

Stoica Preda GODEANU
Laura Mariana POPA

CELE OPT ÎNVELIȘURI ALE PLANETEI NOASTRE

Publicat de Editura C.I.T.D.D. TULCEA
2024

Echipa Editorială:

Editor Principal I-M Tudor *Ecolog, Cercetător Principal*, Institutul National de Cercetare Dezvoltare Delta Dunării,

Editori:

I Suliman *Biolog, Cercetător*, Departamentul Laboratoare și Baze de Cercetare, Laboratorul de Hidrobiologie, Institutul National de Cercetare Dezvoltare Delta Dunării,

M Tudor *Biolog, Cercetător Principal*, Institutul National de Cercetare Dezvoltare Delta Dunării,

Editor asistent: V. Moș-Man

Traducere: V. Moș-Man, D. Balaican, E Bratfanof, B Gheorghe, N. Cioceanu, L. Ene.

Suport tehnic: C.I.T.D.D. - Centrul de Informare Tehnologică Delta Dunării

www: <http://www.ddni.ro>

E-mail: office@ddni.ro

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

GODEANU, STOICA PREDA

Cele opt învelișuri ale planetei noastre / Stoica Preda Godeanu, Laura Mariana Popa. - Tulcea : Editura Centrul de Informare Tehnologică "Delta Dunării", 2024

Conține bibliografie

Index

ISBN 978-606-8896-08-3

I. Popa, Laura Mariana

55

CUVÂNT ÎNAINTE

Mă gândeam de multă vreme la abordarea unei tematici care stă la baza acestei cărți, dar invitația de publicare a unei edituri de a scrie ceva despre Ecosferă, m-a determinat să nu o mai întârzii, deoarece ca ecolog, am observat că oamenii din branșa mea se cam codesc atunci când este vorba să abordeze subiecte care depășesc cunoașterea ecologică a ecosistemelor, adică abordarea nivelelor superioare de organizare a materiei vii, care sunt, preluate și aplicate acum și în alte domenii (iar în cazul nostru în ecologie), adică în studiul *landșaftului*, *ecobiomului*, *ecozonei* și *ecosferei*. Cel mai mult despre ele au scris geografii și doar tangențial biologii. Ori, ecologii se ocupă de funcționalitatea interrelațiilor și caută să evidențieze activitatea complexă a diferitelor sisteme ecologice. De aceea cred că este imperios necesar ca și aceste nivele să facă obiectul de cercetare și al ecologilor, nivele care până acum nu au fost analizate serios din punct de vedere sistemic.

Căutând în literatura de specialitate am observat, cu surprindere, că la nivelul domeniului "științele naturii" există o multitudine de clasificări, în care conceptele de bază sunt cel mai adesea confundate: spre exemplu geosfera cu toposfera, toposfera cu troposfera, biosfera intră în geosferă, hidrosfera este divizată în hidrosferă și criosfera ș. a. m. d. Înainte de a porni la drum, vom preciza cu ce denumiri lucrăm, apoi le vom trata mai pe larg, dar în funcție de contextul acestei lucrări și la momentul potrivit.

La baza gândirii noastre actuale stau două premize "neortodoxe":

Omul este o ființă care a apărut și a evoluat permanent pe planeta noastră, DAR care a fost "ajutat" de la un anumit moment de către ființe extraterestre venite să exploateze resursele terestre în interesul lor. Ei au "creat" oamenii, deoarece au avut nevoie de sclavi (pe care i-au realizat pe material biologic pe care l-au găsit pe planeta noastră, folosind o serie de manipulări genetice). Asta suntem noi acum. Ființe terestre manipulate genetic. Nu sună prea bine!

Informația diriguitoare pentru desfășurarea tuturor proceselor vii și nevii la nivel planetar este cea produsă de lumea vie. Deci este vorba de informația biologică, care a apărut de la apariția vieții pe Terra, care s-a perfecționat permanent, ajungând ca de la un anumit moment dat, să influențeze toate celelalte tipuri de informație pe care le au mediile nevii de pe planetă. Ca urmare, în prezent acestea sunt acum sub controlul informației biologice existente la nivel planetar.

Lucrarea pe care o aveți în față abordează mai multe aspecte:

Prezentarea celor patru învelișuri/sfere nevii de pe planetă (a toposferei) – atmosfera, hidrosfera, litosfera și magnetosfera,

Prezentarea biosferei – învelișul viu al planetei cu evidențierea complexității la care aceasta a ajuns,

Prezentarea ecosferei – învelișul apărut prin conectarea activităților ce au loc între lumea vie și mediul neviu de pe Terra. Tot aici, ca un precursor al ecosferei, este descrisă pedosfera, înveliș existent numai în mediul terestru, care s-a format din îmbinarea funcțională a unor componente vii și nevii de pe planetă, înainte de formarea adevăratei ecosfere.

Prezentarea antroposferei – un înveliș creat de omeni, în scopul subordonării componentelor și funcționării ecosferei unei game largi de interese umane, mai mult sau mai puțin materiale și mai mult sau mai puțin spirituale, toate egocentrice, folosind în acest scop realizările acelor părți a conștiinței umane care se ocupă de știință și tehnică. Aceasta caută acum să subordoneze planeta informației umane.

