

CURSUL 2-3

Elemente de Ecologie. Biotopul. Biocenoza. Ecosistemul – definiție, clasificare, funcții principale

Cuprins

2.1. Biotopul	2
2.1.1. Structura biotopului	2
2.1.1.1. Factorii geografici	2
2.1.1.2. Factorii mecanici	2
2.1.1.3 Factorii fizici	3
2.1.1.4. Factorii chimici	4
2.2. Biocenoza	4
2.2.1 Factorii limitativi	5
2.2.2. Habitatul și nișa ecologică	5
2.3. Ecosistemul	6
2.3.1. Clasificare	7
2.3.2. Funcțiile ecosistemelor	7
2.3.2.1. Funcția energetică	7
2.3.2.2. Funcția de autoreglare	8
2.3.2.3. Funcția de circulație a materiei	8
2.3.2.3.1. Ciclul apei	8
2.3.2.3.2. Ciclul carbonului	8
2.3.2.3.3. Ciclul azotului	9
2.3.2.3.4. Ciclul fosforului	11
2.3.2.3.5. Ciclul sulfurului	11
2.4. Producția și productivitatea ecosistemelor	12
2.5. Succesiunea ecologică	12

2.1. Biotopul

Biotopul (*gr. bios = viață; topos = loc*) reprezintă cea mai mică unitate geografică a biosferei sau a unui habitat, care poate fi delimitată și care este caracterizat prin biota sa proprie. Biotopul este arealul caracterizat printr-o uniformitate a factorilor ecologici în care își duc viața diferite specii de plante și animale care alcătuiesc o biocenoză. Elementele componente ale biotopului sunt: litosfera, hidrosfera și atmosfera. Biotopul este deci constituit din componente anorganice: substratul geologic reprezentat de roci cu o anumită structură mineralogică și compoziție chimică, apă, atmosferă și energie radiantă generată de Soare, care formează ceea ce se numește mediul abiotic.

2.1.1. Structura biotopului

Biotopul cuprinde totalitatea factorilor abiotici sau factorilor ecologici:

- ✓ natura substratului: terestru sau acvatic;
- ✓ tipul de sol, textura și componentele minerale ale solului;
- ✓ tipul de apă: stătătoare, curgătoare, dulce, sărată;
- ✓ factorii geografici: poziția geografică pe glob, altitudinea, expoziția geografică;
- ✓ factorii mecanici: vântul, mișcarea apei, curenții oceanici, valurile, fluxul și refluxul, cutremurele, erupțiile vulcanice;
- ✓ factorii fizici: temperatura, umiditatea, lumina, focul;
- ✓ factorii chimici: azotul, oxigenul, dioxidul de carbon, pH-ul, salinitatea, substanțele minerale din sol.

2.1.1.1. Factorii geografici

Factorii geografici au un rol foarte important în caracterizarea biotopului unui ecosistem. Influența lor asupra organismelor dintr-un ecosistem este indirectă prin imprimarea unor trăsături particulare ale factorilor ecologici (lumină, temperatură, umiditate).

1. Poziția geografică pe glob – latitudinea și longitudinea unui ecosistem vor indica integrarea acestuia într-o anumită zonă climatică, care prezintă anumite caracteristici ale factorilor ecologici.

2. Altitudinea reprezintă un factor ecologic important în distribuția organismelor în diverse ecosisteme din aceeași zonă climatică. Odată cu creșterea altitudinii scad temperatura și presiunea atmosferică, iar vântul, luminozitatea și umiditatea se intensifică.

3. Expoziția geografică are influență asupra vieții din cadrul ecosistemului respectiv datorită cantității de lumină. Factorii care sunt influențați de expoziția geografică sunt factorii mecanici (curenții de aer) care împreună și cu alți factori ecologici pot determina modificări în cadrul populațiilor și biocenozelor.

2.1.1.2. Factorii mecanici

1. Vântul deplasează aerul datorită diferențelor de temperatură între zonele de presiune înaltă și joasă și determină numeroase efecte asupra organismelor, mai ales în regiunile unde suflă în permanență și pe direcție dominantă.

Din punct de vedere ecologic, curenții de aer pot fi grupați în două categorii:

- ✓ **vânturi cu caracter neperiodic** (furtuni, uragane);
- ✓ **vânturi cu caracter de regim** (constante – alizeele, sau periodice – Crivățul), prin acțiunea lor pot determina eroziunea solului. Eroziunea eoliană este mai accentuată în

zonele de stepă și pustiu, în zonele unde textura solului este de natură nisipoasă sau formată din aluviuni.

2. Mișcarea apei stătătoare (bălți, lacuri, mări și oceane) se datorează curenților orizontali, verticali, ascendenți și descendenți, valurilor, oscilațiilor de nivel etc. Mișcarea apelor curgătoare este determinată de gradul de înclinare a pantei.

Datorită acțiunii sale mecanice intervenită între forța de curgere a apei și substrat sunt desprinse și transportate o serie de materiale care sunt depuse la mal sau la vărsare.

2.1.1.3. Factorii fizici

1. Temperatura are un rol limitativ pentru structura populațiilor unei biocenozes datorită variațiilor ce apar pe parcursul unui an. În cazul în care limita inferioară sau superioară a temperaturii de toleranță a unei specii este depășită, specia poate fi eliminată, chiar dacă ceilalți factori abiotici au o comportare normală.

