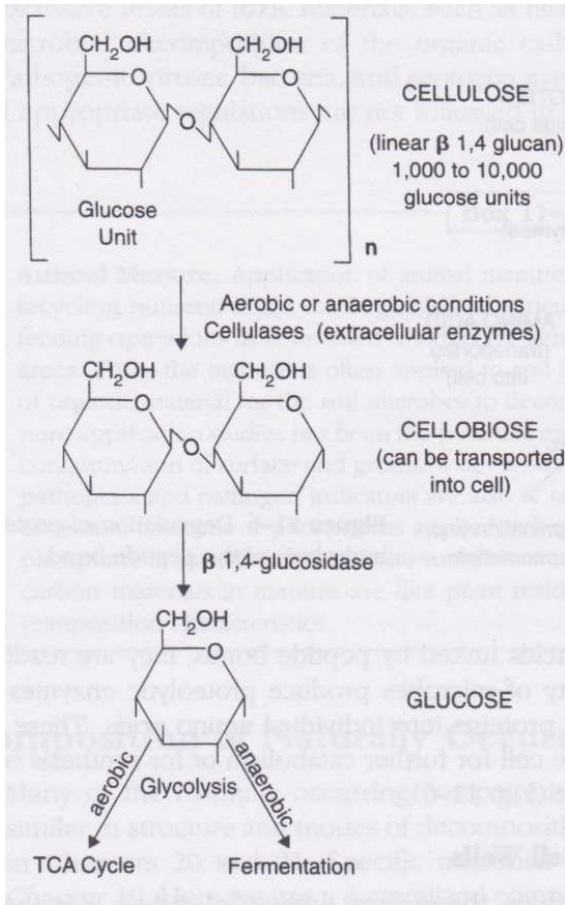
The general changes that occur when fresh plant residues are added to soil.

The time required for the process will depend on the nature of both the residues and the soil.

Arrows indicate transfer of carbon among compartments. (N. Bray & R. Weil, 1996)

Propionate – орг. сполуки $RC(=O)OH$, що містять карбоксильну групу ($COOH$);
Acetate – солі оцтової к-ти.

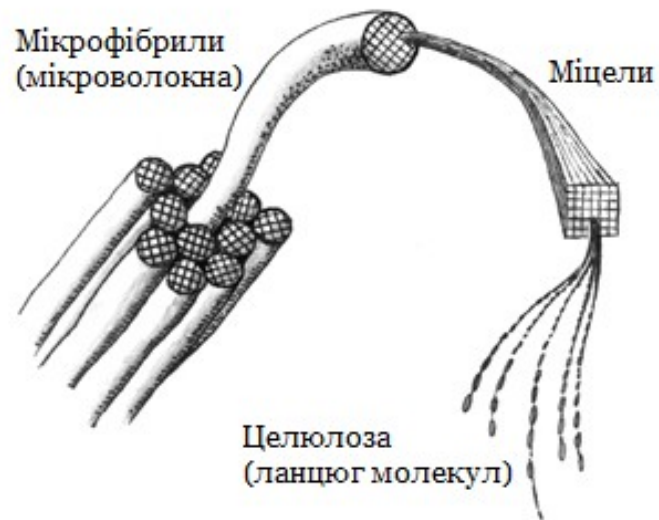




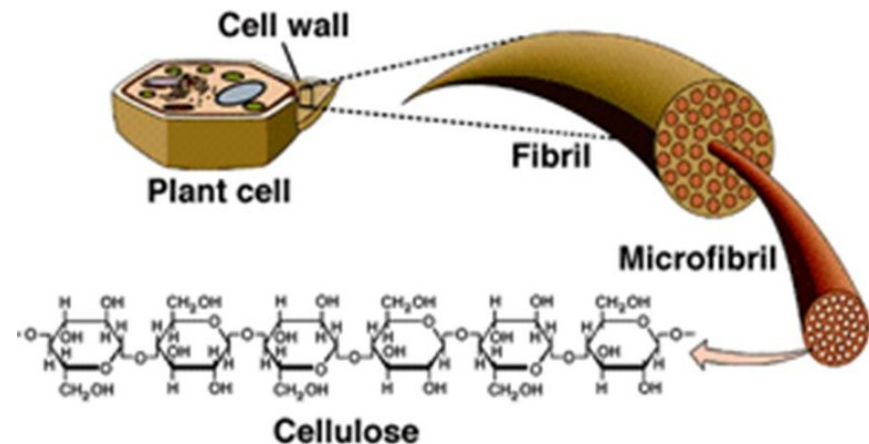
Decomposition of cellulose under aerobic and anaerobic soil conditions.

Note that the lines attached to the rings are positions where hydroxyl groups (-OH) are attached (D. Sylvia et. al., 1999).

Фібрили та мікрофібрили целюлози клітинної стінки рослин
<http://preuniversity.grkraj.org>



Будова мікрофібрил деревини (Rydell och Bergström, 2002).



- ✓ Процеси розклад. протікають поступово під дією *ферментів* (ензимів) ¹.

- ✓ Швидкість розкладання ОР залежать від:
 - водно-повітряного режиму;
 - аеробн. / анаеробн. умов;
 - к-сті мікроорган., їх видових груп.

- ✓ К-сть мікроорган. у г:
 - підзол (шар до 25 см) - 0,6 т/га,
 - дерново-підзолисті ґрунти - 0,9-3,5 т/га,
 - чорноземи - 3,7 - 7 т/га,
 - сіроземи - до 2,5 т/га.

- ✓ У г мікроорган. розподілені нерівномірно: особливо багато їх у верхній частині г і в прикореневій зоні, або *ризосфері*.

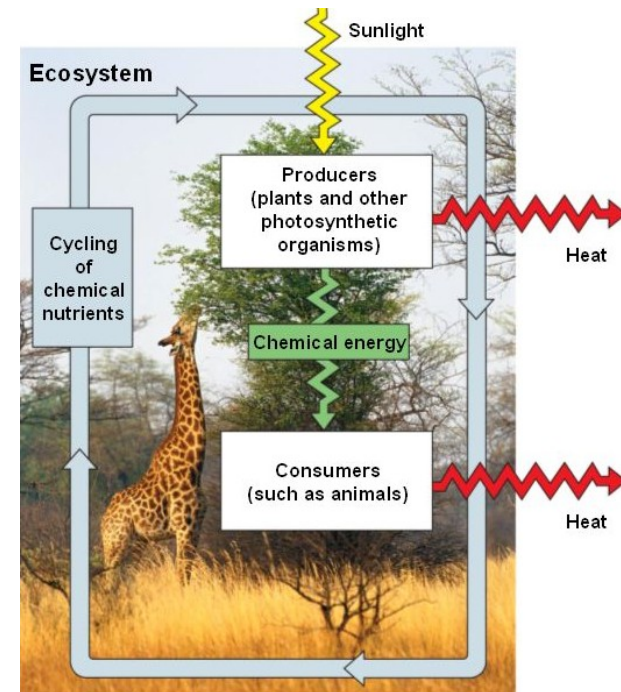
¹ напр. гідролази - гідроліз орг. і гумусов. р; ін. - викликають гниття і бродіння в анаер. умовах.

6.6. Особливості потоків енергії в екосистемі. Біогеохімічні цикли

1. Одностороння спрямованість перетворення енергії в е.
2. Е частково розсіюється у вигляді тепла, тому необхідно її надходж. зовні:
 - при переході від однієї ланки троф. ланцюга до ін. передається лише 5-15% зв'язаної е, 85-95% її розсіюється у вигляді тепла (з. Р. Ліндемана)
3. Функції:
 - синтез речовин;
 - відновлення тканин;
 - транспорт речовин в та з клітини, підтримання констант та ін.