Mult mai puțin ne vom referi, la începutul și la sfârșitul cărții la relațiile planetei noastre cu sistemul solar din care face parte și vom trata foarte succint, cum vedem noi viitorul omeniției și pe cel al antroposferei.

În cursul anilor am purtat discuții cu numeroși colegi. Grație lor mi-am structurat ideile pe care le prezentăm în această lucrare. Primul, cel care mi-a format modul de gândire actual și care mi-a inoculat corectitudinea și probitatea în cercetare este profesorul Nicolae Botnariuc de la Universitatea din București. Al doilea este profesorul Radu Codreanu, de la aceeași universitate, care mi-a dat un dicton: "*orice ai publica, să scrii în așa fel, încât să nu îți fie rușine de ea nici după 10 ani!*"

Alții au fost colegii de la cele două institute de cercetare în care am lucrat: Institutul de Biologie și Institutul de Ecologie Aplicată, ambele din București și numeroși colegi de la cele două universități la care am predat după anul 1990: Universitatea "Ovidius" din Constanța și Universitatea "Lucian Blaga" din Sibiu, precum și colegii de la Societatea de Ecologie din București și de la cea de Hidrobiologie din Bacău.

În ultima vreme am colaborat mai mult cu un reputat ecolog care a lucrat toată viața în domeniul silvic, Dl. Ing. Nicolae Doniță, deoarece avem un mod asemănător de gândire când este vorba de interacțiile viu-neviu la nivelele de organizare a materiei vii de pe planeta noastră.

Pentru publicare mulțumirile mele merg către fostul meu student și doctorand, Dr. Biolog Marian Tudor, directorul Institutului Național de Cercetare – Dezvoltare "Delta Dunării" din Tulcea, care m-a sprijinit și s-a ocupat de publicarea și difuzarea acestei cărți.

Sper că această introducere vă va stimula interesul și suntem deschiși oricăror discuții cu privire la cele prezentate în ea.

Prof. Univ. Emerit Dr. Stoica Preda Godeanu
Membru al Academiei Oamenilor de Știință din România

CUPRINS

1	Caracterizarea sistemului solar	1
1.1	Locul sistemului nostru solar în galaxia Calea Lactee	1
1.2	Scurtă prezentare a sistemului solar	1
1.3	Originea, formarea și evoluția și sistemului solar	2
1.4	Soarele și planetele din sistemul solar	4
1.5	Caracterizarea planetei Terra și a lunii	11
1.6	Prin ce diferă Terra de celelalte planete	17
1.7	Sistemul solar – perspective și pericole viitoare	19
2	Învelișurile nevăzute ale planetei Terra	22
2.1	Geosferă versus Toposferă	22
2.2	Litosfera	22
2.2.1	Litosfera văzută din punct de vedere geologic și geografic	22
2.2.2	Compoziția chimică a litosferei	27
2.2.3	Relieful litosferei	27
2.3	Aprecieri finale asupra litosferei	29
2.4	Hidrosfera	30
2.4.1	Originea apei și formarea hidrosferei	32
2.4.2	Circuitul apei în natură	32
2.4.3	Formele sub care se prezintă hidrosfera pe Terra	33
2.4.4	Concluzii la hidrosferă	43
2.5	Atmosfera	45
2.5.1	Formarea atmosferei terestre	46
2.5.2	Stratificarea atmosferei	47
2.5.3	Alte aspecte privind atmosfera planetei noastre	49
2.6	Magnetosfera	50
2.7	Interacții între componentele toposferei	52
2.7.1	Rolul energiei venite din cosmos asupra toposferei	52
2.7.2	Interacții simple	53
2.7.3	Interacții între mai multe componente ale toposferei	56
3	Biosfera	57
3.1	Apariția și evoluția biosferei	58
3.2	Factorii determinanți ai evoluției și diversității lumii vii	80
3.2.1	Modalitățile de evoluție a lumii vii	80
3.2.2	Marile salturi în evoluția sistemelor vii	84
3.3	Starea actuală a biosferei	87
3.3.1	Diversitatea formelor de viață pe Terra	88
3.3.2	Clasificarea lumii vii)	91
3.3.3	Distribuția biosferei și factorii de care aceasta depinde	106
3.3.4	Omul – ultimul venit în biosferă și ciudățeniile lui	124

3.4	Interacții între componentele biosferei	134
3.5	Aprecieri finale asupra biosferei planetei Terra	142
4	Ecosfera, pedosfera și antroposfera	148
4.1	Factorii determinanți ai apariției și evoluției ecosferei.....	151
4.1.1	Informația	152
4.1.2	Energia	164
4.1.3	Materia	167
4.1.4	Interacții biosferă – toposferă.....	170
4.1.5	Legile ecologice cu impact asupra ecosferei	183
4.2	Apariția și evoluția ecosferei naturale	185
4.2.1	Apariția vieții și a sistemelor ecologice pe pământ	186
4.2.2	Pedosfera	193
4.2.3	Ipoteza Gaia	201
4.3	Omul a creat Antroposfera	203
4.3.1	Istoria omenirii și a antroposferei	204
4.3.2	Suprapopularea planetei	205
4.3.3	Ce aduce antroposfera planetei și omenirii.....	208
4.3.4	Efectele activității umane asupra celorlalte sfere ale planetei	209
4.3.5	Viitorul antroposferei și al omenirii	219
4.4	Concluzii la ecosferă, pedosferă și antroposferă	219
5	Ce se va întâmpla pe planeta noastră în viitor	223
6	Concluzii	226
7	Bibliografie	228