Temperatura atmosferică condiționează în mare măsură existența organismelor terestre, acționând asupra repartiției lor pe suprafața globului. Organismele în funcție de cerințele față de temperatură pot fi clasificate astfel:

- ✓ **euriterme** – organisme capabile să suporte variații termice foarte mari;
- ✓ **stenoterme** - organisme capabile să suporte variații termice foarte mici;
- ✓ **mezoterme** – organisme ce se dezvoltă în limite medii de temperatură;

În raport cu reacțiile de modificare a temperaturii, organismele pot fi grupate în două categorii:

- ✓ **poikiloterme** – organisme la care temperatura corpului se modifică odată cu variațiile termice ale mediului extern (de exemplu: nevertebrate, pești, amfibieni, reptile);
- ✓ **homeoterme** – organisme la care temperatura corpului este aproape constantă indiferent de modificările mediului ambiant (de exemplu: mamifere și majoritatea păsărilor).

2. Umiditatea este factorul abiotic indispensabil unui ecosistem. Apa este solvenul substanțelor minerale din rocile scoarței biotopului și reprezintă calea de migrație a elementelor biogene din rocile litosferei în materia vie a ecosistemului și invers. La nivel planetar apa reprezintă unul din învelișurile Pământului (hidrosfera) ocupând 70% din suprafața sa.

În funcție de necesarul de apă organismele sunt grupate în patru categorii:

- ✓ **organisme xerofile** – sunt întâlnite în zone aride, cu un deficit permanent sau temporar de umiditate, atât în sol cât și în aer;
- ✓ **organisme mezofile** – ocupă biotopuri cu umiditate moderată suportând variații mari ale umidității;
- ✓ **organisme higrofile** – sunt prezente în locuri cu umiditate excesivă și suportă variații mici de umiditate;
- ✓ **organisme hidrofile** – trăiesc numai în apă.

Umiditatea aerului reprezintă cantitatea de apă existentă la un moment dat în atmosferă sub formă de vapori și poate fi exprimată ca umiditate absolută, care reprezintă cantitatea în grame de vapori de pe unitatea de volum de aer (g/m^3).

Umiditatea relativă reprezintă cantitatea de vapori existentă în aer față de cantitatea de vapori de saturație, în condiții date de temperatură și presiune maximă a vaporilor de apă existenți în atmosferă la o temperatură dată.

3. Lumina influențează organismele prin trei aspecte: durată, intensitate și lungime de undă. În funcție de cantitatea de lumină tolerată, organismele sunt grupate în trei categorii: organisme fotofile, mezofotofile, fotofobe.

4. Focul ca factor ecologic influențează structura, dinamica și succesiunea biocenozelor afectate.

2.1.1.4. Factorii chimici

1. Azotul reprezintă 78,44% din gazele prezente în atmosferă. Pătrunderea sa în componentele biocenozei se realizează numai după ce a fost fixat de anumite microorganisme fixatoare de azot din genul *Rhizobium*, precum și prin metabolizarea unor compuși organici și anorganici de către plante și animale.

2. Oxigenul reprezintă 21% din gazele prezente în atmosferă. În funcție de capacitatea organismelor de a folosi în respirație oxigen molecular liber sau inclus în substanțe organice acestea sunt grupate în aerobe (majoritatea plantelor și animalelor pluricelulare și unele monocelulare) și anaerobe (unele microorganisme).

3. Dioxidul de carbon reprezintă 0,03% din volumul aerului atmosferic. Acest gaz este de 35 de ori mai solubil în apă decât oxigenul, atingând cele mai ridicate concentrații în apele sărate.

4. pH-ul sau concentrația ionilor de hidrogen influențează dezvoltarea organismelor, care de-a lungul evoluției s-au adaptat la diversele valori de pH. Cu toate că pH-ul reprezintă un factor chimic important al mediilor de viață acvatică și terestre, fluctuațiile sale nu sunt considerate direct implicate în delimitarea arealului speciilor și deci în determinarea structurii biocenozelor naturale (Mohan și colab., 1993).

5. Salinitatea (S‰) reprezintă gradul de concentrare în săruri a bazinelor acvatice. În funcție de gradul de toleranță al organismelor la diferite concentrații ale salinității acestea au fost grupate în două categorii:

- ✓ **stenohaline** – suportă variații mici ale salinității;
- ✓ **eurihaline** – suportă variații mari ale salinității.

În funcție de gradul de concentrație în săruri apele sunt clasificate astfel:

- ✓ **ape dulci;**
- ✓ **ape salmastre;**
- ✓ **ape marine.**

6. Substanțele minerale din sol sunt reprezentate de sărurile dizolvate, numite și săruri biogene, care pot fi grupate astfel:

- ✓ **macroelemente** – P, N, K, S, Ca, Mg, Fe;
- ✓ **microelemente** – B, Cl, Co, Zn, Cu, Mn.