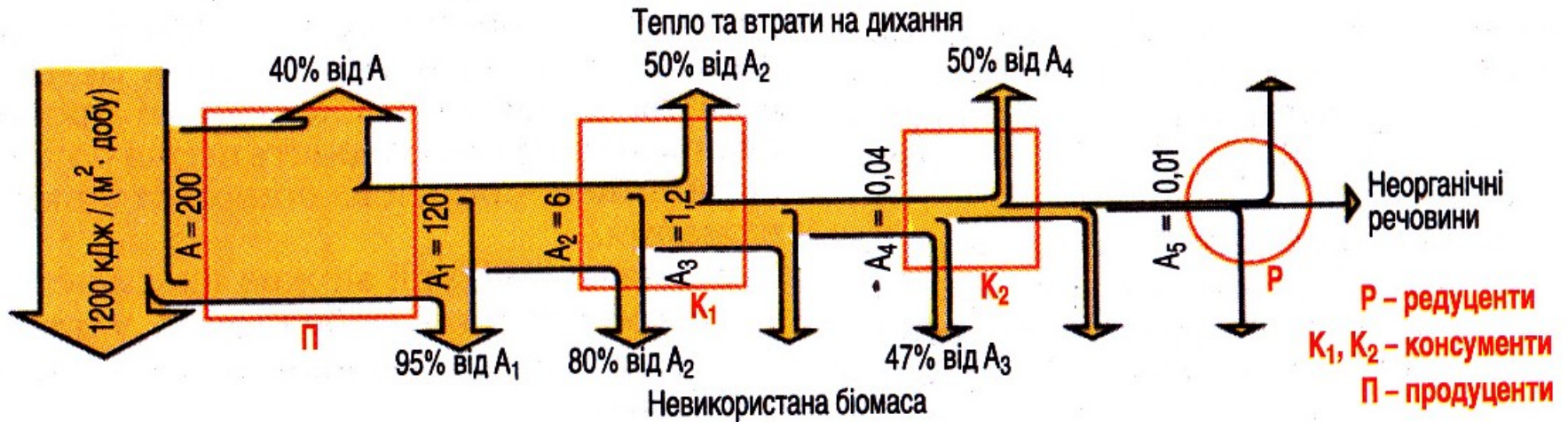
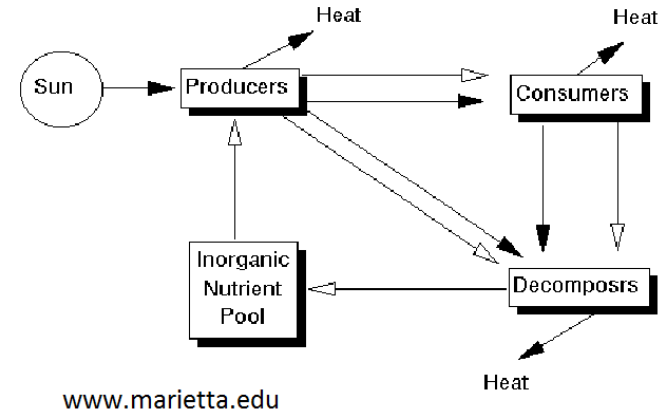
Раймонд
Ліндемман (1915 -
1942)
американський
еколог



bio1151.nicerweb.com

21.3.25 33

5. Довжина троф. ланцюга, як правило, не перевищує 5-6 рівнів, хоча іноді буває і більше ¹.



D. Heinrich, M. Hergt, 2001

¹ світло – фітопланктон – бактеріопланктон – коловертки (дрібні багатокліт. безхребетні (40 мкм до 2 мм), найдрібніші кормові організми для більшості видів риб) – хижий зоопланктон – личинки риб – риби планктофаги – хижі риби-I – хижі риби-II – хижі морські ссавці – людина.

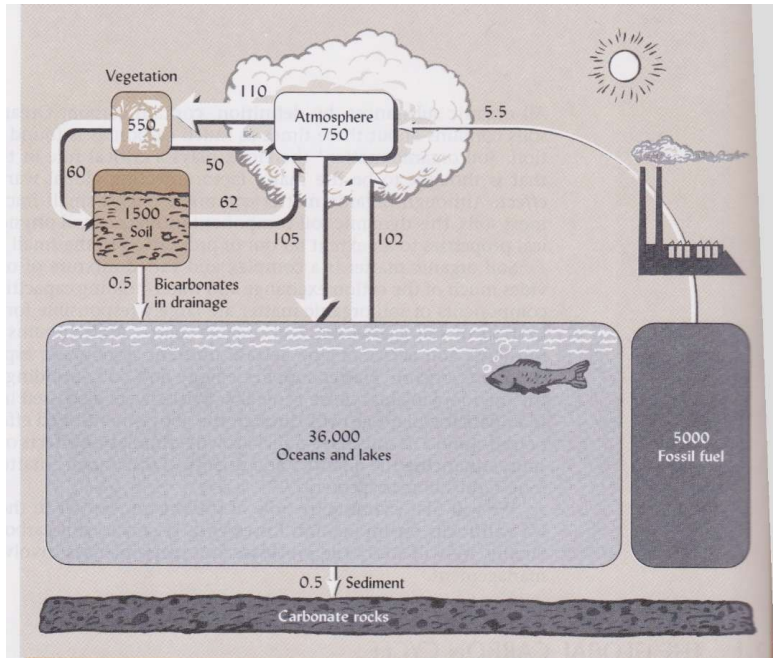
6. БГХЦ: система незамкнених / незворотних кругообігів хім. р в неорг. природі ч/з рослин і тварин в орг. природу.

7. CO₂¹: CO₂ тропосфери ⇒ рослини ⇒ тварин та людина ⇒ Γ ⇒ атм..

8. O₂: кругообіг кисню пов'язаний з кругообігом CO₂.



All living things contain carbon. Carbon exists in many forms in this leaf, including in the cellulose to form the leaf's structure and in chlorophyll, the pigment which makes the leaf green.
<https://courses.lumenlearning.com>



A simplified representation of the global carbon cycle (petagrams = 10¹⁵g = 10⁹ t) of carbon stored in the major pools. The numbers by the arrows show the amount of carbon annually flowing (Pg/yr) by various pathways between the pools.

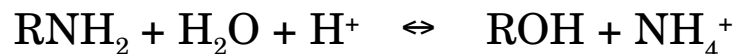
(Data from several sources, N. Brady & R. Weil, 1996)

¹ С у земній корі ≈ 0,1%, у рослинах та тваринах ≈ 17,5, у деревині ≈ 30%, у людини ≈ 21% напр. Si - 29%.

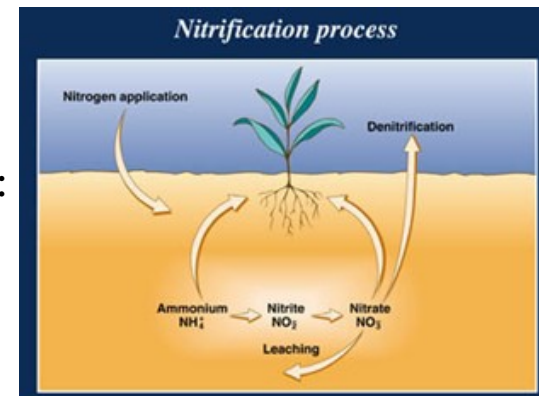
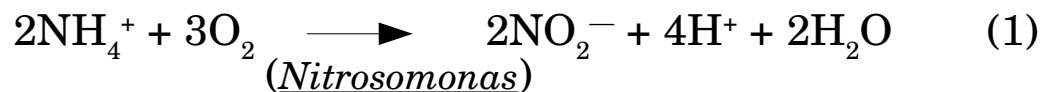
9. N^1 : N у повітрі (окиснення ²) \Rightarrow в біосфері (в рослинах та мікроорган.) \Rightarrow в ґ (амоніфікація, нітрифікація, денітрифікація).

Поглинання N з ґ у вигляді аніонів NO_3^- та катіонів NH_4^+ .