1 CARACTERIZAREA SISTEMULUI SOLAR

1.1 Locul sistemului nostru solar în galaxia Calea Lactee

Galaxia din care face parte Calea Lactee este ca o spirală imensă, compusă din mai multe spirale. Ea are un diametru de peste 100.000 ani lumină și conține între 100 și 400 miliarde de stele (Figura 1).

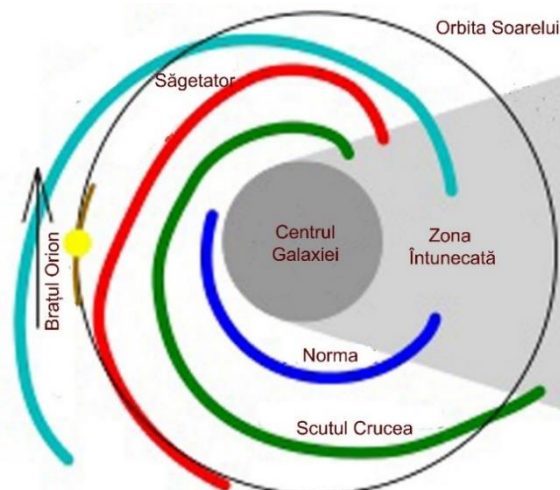


Figura 1. Traseul sistemului nostru solar în galaxia noastră
(https://en.wikipedia.org/wiki/Formation_and_evolution_of_the_Solar_System)

Sistemul nostru solar se află în unul dintre brațele spiralei externe a galaxiei, brațul Orion. Acesta este un braț mic, situat la cca 26.673 ± 8 ani lumină de centrul galaxiei (Figura 1). Viteza sa de rotație este de 250 km/sec, deci anul cosmic (timpul în care sistemul nostru solar face un ocol în jurul centrului galaxiei) este de 220-250 milioane de ani. Orbita sa este aproape circulară. Cel mai apropiat sistem solar de noi este Proxima Centauri, care are o stea pitică roșie, ce se află la o distanță de aproximativ 4,2 ani lumină ($4,0 \times 10^{13}$ km) de Terra, în constelația Centaurului.

1.2 Scurtă prezentare a sistemului solar

Sistemul planetar creat de soare, care este sistemul solar din care face parte și planeta noastră, este compus din o stea – Soarele – și numeroase obiecte cerești mai mari și mai mici dispuse pe un disc care circulă pe o aproximativ aceeași orbită, pe niște traiectorii mai mult sau mai puțin circulare în jurul său (Figura 2). Ele sunt cele 8 planete, în jurul cărora care gravitează 214 sateliți naturali (denumite luni), plus 5 planete mici cu 9 luni în jurul lor, dar și miliarde de corpuri solide mai mici, denumite asteroizi, praf cosmic etc. Alături de acestea din afara sistemului nostru solar, vin din cosmos, pe orbite foarte lungi care intersectează traiectoriile corpurilor solide care orbitează în jurul soarelui în sensuri diferite, o serie de comete (Zeilik *et al.*, 1998; Sagan, 2013; Pater *et al.*, 2015).

Sistemul nostru solar face parte din galaxia denumită Calea Lactee și este de formă discoidală. El are în centrul său Soarele, care reprezintă 99,85% din masa sa solidă și produce, prin fuziune nucleară, hidrogen și heliu. De la acest soare, mergând spre periferia sistemului planetar, se află două zone distincte de planete. Cele mai apropiate alcătuiesc sistemul solar intern și se compun din 4 planete telurice, compuse în special din roci și diferite metale. Acestea sunt Mercur, Venus, Terra și Marte. Urmăază o centură de asteroizi. Dincolo de ea este sistemul solar extern, alcătuit din alte 4 planete, care sunt foarte mari (gigante): primele două sunt constituite în principal de hidrogen și heliu: ele sunt Jupiter și Saturn. Următoarele două, Uranus și Neptun, planete de gheață, care sunt constituite majoritar din apă, amoniac și metan. Toate cele 8 planete se rotesc în jurul soarelui pe orbite aproape circulare și sunt într-un plan ecliptic față de soare (Brandner, 2011; Zeilik *et al.*, 1998; Sagan, 2013; <https://www.britannica.com/science/solar-system>).