2.2. Biocenoza

Legătura cea mai simplă într-o biocenoză este legătura realizată între doi indivizi sau între două populații numită biosistem. Cei doi parteneri din biosistem se condiționează reciproc, fiecare fiind dependent sau influențat de activitățile celuilalt. Din punct de vedere sistemic, biocenoza este un sistem deschis, supraindividual, cu autoreglare proprie. Între biocenoză și biotop au loc permanent schimburi de materie și de energie. Biocenoza prezintă toate caracterele unui sistem biologic ce funcționează pe principii cibernetice, fiind o unitate a cărei integralitate este rezultatul interdependenței (care în principal este de natură trofică) speciilor – populațiilor din care este alcătuită. În orice biocenoză, toate organismele creează un complex de funcții ce converg spre alte niveluri trofice (producători, consumatori primari, descompunători), neputând exista unele fără altele. Biocenoza este o coexistență obligatorie a diversității populațiilor de plante, animale și microorganisme.

În timp ce biologia celulară și cea moleculară se ocupă cu studiul proceselor la nivel microscopic, ecologia studiază interacțiunile la nivelul speciilor, al populațiilor, comunităților sau ecosistemului. Specia reprezintă totalitatea organismelor de același fel care sunt suficient de asemănătoare din punct de vedere genetic pentru a se putea împerechea și produce descendenți fertili.

O populație este constituită din toți membrii unei specii care locuiesc în același timp pe o anumită suprafață de teren. Toți indivizii unei populații care locuiesc și interacționează într-o anumită zonă formează o comunitate biologică.

În funcție de originea lor biocenozele pot fi:

- ✓ **naturale** – cuprind comunități biologice care nu sunt influențate de activitatea oamenilor (de exemplu: biocenoza unui lac);
- ✓ **semiartificiale** – cuprind comunități biologice în care omul a produs foarte multe modificări (de exemplu: culturi agricole);
- ✓ **artificiale** – sunt constituite în întregime de om (de exemplu: un acvariu).

2.2.1. Factorii limitativi

Deși organismele interacționează cu mediul în multe moduri, anumiți factori pot fi critici pentru șansele de supraviețuire ale unei specii. Micșorarea sau lipsa unui factor pot să scadă șansele de succes ale speciilor. Factorii limitativi pot fi fie abiotici, fie biotici și pot diferi de la o specie la alta. Dezvoltarea plantelor este limitată de insuficiența apei, luminii sau a substanțelor nutritive din sol. Dezvoltarea animalelor este limitată de climă sau de disponibilitatea unui anumit tip de hrană. De exemplu, mulți șerpi și șopârle sunt prezente în zonele mai calde ale globului deoarece nu-și pot menține constantă temperatura corpului și în zone cu climat rece nu pot supraviețui dacă stau perioade lungi de timp în frig. Fluturele Monarh este limitat de numărul plantelor din genul *Asclepias* (denumirea populară a plantei este ceara albinei sau laptele cucului) pe care-și depune ouăle, deoarece larvele lui mănâncă doar frunzele acestei plante.

Factori limitativi pentru pești pot fi cantitatea de oxigen dizolvat în apă și temperatura apei. În pâraurile de munte unde apa curge cu viteză mare, nivelul de oxigen dizolvat este mare fiind propice pentru dezvoltarea păstrăvilor. Odată cu scăderea altitudinii panta nu mai este la fel de mare și apa curge cu viteză mai mică, iar copacii încep să se rărească ceea ce face ca apa să primească mai multă lumină solară și astfel să se încălzească. Păstrăvii nu pot suporta aceste condiții și de aceea nu sunt întâlniți în aceste ape. Locul lor este luat de alți pești precum crapii, care s-au adaptat la aceste condiții putând suporta concentrații mai mici de oxigen și temperaturi ridicate ale apei. Fiecare dintre aceste specii au un nivel specific al toleranței la concentrația de oxigen și temperatura apei.

Un alt factor limitativ pentru pești poate fi mâlul, care reduce vizibilitatea făcând dificilă găsirea hranei și a unui loc pentru depunerea icrelor. De asemenea, mâlul reduce intensitatea luminii ceea ce determină scăderea procesului de fotosinteză a plantelor acvatice și a algelor și implicit are efecte negative asupra cantității de oxigen din apă. Particulele de mâl absorb lumina ceea ce duce la încălzirea apei.

2.2.2. Habitatul și nișa ecologică

Așa cum am observat din exemplele anterioare nu putem înțelege comportamentul unui organism fără să-i știm condițiile de mediu. Mediul și organismele se influențează reciproc unul pe celălalt. Pentru a putea înțelege această interacțiune ecologică au dezvoltat două concepte: habitatul (locul interacțiunii) și nișa ecologică (funcția).

Habitatul unui organism este locul, spațiul unde trăiește acel organism (“adresa sa”). Habitatul unui organism este caracterizat de regulă prin unele proprietăți fizice sau biologice precum tipul de sol, disponibilitatea apei, condițiile climatice sau speciile de plante predominante care există în acel spațiu. De exemplu, mușchii sunt plante mici care trebuie să fie acoperite de o peliculă fină de apă pentru a se putea reproduce. Habitatul specific pentru mușchi este rece, umed

și umbrit, dacă sunt expuși luminii soarelui, vântului și uscăciunii ei mor. Necesitățile biologice specifice ale unui organism determină tipul de habitat unde poate fi găsit.