- **Амоніфікація:** розщепл. білків і ін. азотвмісн. сполук ³ з участю бактерій *Nitrobacter* і *Nitrosomonas* з виділенням одного з основних кінцевих продуктів – NH_4^+ :



- **Нітрифікація (2 фази):**

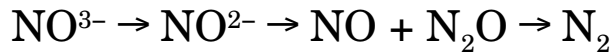


¹ зв'язки між 2-а атомами у молекулі N дуже міцні, живі організми не здатні безпосередньо використ. молекул. N повітря.

² електр. та фотохім. окислення при розрядах блискавок в атм.: утв. аміак та нітрати, які з дощем потрапляють у ґ і воду (2-10 і > кг/га N у рік).

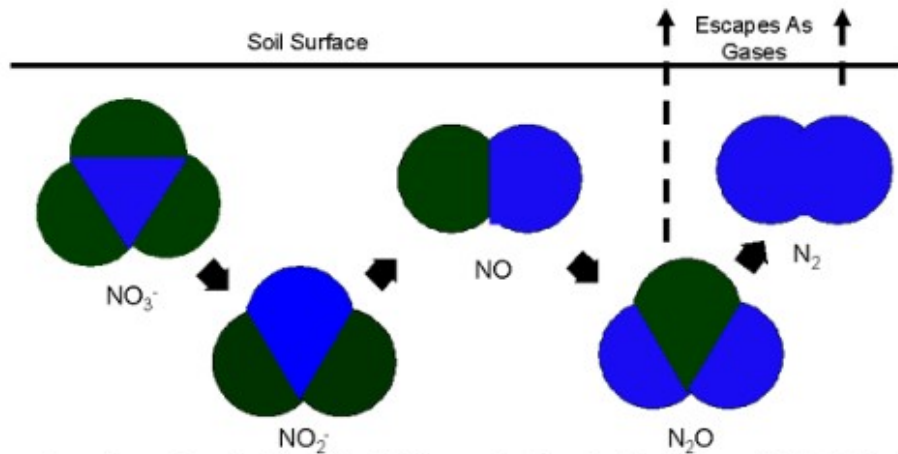
³ напр. амінок-ти, пурини, піримідини та ін. азотвм. орг. сполуки. А. складний багатофазовий процес, кінцеві результати якого залежать від будови й складу білка, умов, у яких відбувається розклад, і від збудників, що його спричинюють.

➤ Денітріфікація (*Bac. Denitrificans*)¹:



Denitrification

Created by J. Strock
University of Minnesota

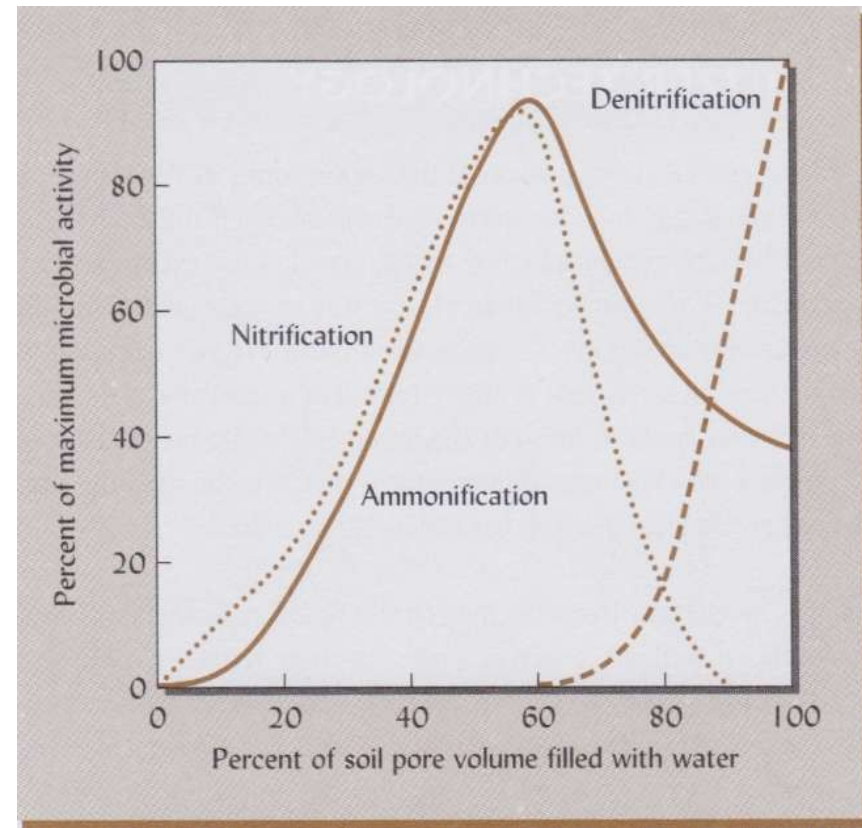


Caused by soil organisms that live without air in a wet soil and get their oxygen (O) by taking it from NO_3^- . Warm wet soil with large amount of plant residues favor denitrification. (The soil organisms that rot residues rapidly use up the free oxygen supply and then the denitrifying organisms begin to multiply.)

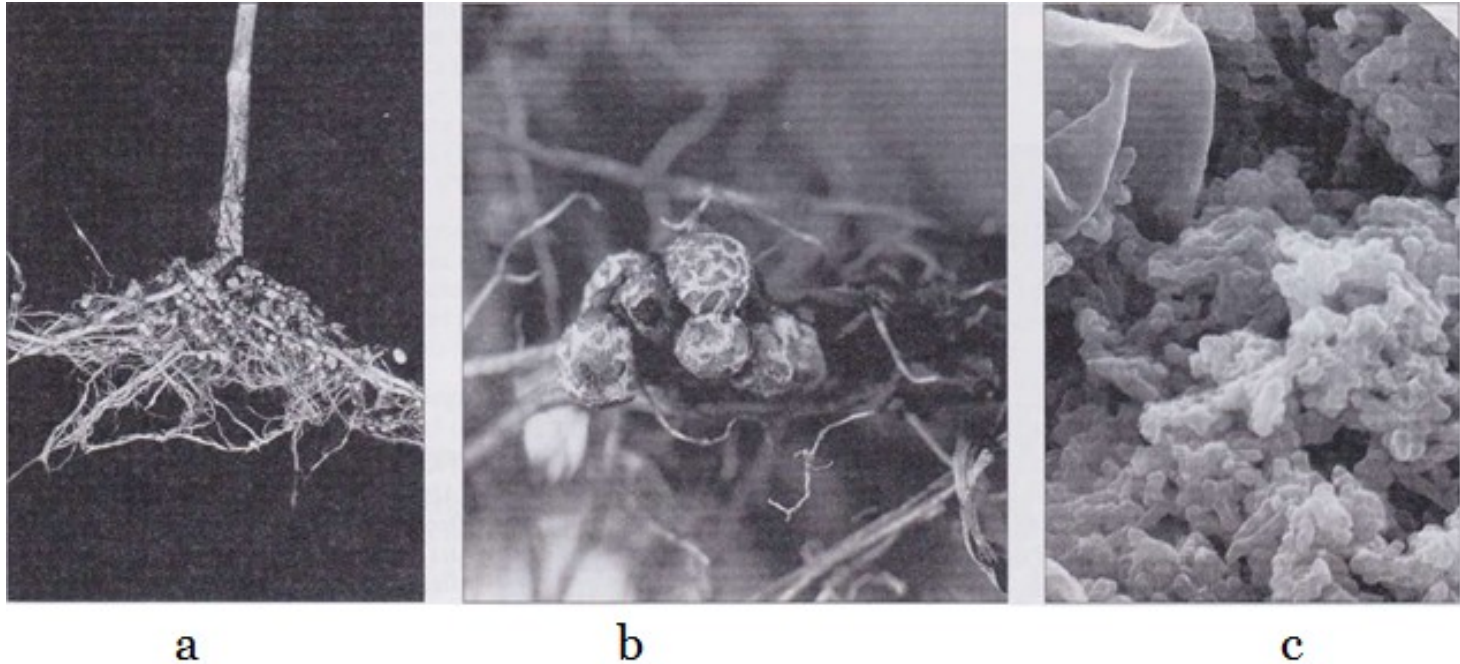
<http://www.memrise.com/>

¹ Групи бактерій, що викор. атм. N: бульбочкові бактерії *Bac. radialiscola* (живуть на коренях бобових рослин - конюшини, люцерни, люпину). Фіксують від 160 - до 180 кг/га азоту за вегетац. період.