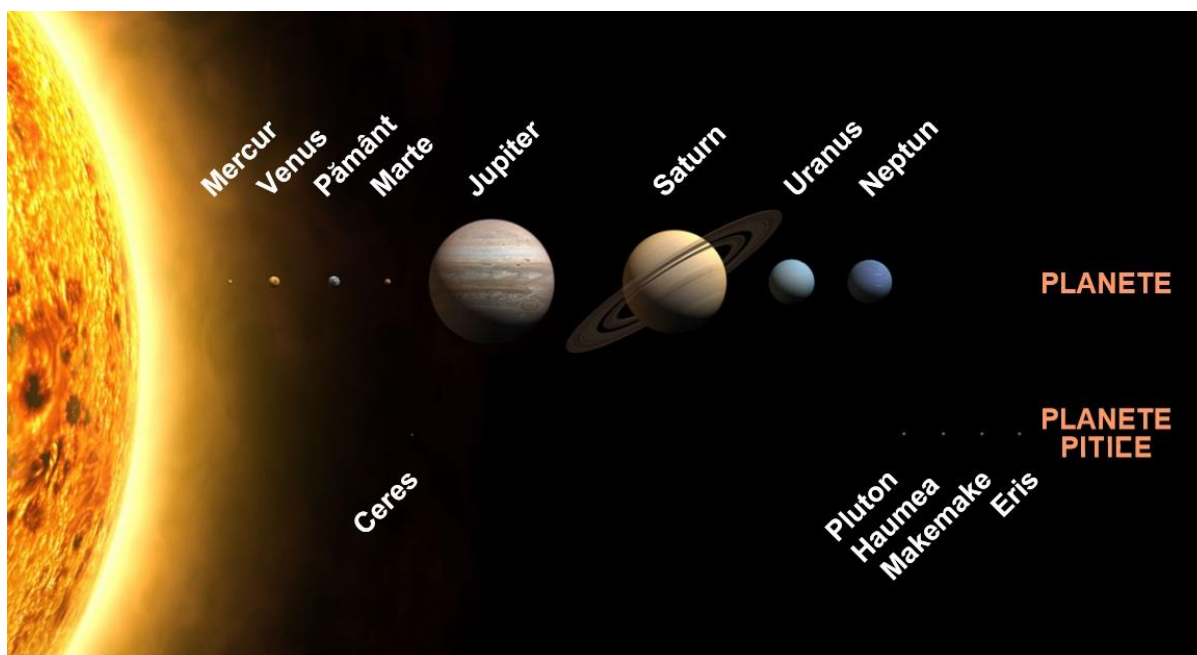


Figura 2. Schema sistemului nostru solar

(https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&sca_esv=583328628&q=sistemul+solar&tbm)

Dincolo de orbita planetei Neptun sunt alte obiecte cosmice înghețate, denumite transneptuniene, care alcătuiesc centura lui Kuiper și 4 planete plutoide: Pluton, Haumea, Makemake și Eris. Până la limita de atracție magnetică a soarelui se manifestă vântul solar. Limita gravitațională a soarelui se întinde până la 1-2 ani lumină și este totodată zona în care se deplasează cometele care efectuează trasee oval-alungite în perioade de timp foarte îndelungate. În jurul tuturor planetelor orbitează niște sateliți denumiți luni, sau există particule de praf ori de alte particule solide mai mari. Singura planetă care are o atmosferă gazoasă groasă și pe care apa se află în stare lichidă, este planeta Terra, singura pe care există și viață. Până acum nici în sistemul nostru solar, nici în alte sisteme planetare nu au fost decelate cu certitudine forme de viață. Ca urmare planeta noastră pare a fi unică în universul cunoscut până acum de oameni.

1.3 Originea, formarea și evoluția și sistemului solar

Din ce se cunoaște până acum, sistemul nostru solar a apărut acum 4,55-4,56 miliarde de ani, prin condensarea gravitațională a unui fragment de nor solid molecular care avea un diametru de mărimea câtorva ani lumină și care a început să se condenseze sub acțiunea unei unde de șoc provocate de mai multe supernove ce erau în vecinătate. Acestea au determinat apariția unor zone mai dense, cu un diametru de 7.000 – 20.000 unități astronomice și care avea o masă ceva mai mare ca cea a soarelui actual, dar a cărei compoziție era asemănătoare cu cea acestuia, adică masa sa conținea în proporție de 98% hidrogen, heliu și urme de litiu. Restul conținutului său, de 2%, era reprezentat de elemente mai grele rezultate din masa altor stele din vecinătate care explodaseră când au devenit supernove.

Ca urmare a rotirii nebuloasei și a frecvenței coliziunilor dintre atomi, s-a produs o energie cinetică foarte mare, care la rândul ei a provocat căldură. Într-o perioadă de cca 100.000 ani forțele gravitaționale, presiunea gazelor, câmpurile magnetice și rotația acestui nor de microparticule au dus la contracția și turtirea nebuloasei, care a format un disc protoplanetar în centrul căruia s-a format o protostea caldă și densă, în care a debutat fuziunea hidrogenului.

Cea mai mare parte a norului inițial s-a aglomerat în centrul acestei zone, formând Soarele actual. După circa 50 milioane de ani temperatura și presiunea au crescut atât de mult, încât a demarat fuziunea hidrogenului, s-a creat o sursă nouă de energie care se opunea contracției gravitaționale până ce s-a realizat un echilibru hidrostatic; acesta a marcat începutul trecerii fuziunii nucleare de la hidrogen la heliu (este și acum în acest stadiu de evoluție).