În anul 1910 Johanson a introdus noțiunea de nișă ecologică, care semnifică unitatea de distribuție a unei specii determinată de resursele de hrană și de factorii de mediu. În 1922 Elton utiliza acest termen pentru a evidenția relațiile energetice și alimentare ale unei specii, deci caracteristicile trofologice ale speciilor.

Nișa unui organism este considerată de către Enger și Smith (2007) ca fiind rolul funcțional pe care îl îndeplinește în mediul, habitatul său un organism („profesia sa”). O descriere a unui organism include modul în care acesta influențează organismele cu care interacționează și mediul său înconjurător, modul în care el este influențat de alte organisme sau de mediul său. De exemplu, castorii “inundă” zonele unde trăiesc prin construirea barajelor făcute pe râu din crengi și noroi. Inundarea zonei are mai multe efecte: le asigură castorilor o suprafață mare cu apă adâncă de care au nevoie pentru protecție, formează un heleșteu unde pot veni și alte specii de animale (rațe, pești), omoară copacii care nu pot supraviețui în solul umed. După ce toată hrana din acea zonă este consumată (plopul) castorii părăsesc heleșteul și migrează în altă zonă de-a lungul râului și reîncep procesul.

Un alt exemplu de organism familiar este păpădia. Păpădia este o plantă oportunistă care se poate stabili pe pajiști însorite. Ea poate produce sute de semințe care seamănă cu mici parașute ce sunt purtate cu ușurință de vânt pe distanțe lungi. Fiind plantă un aspect major al nișei sale este realizarea procesului de fotosinteză și creșterea (acumularea de biomasă) prin utilizarea apei și a substanțelor nutritive din sol. Multe animale, inclusiv omul mănâncă această plantă, frunzele tinere pot fi mâncate ca salată, iar din muguri poate fi făcut un sortiment de vin. Albinele utilizează polenul și nectarul produs de ea.

Determinarea nișei ecologice a unei specii implică în primul rând cunoașterea modului de hrană, a sursei de energie, a ratei metabolismului, producției, comportamentului și a efectului acestor parametrii asupra altor specii sau a ecosistemului. Dintre parametrii funcționali ai nișei ecologice un rol determinant îl au relațiile trofice. În cazul în care două specii apropiate din punct de vedere sistematic au aceleași necesități nutritive ele pot coexista în același loc fără să intre în competiție dacă nișa ecologică este bine delimitată. Gause (1934) spunea că în cazul în care populațiile a două specii au aceeași nișă poate apare competiția între ele excluzându-se astfel coexistența lor.

Cuisin (1971) spunea că: în cazul unei biocenoză când două specii ocupă aceeași nișă una va dispărea; două specii care au nișe diferite nu se concură direct; biocenoza este un sistem de specii care au nișe diferite ce se intercondiționează tinzând să se completeze reciproc în folosirea spațiului, timpului și resurselor.

2.3. Ecosistemul

Ecosistemul (*gr. oikos = casă; systema = sistem*) este un sistem complex alcătuit din biocenoză (plante și animale) și biotop (un anumit mediu) între care există o permanentă interacțiune. Ecosistemul poate fi definit ca fiind unitatea funcțională de bază a naturii, a biosferei care cuprinde organismele și mediul înconjurător, legate printr-o multitudine de procese fizice, chimice și biologice.

Un sistem biologic sau un ecosistem este constituit dintr-o comunitate biologică și mediul său înconjurător. Mlaștina din studiul de caz este un exemplu de ecosistem constituit din mediul său care include factorii abiotici (componente lipsite de viață) precum clima, apa, substanțele minerale, lumina și factorii biotici – organismele care formează comunitatea biologică. Este important să se gândească despre o anumită comunitate biologică și mediul său ca despre un

întreg deoarece în acest fel poate fi înțeles mai ușor modul în care se realizează fluxul energiei și materiei.

Ecosistemul este deci constituit dintr-o componentă biotică (populația sau comunitățile de organisme) și una abiotică (mediul fizic, substanțele minerale, organice, gaze atmosferice, etc.) legate prin relații trofice, flux de substanțe nutritive și energie. Exemple: **ecosistemul acvatic** cuprinde biocenozele din lacuri, apele curgătoare, apele freatice, apele marine și oceanice; **ecosistemul terestru** cuprinde comunități de organisme care ocupă biotopuri terestre.

2.3.1 Clasificare

În funcție de origine există:

1. Ecosisteme naturale;
2. Ecosisteme antropizate.

1. Ecosistemele naturale – existența și echilibrul lor nu este influențat decisiv de intervenția omului. În funcție de natura biotopului ecosistemele naturale pot fi clasificate în:

- 1.1 marine;
- 1.2 de ape interioare;
- 1.3 terestre

1.1 Ecosistemele marine în funcție de poziția pe verticală sau orizontală pot fi:

- a) bentale – se află la fundul apelor;
- b) pelagice – se află la suprafața apei.

1.2 Ecosistemele din apele interioare sunt reprezentate de: lacuri, mlaștini și ape curgătoare.

1.3 Ecosistemele terestre sunt reprezentate de: păduri, pășuni.

2. Ecosistemele antropizate – s-au format ca urmare a acțiunii omului asupra mediului, de exemplu: agroecosisteme, lacuri de baraj, iazuri, heleștee, așezări umane.