Аеробний, вільноживучий мікроб *Azotobacter* поширений в орних ґ, а анаеробний азотофіксатор *Clostridium Pasterianum* - в необроблюваних ґ. Фіксують від 20 до 70 кг/га азоту

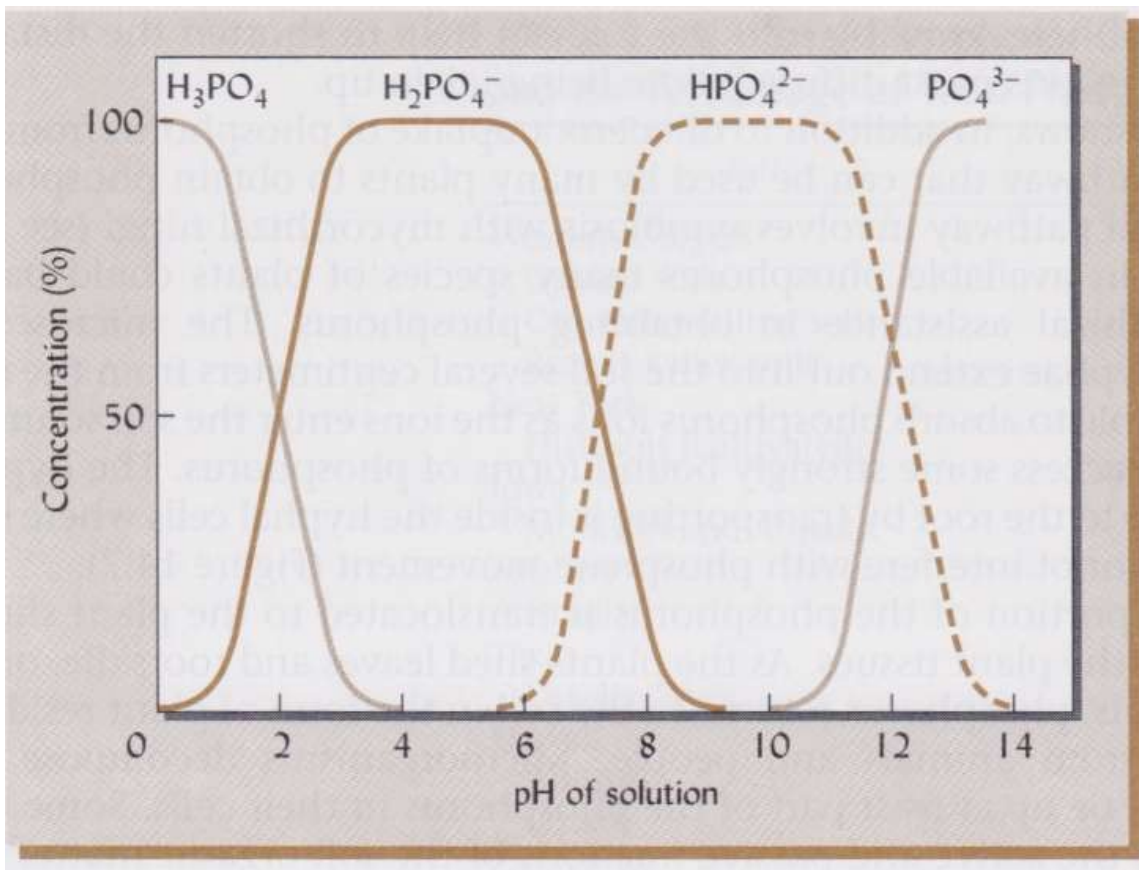


The percentage of water-filled pore space is closely related to rates of *nitrification*, *ammonification*, and *denitrification*. Ammonification can proceed in soils too waterlogged for active nitrification (N. Brady & R. Weil, 1996).



Photos illustrating soybean nodules. In (a) the nodules are seen on the roots of the soybean plant, and a close-up (b) shows a few of the nodules associated with the roots. A scanning electron micrograph (c) shows a single plant cell within the nodule stuffed with the bacterium *Bradyrhizobium japonicum*. (Courtesy W. J. Brill, University of Wisconsin, from N. Brady & R. Weil, 1996)

10. P: P г ⇒ рослини > г (переважно у формі аніона ортофосф. к-ти PO_4^{3-}), і без змін включається в орг. сполуки ¹.



The effect of pH on the relative concentrations of the three species of phosphate ions. At lower pH values, more H^+ ions are available in the solution, and thus the phosphate ion species containing more hydrogen predominates. In near-neutral soils H_2PO_4^- and HPO_4^{2-} are found in nearly equal amounts. Both of these species are readily available for plant uptake.

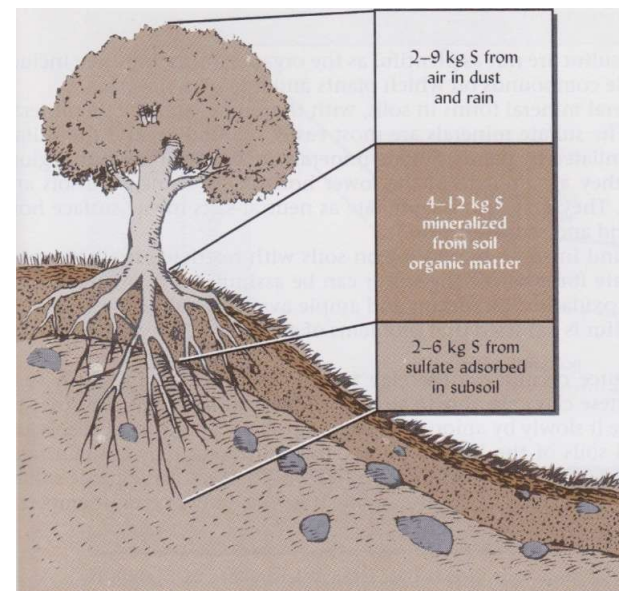
¹ Основна маса P г міститься в ОР, з яких він у процесі розклад. вивільняється у вигляді фосфорної к-ти (H_3PO_4), яка взаємодіє з основами і утв. водорозч. фосфорнокислі солі (Na_3PO_4 ; CaHPO_4), які можуть засвоювати рослини.

Частина важкорозч. сполук переходить в доступні для рослин при впливі на орг. речовини мікроорганізмів, напр. *Bac. mycoides*, які виділяють к-ти, під дією яких важкорозчинні фосфати частково переходять в розчинні.

11. S: S Γ \Rightarrow рослини \Rightarrow Γ^1 (переважно ч/з корені як аніон SO_4^{2-}).

Plants take up sulfur primarily from three sources: sulfur in *atmospheric gases and dust*; sulfate mineralized from soil *organic matter*; and sulfate adsorbed on *soil minerals*.

In areas downwind of coal burning plants and metal smelters, the atmospheric contribution much larger than indicated here, N. Brady & R. Weil, 1996.