Se pare că nebuloasa inițială fiind discoidă și alcătuită din gaze și praf, acestea au dus la apariția unor discuri protoplanetare dispuse în jurul protostelei centrale, care au dus la apariția planetelor, a lunilor lor, a asteroizilor și a altor corpuri mici din actualul sistem solar. A existat o permanentă succesiune de coliziuni între diferitele aglomerări de materie cocentrată, urmată de coliziuni cataclismice, care nu au încetat nici în prezent, ele jucând rolul principal în evoluția sistemului nostru solar. Mai mult, poziția diferitelor planete s-a schimbat; acest fenomen este și acum principalul motor al evoluției sistemului nostru solar.

Analizele astronomice moderne au stabilit că sistemul nostru solar are două subsisteme: un sistem solar intern, denumit sistem dur, și un sistem solar extern, denumit sistem gazos.

Sistemul solar intern este alcătuit din materiale care au temperatura de condensare superioară transformării în lichide a metanului și apei și sunt alcătuite din compuși chimici caracterizați printr-un nivel ridicat de dizolvare: fier, nichel, aluminiu și diverși silicați, elemente care intră în alcătuirea actualelor planete Mercur, Venus, Terra și Marte. Ele sunt mici și cresc foarte lent, prin atragerea unor corpuri solide mai mici care circulă în cosmos și ajung pe aceste planete prin atracție gravitațională. Crescând, mărimea acestor planete crește și ea și planetele acestea sunt în situația de a se apropia foarte lent, tot gravitațional, de soare.

Sistemul solar gazos este dincolo de zona în care materia este suficient de rece pentru ca materia volatilă să rămână în stare solidă. Aici se află planetele gigante gazoase, ele fiind mai bogate în hidrogen și heliu. În prezent cele patru planete de aici, Jupiter, Saturn, Uranus și Neptun concentrează 99% din masa de materie care orbitează în jurul soarelui. Pe ele există o presiune redusă, care accelerează particulele de pe orbitele lor, reduce mișcărilor lor către soare și posedă numeroși sateliți.

Se consideră acum că aspectul sistemului solar diferă mult de cel inițial. În perioada de început erau între 50 și 100 de corpuri solide de mărimea planetei Mercur care orbitau în jurul planetelor. Ele s-au ciocnit foarte des, s-au sfărâmat, apoi au fuzionat cu planetele din sistemul solar interior, Luna actuală a Terrei a apărut în urma unei asemenea ciocniri gigante (https://www.astronoo.com/en/articles/characteristics_of_planets).

Între planetele telurice și cele gazoase se află centura de asteroizi. Inițial aici era suficientă materie pentru a se forma două sau trei planete de mărimea Terrei, dar, deoarece în vecinătatea acestei zone este planeta Jupiter, mișcarea corpurilor solide formate s-a accelerat, astfel încât ele s-au ciocnit foarte puternic unele de altele, astfel încât în prezent au alcătuit o centură de asteroizi în loc de a crea o planetă mai mare. O parte dintre ele au migrat spre sistemul solar interior, determinând ploile de meteoriți, iar altele au mers spre sistemul solar înghețat, în special spre Jupiter.

În această perioadă a ajuns pe Terra apă din belșug (circa 6×10^{21} Kg). Este posibil ca apa să fi fost adusă din zonele reci ale sistemului solar, mai probabil din sistemul de luni ale planetei Jupiter. Gigantele reci Uranus și Neptun au fost create lângă Jupiter și Saturn, dar ulterior au migrat spre exteriorul sistemului solar în decurs de mai multe sute de milioane de ani. Deoarece aceste planete sunt foarte mari, iar puterea lor de atracție gravitațională este foarte mare; orbitele planetelor exterioare au început să fie tot mai alungite/eliptice. Opus lor, planetele telurice din interior și-au menținut orbitele aproape circulare. În acest timp s-au intensificat timp de 4 miliarde de ani ploile de meteoriți (ale căror crătere pe Luna noastră și pe Mercur sunt foarte vizibile și în prezent). Astronomii afirmă că viața a apărut pe Terra acum 3,8 miliarde de ani, curând după reducerea marelui bombardament cu asteroizi.

Evoluția sistemului solar exterior se pare că a fost permanent influențată de supernovele din vecinătatea sistemului nostru solar. Ele au suferit alterări spațiale sub efectul vântului solar, ca și al norilor interstelari prin care trece orbita sistemului nostru solar în circulația sa prin galaxia Căii Lactee.

În ceea ce privește zona centurii de asteroizi, după ce a avut loc bombardamentul de meteoriți asupra planetelor interioare, coliziunile dintre asteroizii care o compuneau au continuat și au loc și în prezent.

Toate planetele din sistemul nostru solar au unul sau mai mulți sateliți (luni). Ele pot proveni din diferite coliziuni cu alte corpuri cerești (Luna este rezultatul ciocnirii unei alte planete – Theia - de către Terra, Charon de către Pluton), din captarea unor asteroizi mari (Deimos și Phobos de către Marte, sau Triton de către Neptun), ori s-au format fie similar planetei-mamă în jurul căreia orbitează și azi (lunile planetelor Jupiter și Saturn).