Agroecosistemele – structura și dinamica lor este dirijată de acțiunile omului în scopul obținerii de produse agroalimentare.

2.3.2. Funcțiile ecosistemului

Funcționalitatea ecosistemului rezultă din relațiile existente între speciile care îl compun și interacțiunile acestora cu factorii abiotici. Esența funcționării unui ecosistem constă în antrenarea energiei solare și a substanțelor nutritive în circuitul biologic unde sunt transformate în substanțe organice ce intră în alcătuirea populațiilor din biocenoză. Astfel, ecosistemul apare ca o unitate productivă de substanță organică, materializată în organismele ce populează biotopul dat. Principalele funcții ale unui ecosistem sunt: funcția energetică, funcția de circulație a materiei și funcția de autoreglare.

2.3.2.1. Funcția energetică

Ecosistemele nu pot produce energie, ci doar o pot acumula și transforma. Energia unui ecosistem poate să crească numai pe baza importului de energie (conform principiului I al termodinamicii) din radiațiile solare. Energia emisă de radiațiile solare poate fi grupată în două categorii: radiații solare (energie cu lungime de undă scurtă: UV, VIS) și termice (energie cu lungime de undă lungă: IR).

Fluxul energetic în cadrul ecosistemului constă în trecerea energiei inclusă în hrană, pe traseele lanțurilor trofice. Fluxul energetic unidirecțional este un fenomen universal în natură și rezultă din funcționarea celor două legi ale termodinamicii. Conform primei legi, energia se

transformă continuu în ecosistem (lumină – energie chimică și potențială – energie mecanică) fără a fi creată sau distrusă. Conform celei de a doua legi a termodinamicii, fiecare transformare a energiei este însoțită de o degradare a energiei, de la forma concentrată la forma dispersată, nedisponibilă (căldură), deci o transformare spontană de energie nu poate fi eficientă sută la sută. Cele două principii fundamentale ale ecologiei generale, fluxul de energie unidirecțional și circuitul elementelor se aplică oricărui ecosistem și oricărui organism (inclusiv omului).

2.3.2.2. Funcția de autoreglare

Funcția de autoreglare este ca și celelalte funcții ale ecosistemului o expresie a conexiunilor reciproce dintre speciile componente și dintre ele și factorii biotopului. Mecanismele de control care acționează la nivelul ecosistemului pentru a realiza homeostazia sunt de două tipuri:

- ✓ **Biodemografice** – reglarea biodemografică se realizează prin mecanisme de feed-back ce apar în rețeaua trofică a unei biocenoză;
- ✓ **Biogeochimice** – reglarea biogeochimică este controlată de creșterea sau diminuarea fondului nutritiv total al substanțelor care circulă în ecosistem.

2.3.2.3. Funcția de circulație a materiei

Elementele și compușii care întrețin viața sunt recirculate continuu prin organisme și mediu. La scală globală această mișcare a primit denumirea de cicluri geobiochimice în care substanțele se pot deplasa cu diferite viteze, fie repede fie încet. Astfel, carbonul poate fi stocat câteva ore sau zile de om sau câteva milioane de ani în pământ. Dacă activitățile oamenilor influențează negativ rata fluxului sau timpul de stocare în aceste cicluri naturale, atunci capacitatea mediului de a procesa aceste elemente este învinsă ele devenind astfel poluanți.

Elementele chimice care participă la construcția lumii vii, numite bioelemente, parcurg deci un circuit în natură numit circuitul bioelementelor, ciclul biotic sau circuitele geobiochimice. Astfel, există mai multe circuite: circuitul carbonului, circuitul azotului, circuitul fosforului, circuitul apei și circuitul substanțelor organice.

2.3.2.3.1. Ciclul apei

Circuitul apei prin mediu este probabil cel mai familiar ciclu al materiei. Cea mai mare parte a apei prezente pe Pământ este stocată în oceane, dar energia solară în mod continuu evaporă apa, iar vântul distribuie vaporii în jurul globului. Apa care se condensează deasupra suprafeței solului sub formă de ploaie, zăpadă sau ceață susține toate ecosistemele terestre.

Apa prin trecerea ei prin organisme și mediu este responsabilă de realizarea proceselor metabolice din celule, de menținerea fluxului substanțelor nutritive cheie prin ecosisteme, iar la scală globală are rol în distribuția căldurii și a energiei.

2.3.2.3.2. Ciclul carbonului

Carbonul se găsește în natură sub formă oxidată (monoxid de carbon sau dioxid de carbon) sau formă redusă (metan și materie organică). Cianobacteriile, algele verzi, bacteriile fotosintetizante și bacteriile chemolitotrofe aerobe participă la fixarea carbonului. Bacteriile metanogene din grupul arhebacteriilor produc metan în condiții anoxice pornind de la H_2 și CO_2 rezultate din procesele fermentative (pornind de la poliglucide, proteine sau grăsimi) realizate de

diferite grupe de bacterii. Metanul de origine bacteriană reprezintă 81-86% din totalul de metan eliberat în atmosferă.