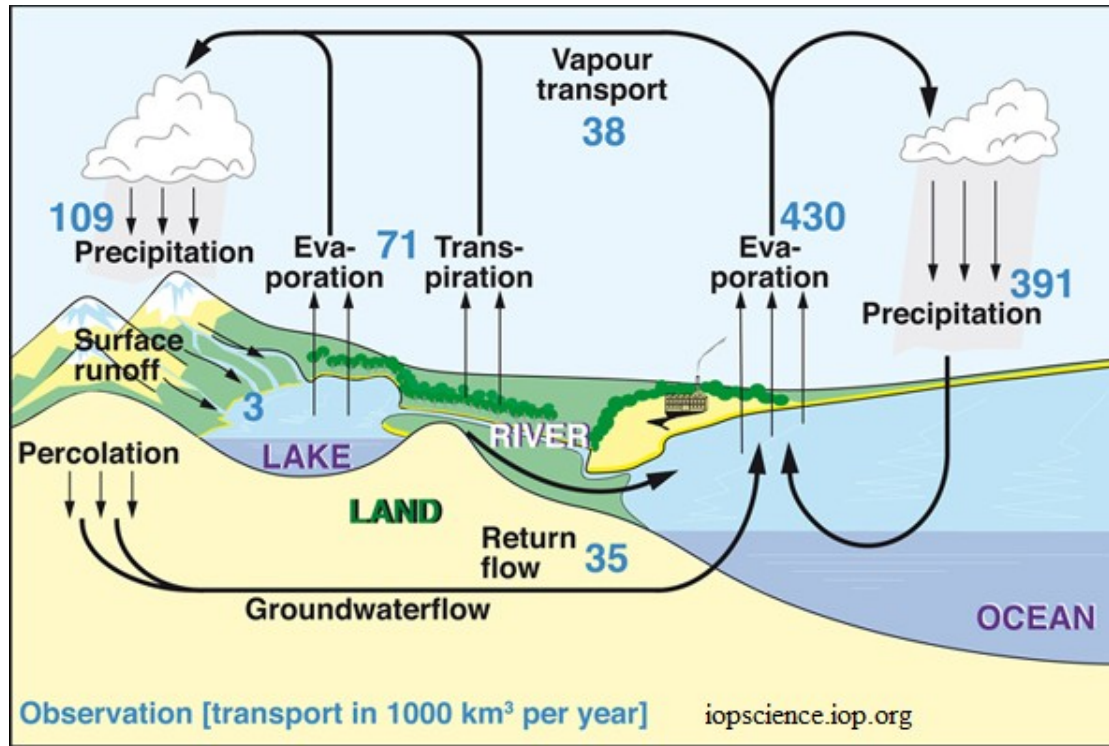


¹ S потрапляє в Γ при розкладанні білків та ін. ОР у формі H_2S - отруйного для рослин газу. Під впливом бактерій роду *Sulfomonas*, *Tiobacterium* спочатку H_2S окислюється \Rightarrow вільна сірка, потім в присутності кисню і води \Rightarrow H_2SO_4 , яка сприяє розчиненню основ. За вегетац. період може утв. 200-250 кг/га сірчаної кислоти.

В анаеробних умовах солі сірчаної к-ти знову відновлюються до H_2S .

12. Н: обумовлений кругообігом води – щорічно випаров. ≈ 577 тис. км³, в т.ч. з океанів 505 (87%) тис. км³ та 72 (13%) тис. км³ з суші ¹.

Надходить з опадами в океан ≈ 458 тис. км³ + 45 тис. км³ у вигляді поверхневого стоку + 2 тис. км³ за рахунок підземних вод.



¹ Всього води $\approx 1\,332\,000\,000$ км³ - підрахунок з використанням супутників, визначення водної поверхні та глибини.

6.7. Ланцюги живлення, харчові мережі та трофічні рівні в екосистемі

1. 1920 р. А. Тінеманн (нім. пріснов. біолог) вводить поняття «**трофічних**» / «**харчових**» рівнів (**ТР**) в е.
2. **ЛЖ** (харчов., / трофічн. л): види організмів, які пов'язані один з одним віднош. «їжа-споживач» і визначають послідовність перетв. біомаси і енергії в е..



Такі види утв. певний ряд (л), кожна окрема ланка (вид) якого є **ТР**.

3. Типи ТЛ:

- *пасовищні*: автотрофи \leftarrow рослиноїдні тварини / мікроорган. \leftarrow хижаки 1-го порядку \leftarrow хижаки 2-го порядку, іноді 3-го і 4-го порядку ¹.
- *детритні*: детрит \leftarrow детритофаги \leftarrow хижаки.
- «*паразитарні*» повний цикл життя певного виду паразитів ².

¹ або більшість комах харчуються рослинами, які в свою чергу складають раціон жаб та птахів, які в свою чергу є їжею змій, якими харчуються багато хижих птахів, у яких також є вороги – кліщі, блохи й ін. паразити;

² або гусениця, що паразитує на рослинах є жертвою личинок мух, які в свою чергу – черв'яків-нематод, у яких живуть бактерії, які страждають від вірусів.

✓ *Особливості ЛЖ в листяних і змішаних лісах:*

- 1-й ТР: види трав, ягоди (малина, чорниця, суниця, бузина, горіхи, шишки);
- 2-й ТР (к-1): травоїдні (косулі, лосі, олені), гризуни (білки, миші, землерийки, зайці);
- 3-й ТР (к-2): хижаки (лисиця, вовк, ласка, горностай, рись, сова та ін.). напр. вовк може полювати на дрібних ссавців, так і може поїдати падаль.
- 4-й ТР: редуценти (бактерії, гриби) ¹.

✓ *Особливості ланцюгів живлення в хвойних лісах:*

- 1-й ТР: мох, чагарники або лишайники, чистотіл, суниця, бузина;
- 2-й ТР: деякі види оленів, зайці, лосі, білки;
- 3-й ТР: норка, ведмідь, росомаха, рись та ін.
- 4-й ТР: мікроорганізми ².

¹ Приклади ЛЖ у листяно-хвойному лісі:

кора берези – заєць – вовк – редуценти;

деревина – личинка травневого жука – дятел – яструб – редуценти;

листовий опад (детрит) – черв'яки – землерийки – сова – редуценти.

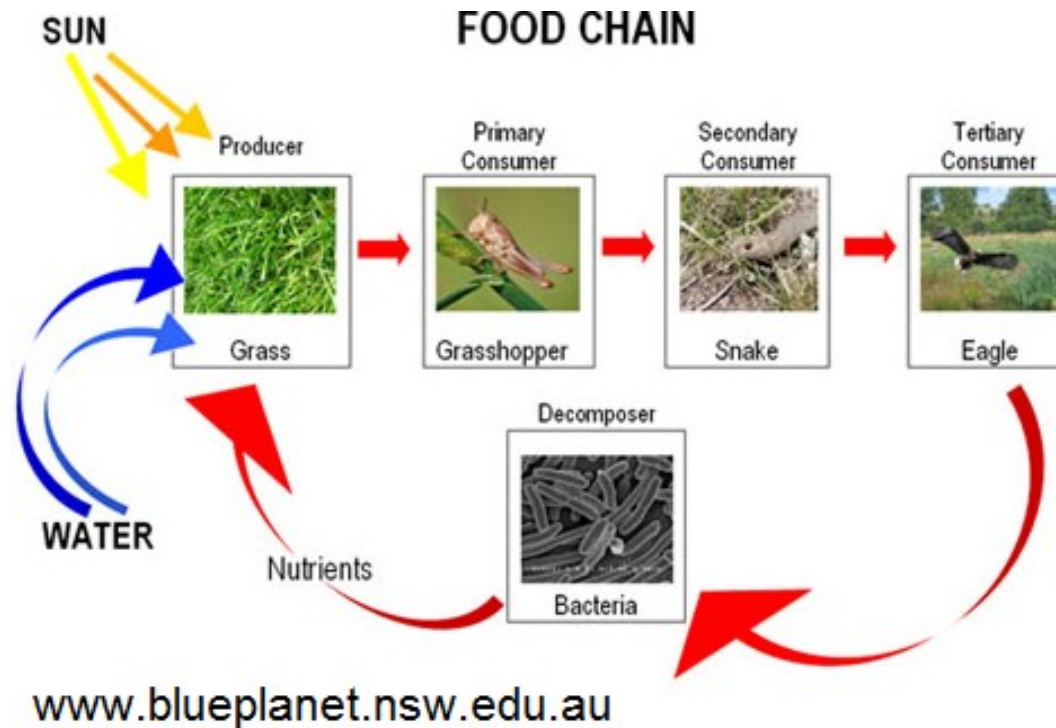
² Приклади ХЛ в хвойному лісі:

кедрові горіхи – білка – норка – редуценти;

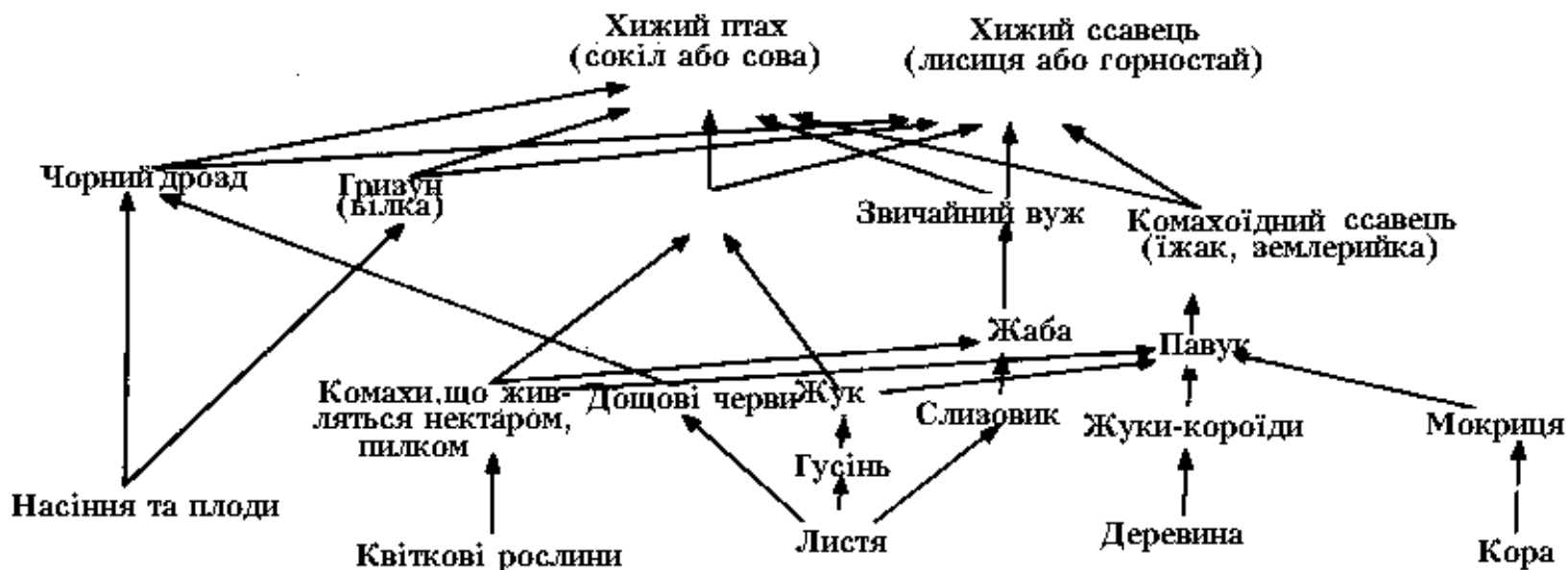
перегній рослин (детрит) – бактерії, найпростіші – гриби – ведмідь – редуценти.

4. ТР:

- *продуценти*: з. рослини, деякі бактерії, фітопланктон та водорості;
- *травоїдні* (к. 1-го порядку): ссавці, частина комах, рептилії, птахи, паразити рослин, дрібні ракоподібні, молюски та ін.
- *м'ясоїдні* (к. 2-го чи 3-го порядку) що живляться травоїдними та м'ясоїдними
- *редуценти*: гриби, бактерії, актиноміцети.

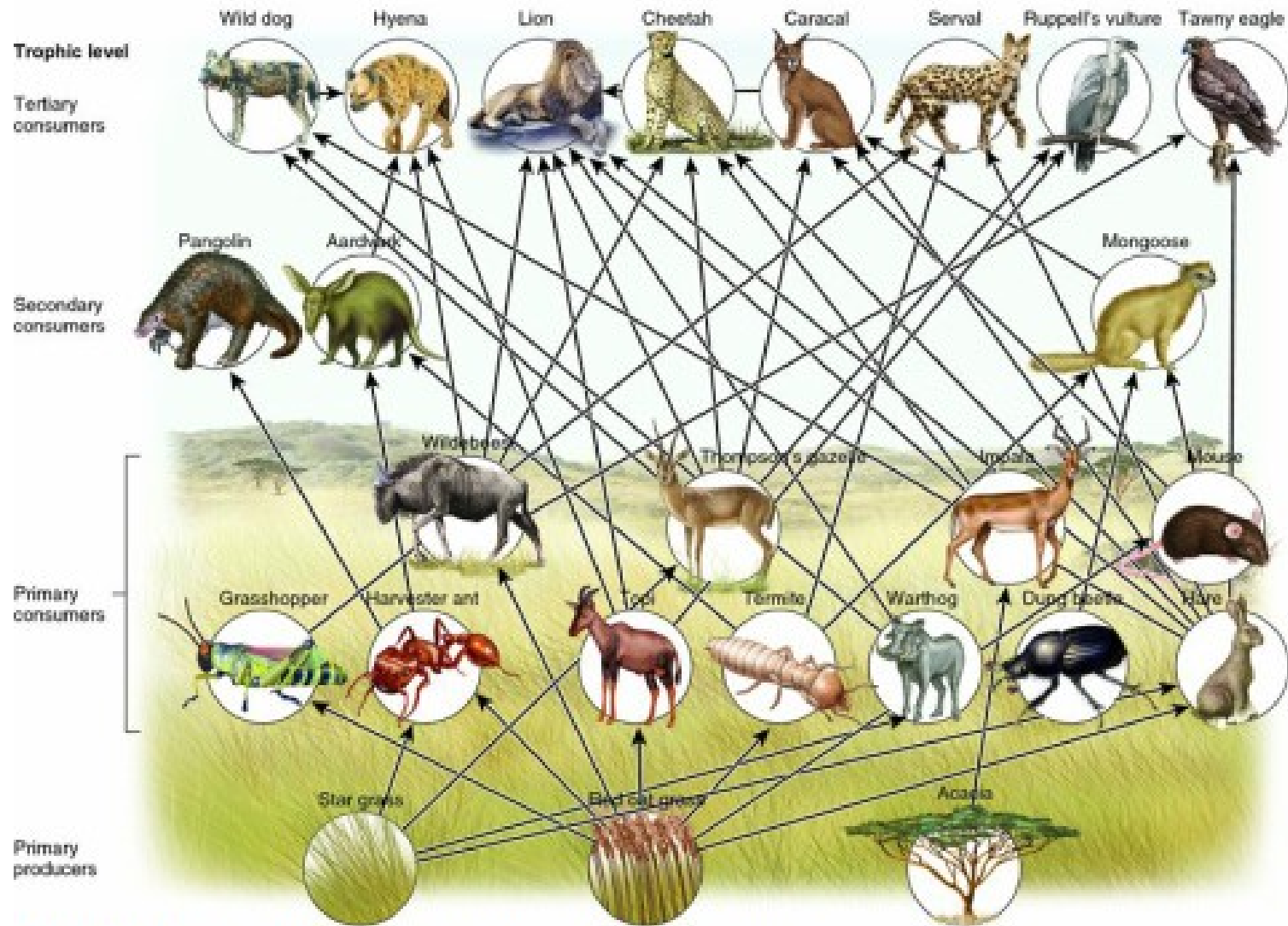


5. **Харчова (т) мережа (ТМ):** абстрактне поняття, що х-ризує харчові відносини груп організмів в угрупованні, де всі живі істоти є об'єктами живлення ін..
6. Більшість видів живиться не одним, а кількома видами, і самі споживаються в їжу декількома ін. видами, формується **ТМ**.
7. **ТР:** сукупність орг-змів, що займають певне положення в заг. **ЛЖ:** співвіднош. різних **ТР** зображають графічно у вигляді *екол. піраміди* (ЕП).