Este posibil ca unele din lunile planetelor îndepărtate să fie chiar obiecte capturate gravitațional din afara sistemului nostru solar (lunile ultimelor două planete sunt mici, iar orbitele lor sunt excentrice și au o înclinare aleatorie)(https://en.wikipedia.org/wiki/Formation_and_evolution_of_the_Solar_System; <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=solar+system+wikipedia>).

1.4 Soarele și planetele din sistemul solar

Soarele

Soarele este o stea mică galbenă, de categoria I (Figura 3). Ea s-a format din materie eliminată prin explozia unor supernove. Ea este constituită în principal din hidrogen și heliu, dar posedă o cantitate foarte mică de alte metale provenite din stelele mai vechi ale Căii Lactee. Această metalicitate este foarte importantă pentru că a facilitat crearea planetelor interioare ale sistemului nostru solar (Sackmann *et al.*, 1993; Whitehouse, 2005).

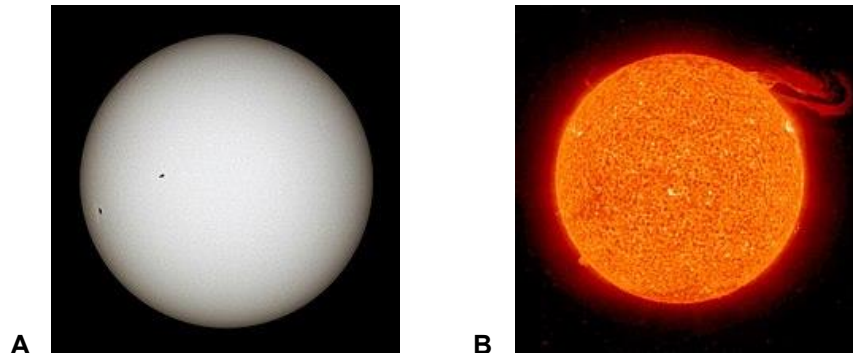


Figura 3. **A.** Soarele văzut în alb-negru (https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_System); **B** Soarele fotografiat în cursul unei erupții solare importante și reprezentat în culori false (https://fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me_solaire)

Soarele are o densitate mare care îi permite desfășurarea unor reacții nucleare continue, cu o putere energetică de 4×10^{26} wați, a cărei capacitate este răspândită în spațiu sub formă de radiații electromagnetice. La suprafața sa, soarele are o temperatură de 5.570^0 K și ajunge în centru la câteva milioane de kelvini. Soarele emite lumină și un flux continuu de particule de plasmă, de protoni, electroni și particule alfa, care formează vântul solar. Acesta se deplasează cu o viteză de 1,5 milioane de kilometri/oră. Vântul solar creează heliosfera / mediul interplanetar. Activitatea de la suprafața soarelui (erupțiile solare) și emisiile masei coronale determină o variație continuă a intensității vântului solar, care sunt la originea furtunilor magnetice. Vântul solar și erupțiile solare antrenează din soare în spațiu cantități imense de materie. Vântul solar este cauza formării cozilor cometelor în mișcarea lor în spațiu.

Heliosfera protejează parțial sistemul solar de fluxul de particule interstelare de mare energie (radiația cosmică). Planetele se mai apără de această radiație și prin propriul lor câmp magnetic planetar. În **tabelul 1** prezentăm principalele caracteristici ale planetelor din sistemul nostru solar.

Planetele interne

Toate cele patru planete (Figura 4) care constituie așa numitele planete interne telurice posedă o compoziție densă și stâncoasă și au o suprafață solidă, prezintă cratere provocate de impactul lor cu alte corpuri cerești și scoarța lor are fisuri mari (rifturi) și posedă fenomene de vulcanism. Ele au o crustă solidă, o manta semilichidă și un miez lichid, aflat încă în fuziune. Trei dintre ele (Venus, Terra și Marte) mai posedă, în grade diferite, o atmosferă.



Figura 4. Fotomontaj comparativ al mărimii planetelor telurice din sistemul nostru solar. De la stânga la dreapta: Mercur, Venus (imagine radar), Terra și Marte (https://fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me_solaire)

Mercur

Planeta Mercur este planeta cea mai apropiată de soare, are un diametru de 4878 Km. Ea nu are niciun satelit natural și este toată acoperită de cratere de impact. În centrul ei este un nucleu foarte mare de fier. Mantaua sa externă este foarte subțire. Ea are o perioadă de revoluție de 88 zile și una de rotație de 59 zile. Mercur are o excentricitate a rotației de 0,2 (deci de 12 ori mai mare ca cea a pământului), fapt ce face această planetă să se rotească cel mai accentuat.

Planeta Mercur este practic lipsită de atmosferă, fapt ce nu-i permite să aibă nicio protecție în fața acțiunii distructive a meteoriților atrași de ea. În spațiul din vecinătatea scoarței mercuriene există atomi rari de oxigen, sodiu și potasiu, ca și atomi de hidrogen și heliu proveniți din vântul solar.