Carbonul prezintă două roluri majore pentru organisme: este o componentă structurală a moleculelor organice și legăturile chimice din compuși ce conțin carbon asigură energia metabolică. Ciclul carbonului începe cu organismele fotosintetizatoare care captează CO₂. Acest proces se numește fixarea carbonului pentru că este transformat din forma gazoasă la o formă mai puțin mobilă în molecule organice. Odată încorporați în compușii organici atomii de carbon pot trece în circuitul carbonului spre reciclare foarte rapid sau foarte lent. De exemplu, o moleculă de glucoză (care conține atomi de carbon) dintr-un pahar ce conține suc de fructe este absorbită de sistemul sangvin și trimisă spre celulele organismului unde este utilizată în respirația celulară sau pentru producerea altor biomolecule mult mai complexe. Dacă molecula de glucoză este utilizată în respirație organismul poate expira același atom de carbon sub formă de dioxid de carbon într-o oră sau mai puțin, iar o plantă poate capta CO₂ în aceeași zi. Dacă molecula de glucoză este utilizată pentru producerea unor molecule organice mai mari va deveni parte din structura celulelor organismului. Atomii de carbon din molecula de glucoză pot rămâne ca parte în organism până ce acesta este descompus după moarte. În mod similar carbonul depozitat în copacii unei păduri vechi de o sută de ani va fi eliberat doar atunci când bacteriile și fungii vor descompune lemnul și vor elibera CO₂ ca subprodus al procesului de respirație.

Uneori reciclarea sau recircularea poate să se realizeze într-un timp îndelungat. Cărbunii și petrolul s-au format prin comprimarea substanțelor chimice alterate rămase de la plante sau microorganisme care au trăit cu milioane de ani în urmă. Atomii de carbon (hidrogen, oxigen, azot, sulf, etc.) nu vor fi eliberați până ce cărbunii și petrolul nu vor fi arse. Cantități mari de carbon sunt stocate și în carbonatul de calciu CaCO₃ care a fost utilizat la formarea scoicilor și scheletului organismelor marine începând cu cele mai mici protozoare și până la corali. Depozitele calcareose de pe întreg pământul s-au format din CaCO₃ provenit de la oceanele care au existat în trecut și au fost expuse datorită diferitelor evenimente geologice. Carbonul din calcare este stocat de milenii, ceea ce poate este soarta carbonului care este în mod frecvent depozitat în sedimentele oceanelor. Dar și aceste sedimente sunt reciclate atunci când ajung în straturile cu lavă topită și eliberate printr-o erupție vulcanică. Geologii estimează că fiecare atom de carbon de pe pământ a realizat aproximativ 30 astfel de cicluri de-a lungul celor 4 miliarde de ani de când se consideră că există viață pe Pământ.

Materia care stochează carbon, precum formațiunile geologice și pădurile sunt numite rezervoare de carbon. Atunci când carbonul este eliberat din aceste rezervoare prin arderea combustibililor fosili și eliberarea CO₂ în atmosferă sau prin despădurirea extensivă sistemul natural de reciclare este dezechilibrat și nu mai poate funcționa. Acesta este punctul de start al problemei încălzirii globale care va fi discutată într-un alt curs.

2.3.2.3.3. Ciclul azotului

Organismele nu pot exista fără aminoacizi, peptide și proteine – toate fiind molecule organice care conțin azot. Deci azotul este un element extrem de important pentru organisme. De asemenea, azotul este un component de bază a multor produse casnice sau a fertilizatorilor utilizați în agricultură. Deși azotul reprezintă 78% din gazele prezente în aerul atmosferic, plantele nu pot utiliza azotul molecular.

Plantele obțin azotul printr-un ciclu foarte complex. Cheia acestui ciclu o reprezintă bacteriile fixatoare de azot (inclusiv unele alge albastre verzi sau cianobacterii). Aceste organisme au o capacitate înalt specializată de a fixa azotul, adică de a combina azotul gazos cu hidrogenul și de a forma amoniac (NH₃).

Alte bacterii apoi combină amoniacul cu oxigen și formează nitrit (NO_2^-) sau azotit. Un alt grup de bacterii convertește nitritul la nitrat (NO_3^-), pe care plantele îl pot absorbi și utiliza. După ce celulele plantelor absorb nitratul acesta este redus la amoniu (NH_4^+) pe care celulele îl utilizează pentru a forma aminoacizii care sunt elemente componente ale peptidelor și proteinelor.

Membrii familiei leguminoaselor (fasole, mazăre, bob, mazărice) sunt foarte importante deoarece bacteriile fixatoare de azot trăiesc în simbioză cu rădăcinile lor. Leguminoasele și bacteriile simbiotice aduc azot în sol astfel că aceste plante pot fi plantate intercalat (într-o cultură de porumb de exemplu) sau pot fi folosite în rotația culturilor pe un teren.

Azotul reintră în mediu prin diferite căi. Cea mai evidentă este aceea prin care azotul este eliminat după moartea unui organism. Fungii și bacteriile descompun organismul mort, eliberează amoniacul și ionii de amoniu, care apoi sunt disponibili pentru formarea nitratului. Totuși organismele nu trebuie să moară pentru a dona proteinele mediului. Plantelor le cad frunzele, florile, fructele, animalelor le cade blana, pielea, de la insecte provin exoscheletul, pupele și mătasea, de asemenea, animalele produc excremente solide și lichide care conțin compuși azotați. În special urina este bogată în azot deoarece conține reziduuri ale metabolismului proteic. Toate aceste subproduse ale organismelor reîmbogățesc fertilitatea solului.