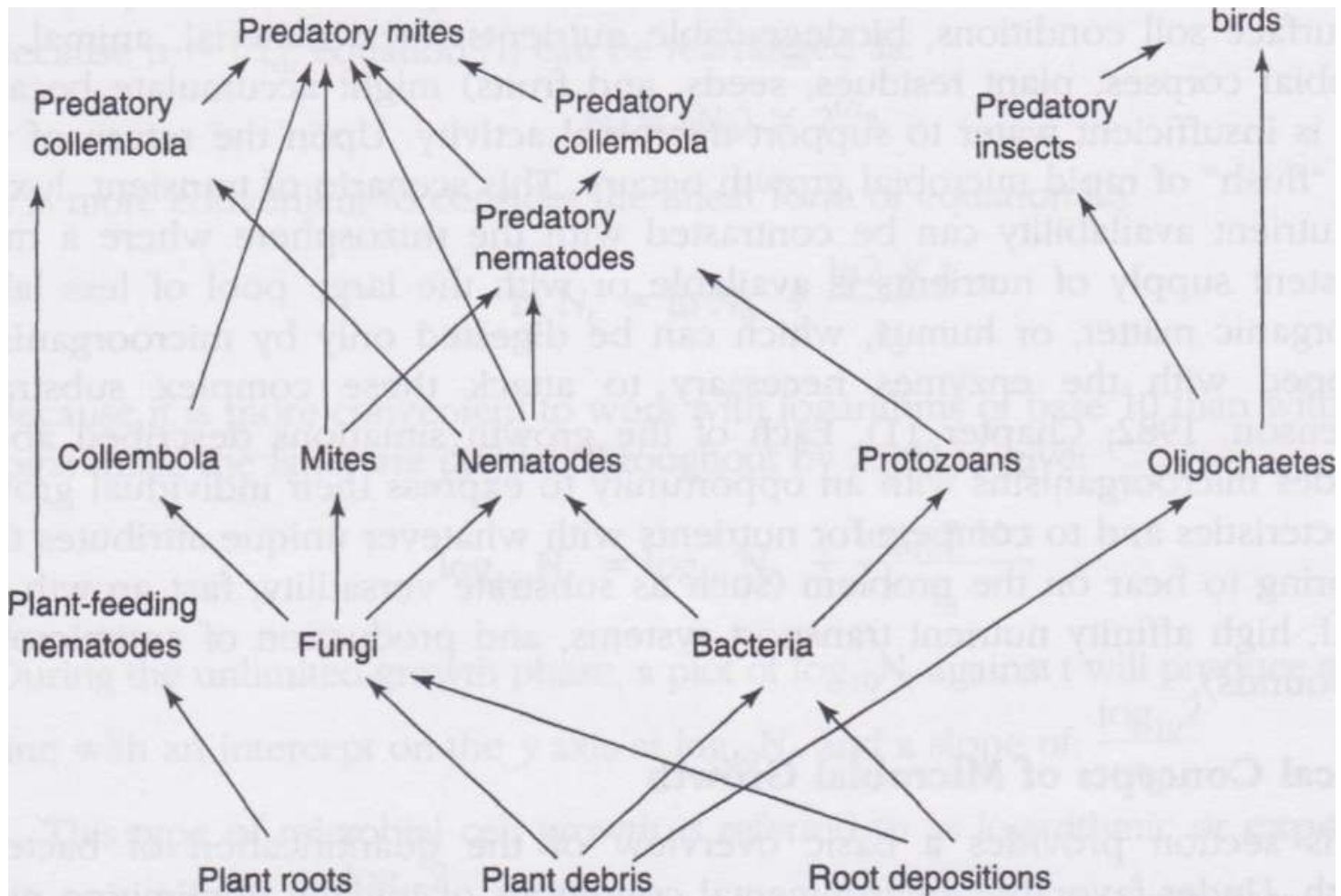


Взаємовідносини між різними організмами в лісі (за Н.Гріном)

Приклад трофічної мережі



<http://joshmaskillibiomeproject.weebly.com>



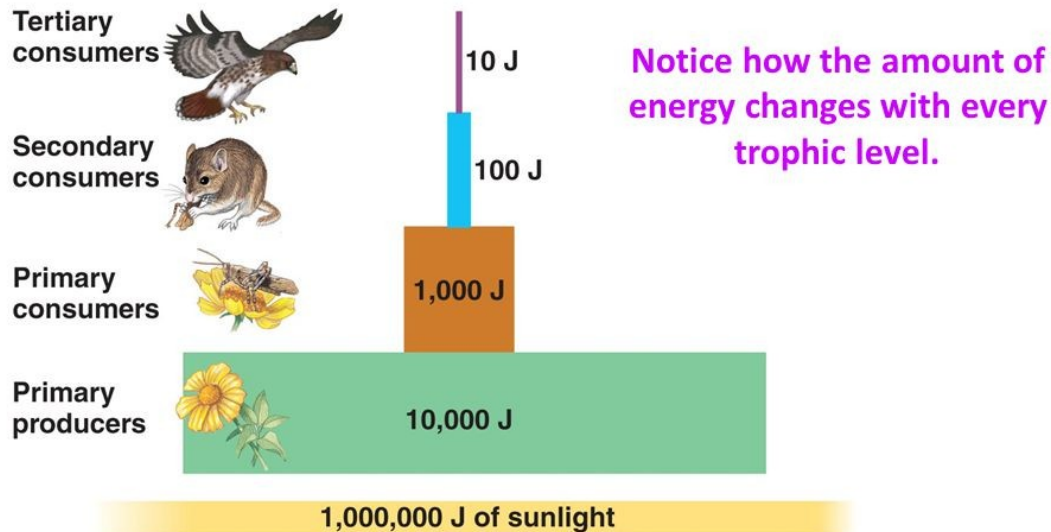
Possible interactions among soil organisms displayed in a simplified food web *D. Sylvia et. al., 1999*: *collembola* (ногохвостки, роздільностатеві тварини); *oligochaeta* (черв'яки, вкл. дощові).

6.7. Екологічні піраміди

1. **ЕП** (трофічна, харчова) - графічне зображ. зміни к-сті *біомаси* / *біопродуктивності* на кожному ТР екосистеми.
2. **ЕП** починаються продуцентами на нижньому рівні і продовжуються вгору ч/з один або кілька рівнів консументів.