Din punct de vedere geologic această planetă este inactivă. Lipsa atmosferei și proximitatea soarelui determină o mare variabilitate a temperaturii pe scoarța sa: în zona luminată de soare se ating +427 °C, pe când în zona întunecată temperatura scade brusc la -183 °C.

Venus

Cea de-a doua planetă, Venus, este foarte asemănătoare cu Terra din punct de vedere al dimensiunii ei (0,815 din masa pământului). Ea are o manta groasă de silicați, masă care înconjoară un nucleu metalic. Atmosfera sa este de 92 ori mai ridicată decât cea a pământului și este compusă din 96% dioxid de carbon (fapt ce a dus la crearea unui puternic efect de seră). Temperatura sa la suprafață este de cca +462 °C. Planeta este acoperită cu un strat dens/opac de nori formați din acid sulfuric, care reflectă lumina vizibilă. Se bănuiește că la suprafața sa a existat în trecut apă lichidă, dar în prezent mediul terestru este deșertic, acoperit cu roci. Pe Venus există permanente procese vulcanice și se manifestă o activitate geologică proprie. Planeta nu are un câmp magnetic, iar atmosfera sa se află permanent sub acțiunea vântului solar. Planeta are un relief destul de plat, adică posedă zone geologice foarte tinere (de doar câteva sute de milioane de ani). Atmosfera sa, groasă, o protejează de impactul meteoriților, iar vulcanismul este destul de redus.

Venus se rotește în jurul soarelui în 224,7 zile terestre pe o orbită aproape circulară și are o viteză de rotație în jurul propriei axe de 234 zile terestre (deci se rotește foarte lent). Rotația sa este retrogradă (se rotește invers față de celelalte planete - soarele "răsare" la vest și "apune" la est). Nici ea nu posedă un satelit (o lună) proprie, dar pe orbita sa circumsolară există un inel discoid de praf foarte dens.

Terra

Terra este planeta cea mai mare, cea mai masivă (are un diametru de 12.756 Km) și posedă, comparativ cu celelalte planete ale sistemului nostru solar, cea mai mare densitate. Este singura planetă care posedă viață, se deplasează în jurul soarelui în 365,256 zile (este anul sideral) și efectuează o rotație în jurul propriei sale axe în 23 ore, 56 minute și 4 secunde (este ziua siderală). Axa sa de rotație este înclinată la 23°, fapt ce determină existența sezonelor (Figura 5).



Figura 5. Planeta Pământ (Terra) și Luna (dimensiunile lor sunt la aceeași scară de mărime) (https://fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me_solaire)

Terra posedă cel mai mare satelit, Luna, care se rotește aproape sincron cu planeta. Ea s-a format în urma unui impact gigantic al unei proto-Terra cu o altă planetă (Theia - care era de mărimea planetei Marte - acum circa 4,54 miliarde de ani) (Canup, 2001) (Figura 6). Acest impact a determinat apariția mareelor din oceanul planetar și i-a stabilizat axa de rotație. Ca urmare, și în prezent Terra este însoțită în circulația sa în jurul soarelui de un nor fin de praf cosmic.



Figura 6. Imagine artistică a impactului gigantic care a dus la formarea Lunii (https://en.wikipedia.org/wiki/Formation_and_evolution_of_the_Solar_System)

Învelișul extern al planetei (litosfera) este alcătuit din diferite plăci tectonice care se mișcă cu câțiva milimetri pe an. Circa 41% din suprafața sa este acoperită de apă lichidă, care formează oceane, mări, lacuri și ape curgătoare, iar 29% din suprafața crustei terestre este uscată și este reprezentată de continente și insule, care în regiunile polare sunt, temporare (mai ales iarna), sau permanent acoperite cu apă solidă (gheață).

Structura internă a planetei Terra este geologic activă. Ea posedă un nucleu interior solid și unul exterior acestuia, lichid, alcătuit din fier, care generează câmpul magnetic terestru. Deasupra acestui nucleu este o manta alcătuită din roci silicioase, care sunt plăcile tectonice (ele sunt unice pe o planetă a sistemului nostru solar).

Planeta Terra are o atmosferă total diferită de cea a celorlalte planete, ca urmare a existenței viețuitoarelor, a fost modificată profund; în prezent ea conține 21% oxigen. Acesta a ridicat temperatura medie a atmosferei cu 33 kelvin și ca urmare a efectului de seră temperatura sa medie este de 15 °C, fapt ce permite existența apei lichide pe toată planeta.

Marte

Este o planetă de două ori mai mică decât Terra și Venus și posedă 1/10 din masa planetei Terra. Ea efectuează o rotație în jurul soarelui odată la 687 de zile, iar rotația sa zilnică este de 24 ore și 39 minute. Oblicitatea acestei rotații (care este de 5 ori mai mare ca cea a Pământului) îi permite să aibă un ciclu de sezoane asemănătoare celor de pe Terra, dar care determină existența unui climat hipercontinental (adică vara temperatura rar depășește +20-25 °C la ecuator și scade până la -120 °C iarna, la poli).