Cum reintră azotul în atmosferă pentru ca circuitul să fie complet? Bacteriile denitrificatoare descompun nitrații în N_2 și oxid de azot (N_2O), gaz care se întoarce în atmosferă. Bacteriile denitrificatoare competiționează cu rădăcinile plantelor pentru nitrați. Denitrificarea are loc în special în solurile umede care au un conținut scăzut de oxigen și o cantitate mare de materie organică ușor de descompus.

În ultimii ani oamenii au alterat profund ciclul azotului prin utilizarea fertilizatorilor obținuți prin sinteză chimică, cultivarea plantelor fixatoare de azot și arderea combustibililor fosili, oamenii au convertit mai mult azot la amoniac și nitrați decât toate procesele naturale la un loc. Acest aport în exces de azot produce înflorirea algală și creșterea mare a plantelor din corpurile de apă, fenomen numit eutrofizare. De asemenea, excesul de azot poate cauza: pierderea semnificativă a altor substanțe nutritive din sol precum Ca și K; acidifierea apei râurilor și a lacurilor sau creșterea concentrației de oxid de azot N_2O în atmosferă care este un gaz cu efect de seră.

În cele trei procese majore prin care este transformat azotul în circuitul său prin natură participă diferite microorganisme care vor fi descrise în continuare.

1. Nitrificarea reprezintă procesul aerob prin care ionul amoniu NH_4^+ este oxidat la nitrit NO_2^- , proces la care participă bacteriile din genul *Nitrosomonas* și *Nitrosococcus*, apoi la nitrat NO_3^- proces la care participă bacteriile din genul *Nitrobacter*.

2. Denitrificarea se realizează prin procese de dezasinilație în care nitratul este oxidat în condiții anaerobe de bacterii heterotrofe (ex. *Pseudomonas denitrificans*). Producții principale ai procesului de denitrificare sunt: azotul gazos, oxidul de azot și nitriții (foarte periculoși din cauza formării unor compuși cancerigeni – nitrozamiele). Nitriții pot fi transformați în amoniac prin reducerea realizată de diferite bacterii (*Geobacter metallireducens*, *Desulfovibrio sp.*, *Clostridium*).

3. Fixarea azotului poate fi realizată aerob de bacterii din genurile *Azotobacter* și *Azotospirillum* sau anaerob de bacterii din genul *Clostridium*. De asemenea azotul poate fi fixat de cianobacteriile din genurile *Anabaena* și *Oscillatoria*. Fixarea azotului poate fi realizată de bacterii care stabilesc asociații de tip simbiotic cu diferite plante: bacterii din genul *Rhizobium* realizează simbioze cu plante leguminoase; actinomicete din genul *Frankia* realizează simbioze cu specii de arbuști; cianobacterii din genul *Anabaena* și *Azolla* realizează simbioze cu plante de orez.

2.3.2.3.4. Ciclul fosforului

Mineralele devin disponibile organismelor după ce ele sunt eliberate din roci. Ciclul fosforului și al sulfului prezintă o importanță deosebită pentru organisme. La nivel celular compușii ce conțin fosfor bogat în energie sunt participanți primari în reacțiile de transfer de energie.

Cantitatea de fosfor disponibil din mediu poate afecta dramatic productivitatea. Astfel, dacă fosforul este în exces stimulează creșterea plantelor și algelor foarte mult ceea ce face ca fosforul să fie un poluant major al apelor.

Ciclul fosforului începe atunci când compușii cu fosfor sunt percolați de la roci și minereuri în perioade mari de timp. Deoarece fosforul nu are o formă atmosferică (gazoasă) este în mod normal transportat prin apă. Organismele producătoare preiau fosforul anorganic, îl încorporează în moleculele organice și apoi îl transferă consumatorilor. Fosforul se reîntoarce în mediu prin descompunere. Un aspect important al ciclului fosforului este timpul foarte îndelungat necesar pentru ca atomii de fosfor să fie recirculați. Sedimentele din abisurile oceanelor sunt un rezervor important de fosfor cu o longevitate foarte mare. Minereul fosforic care acum este extras pentru a obține detergenți și fertilizatori anorganici reprezintă sedimente oceanice expuse care sunt vechi de milenii. Se poate spune că reziduurile ce conțin fosfor care ajung în râuri și eventual în ocean reprezintă o modalitate rapidă de mobilizare a fosforului de la sursă la rezervoare, dar așa cum s-a menționat deja excesul de fosfor duce la creșterea exagerată, explozivă a algelor și bacteriilor fotosintetizatoare (cianobacterii) ducând la producerea dezechilibrelor în ecosistem.