Energy Pyramids

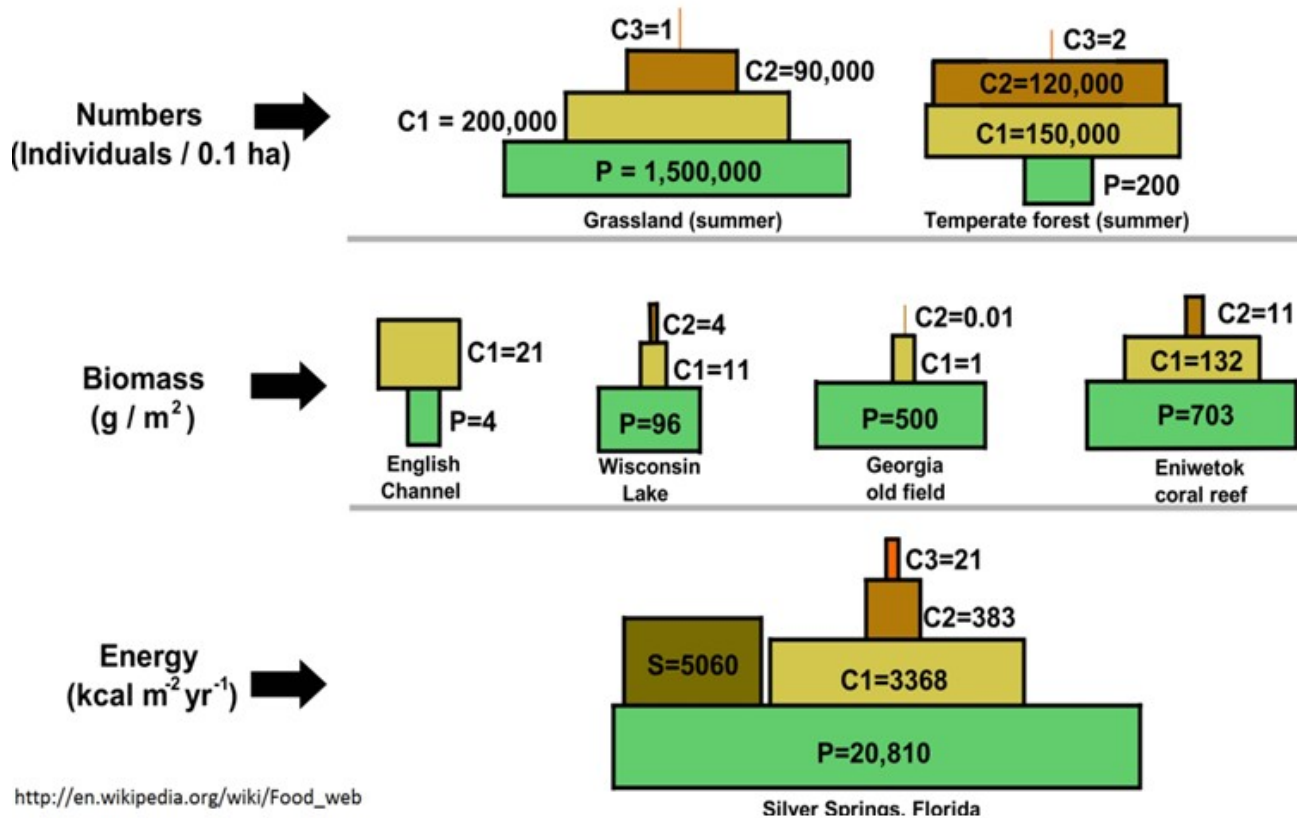
Producers at the bottom with the total amount of solar energy captured



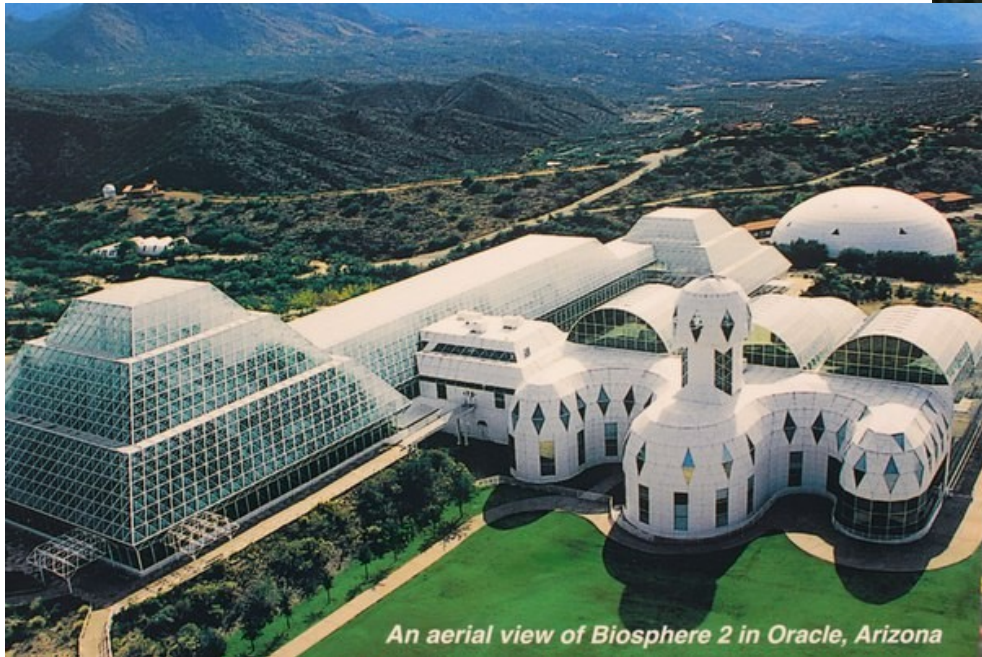
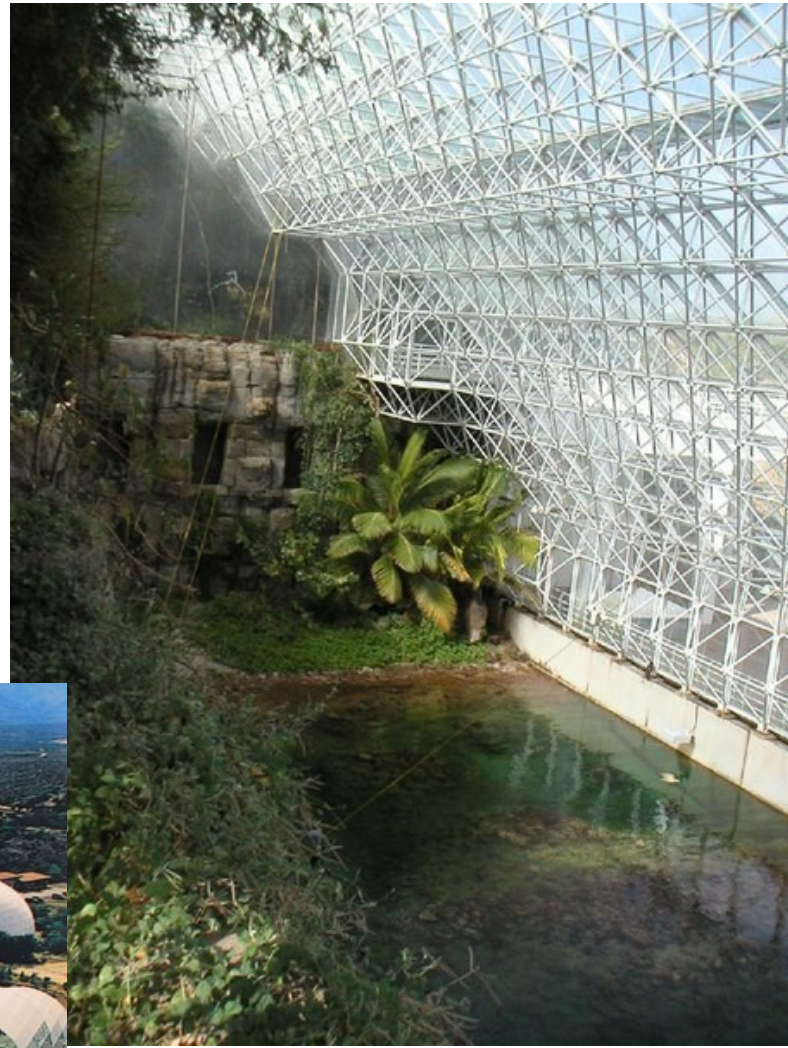
Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

4. Типи ЕП:

- ✓ П. чисел – відображає чисельність окремих організмів на кожному ТР;
- ✓ П. біомаси – кількість ОР, синтезованої на кожному з ТР¹;
- ✓ П. енергії – величина потоку енергії.



¹ напр. 1000 кг трави й листя - 100 кг тіла коня, тоді як 100 кг конини - 10 кг живої маси ведмедя.



An aerial view of Biosphere 2 in Oracle, Arizona