2.3.2.3.5. Ciclul sulfului

Sulful joacă un rol vital pentru organisme fiind un component esențial al proteinelor (ce conțin aminoacizi cu sulf – cistină și cisteină). Compușii cu sulf sunt implicați în formarea ploilor acide, în acidifierea apelor de suprafață și a solului. De asemenea, sulful din particulele și picăturile mici din aer poate acționa ca un reglator important al climei globale. Cea mai mare parte a sulfului din pământ este fixat în roci și minereuri în subsol sub formă de sulfură de fier (pirită) și sulfat de calciu (gips). Emisiile provenite de la venturile marine și erupțiile vulcanice eliberează sulf anorganic în aer și apă.

Ciclul sulfului este complicat de numeroasele stări de oxidare ale acestui element, producerea de hidrogen sulfurat (H_2S), dioxidul de sulf (SO_2), ionul sulfat (SO_4^{2-}) și altele. Procesele anorganice sunt responsabile pentru multe dintre aceste transformări, dar organismele, în special bacteriile depozitează sulful în depozite biogene sau le eliberează în mediu. Unele dintre aceste câteva tipuri de bacterii sulfuroase care predomină în anumite lacuri depind de concentrația de oxigen, nivelul pH-ului și al luminii.

Activitățile umane de asemenea eliberează cantități mari de sulf, în principal în urma arderii combustibililor fosili. Emisiile de sulf antropogenic produc ploaia acidă (cauzată de acidul sulfuric produs ca rezultat al utilizării combustibililor fosili), care este o problemă serioasă în multe zone. Dioxidul de sulf și aerosolii cu sulfat cauzează probleme de sănătate oamenilor, degradează clădirile și vegetația și reduc vizibilitatea. De asemenea, aceștia absorb radiațiile ultraviolete și crează nori care acoperă cerul răcind orașele și contribuind la creșterea concentrației de CO_2 care amplifică efectul de seră.

Emisiile de sulf biogen produs de fitoplancton pot juca un rol în reglarea climei globale. Când apa oceanelor se încălzește organismele unicelulare mici eliberează sulfură de dimetil (DMS), care este oxidată la dioxid de sulf (SO_2) și apoi la sulfat (SO_4^{2-}) în atmosferă. Aerosolii de sulfat acționează ca nuclei de condensare a picăturilor de apă din nori măbind albedo-ul

pământului (proprietatea solului de a reflecta radiațiile) și răcind astfel pământul. Odată cu scăderea temperaturii oceanelor din cauza recepției unei cantități mai mici de radiație solară activitatea fitoplanctonului va scădea și dacă nu se mai formează DMS norii vor dispărea. Astfel, DMS poate fi implicat în mecanismul de feedback ce menține temperatura în limite acceptabile desfășurării vieții.

Sulfurile pot fi utilizate ca sursă de sulf de numeroase specii de microorganisme care realizează reducerea asimilatorie a sulfului cu formarea de sulf organic. În mediile marine bacteriile sulfreducătoare obligat anaerobe realizează reducerea dezasimilatorie a sulfurilor, care reprezintă acceptorul de electroni. În condiții oxidante sulfurile sunt oxidate de bacterii sulfoxidante (din genul *Thiobacillus*).

2.4. Producția și productivitatea ecosistemelor

Fotosinteza (mai rar chemosinteza) stă la baza tuturor ecosistemelor. Organismele care pot realiza procesul de fotosinteză – plantele superioare și algele, sunt numite producători. Una dintre cele mai importante proprietăți ale unui ecosistem este productivitatea sa, ceea ce reprezintă cantitatea de biomasă (material biologic) produsă pe o anumită suprafață de teren într-o anumită perioadă de timp. Biomasă produsă prin fotosinteză este descrisă ca productivitatea primară deoarece stă la baza creșterii organismelor dintr-un ecosistem. Producerea de biomasă de către organismele care consumă plante se numește productivitatea secundară. Un anumit ecosistem poate avea o productivitate totală foarte mare, dar dacă descompunătorii descompun materia organică la fel de repede cum se produc productivitatea primară netă va fi scăzută. Una dintre cele mai noi metode de cuantificare a productivității biologice este cea în care se utilizează senzori satelitari care observă și înregistrează energia reflectată de pe o suprafață specifică de pe pământ.

2.5. Succesiunea ecologică

Ecosistemele parcurg mai multe faze sau stadii; o succesiune completă de stadii constituie o serie. De exemplu dacă stadiul inițial al seriei este dominat de climat arid, iar ecosistemul evoluează spre un climat umed, seria se numește *xeroserie*. Dacă stadiul inițial al ecosistemului este dominat de un climat umed, iar ecosistemul evoluează spre un climat arid, seria se numește hidroserie. Succesiunile ecologice pot fi:

- ✓ primare – apar după catastrofe produse de vulcani;
- ✓ secundare – apar după inundații sau incendii, care distrug parțial viețuitoarele de pe un anumit spațiu;

O succesiune completă cuprinde următoarele stadii:

1. Distrugerea totală sau parțială a organismelor prezente într-un biotop;
2. Migrația – venirea întâmplătoare a unor organisme din biotopurile vecine;
3. Colonizarea biotopului, acceptarea sau respingerea speciilor imigrate prin selecție naturală;
4. Competiția, constituirea biosistemelor, geneza unui tip propriu de interacțiune în cadrul biocenozei;
5. Reacția – constituirea unității ecologice a speciilor, apariția reacției față de factorii abiotici;
6. Stabilizarea sau climaxul (faza de dezvoltare).