Marte posedă o atmosferă fină, care conține dioxid de carbon.

Suprafața planetei este deșertică, de culoare roșie (deoarece conține multă hematită sau oxid de fier). Pe suprafața sa se află numeroase cratere și bazine de impact, dar posedă și vulcani, rifturi, canioane, văi, terenuri cu dune și calote polare. Marte are cel mai înalt vulcan din sistemul solar (Muntele Olimpus) și cel mai adânc canion (Valles Marineris). Aceste structuri geologice demonstrează existența unei activități geologice și hidraulice care au existat posibil până de curând, dar care acum nu mai au loc (mai există slabe alunecări de teren și rare erupții vulcanice cu scurgeri de lavă). Planeta, nu are un câmp magnetic global.

Marte are doi sateliți mici – Phobos și Deimos, care ar putea fi asteroizi capturați de planetă. Ei se rotesc sincron, arătând permanent pe planetă aceeași față. Măsurătorile efectuate asupra acestor două luni au arătat că treptat Phobos se va descompune, iar Deimos se va îndepărta de planetă.

Prima centură de asteroizi

Asteroizii sunt corpuri mici din sistemul planetar solar alcătuiți din minerale de forme neregulate, având dimensiuni de la câteva sute de kilometri (deci mult mai mici decât dimensiunile planetelor), până la praf microscopic (Figura 7).

În sistemul nostru solar există două centuri de asteroizi. Prima se află între orbitele planetelor Marte și Jupiter, la 2,2 – 2,3 unități astronomice de soare, iar cea de a doua, centura lui Kuiper, se află la 30-55 unități astronomice de soare și este de 20 până la 200 de ori mai masivă, deși ea are o densitate de asteroizi mult mai slabă. Prima centură de asteroizi, cea dintre Marte și Jupiter, s-a format din nebuloasa

solară primordială ca un grup de corpuri planetezimale care, sub influența planetei Jupiter, au căpătat o energie foarte mare, s-au ciocnit violent de multe ori, astfel încât cca 99,9% din masa lor s-a pierdut în prima sută de milioane de ani de istorie a sistemului nostru solar. Multe dintre ele au fost atrase de sistemul solar interior (cum s-a prezentat mai sus) ajungând ca meteoriți asupra acestor planete. Se consideră că centura de meteoriți este și acum sursa principală a meteoriților care cad pe Terra. Centura de meteoriți se compune din 1-2 milioane de asteroizi mai mari de 1 km. lungime (doar puțini dintre ei depășesc 100 km. în diametru). Ei nu sunt foarte apropiați acum, dovadă că multe sonde spațiale trimise de pe pământ au trecut prin această centură de asteroizi. În funcție de spectrul lor chimic, pot fi grupați în carbonați (de tip C), silicați (de tip S) și metaliferi (de tip M).

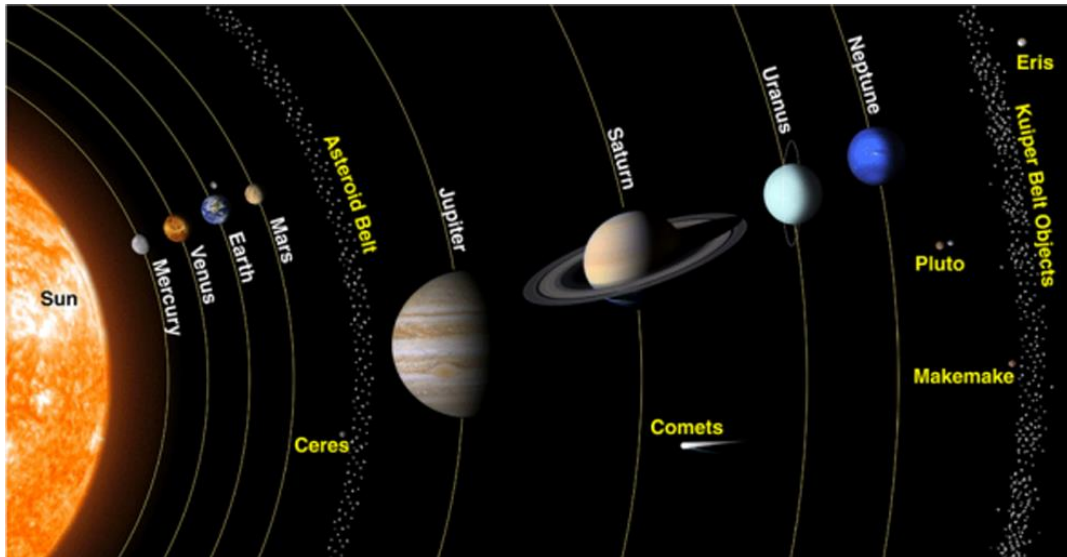


Figura 7. Schema celor două centuri de asteroizi și cei doi asteroizi troieni ai planetel Jupiter
https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&sca_esv=583317652&q=cele+doua+centuri+de+asteroizi&tbm=isch&source

Planetele externe/ Sistemul solar extern

Dincolo de centura de asteroizi susmenționată este o regiune în care se întâlnesc planete gigante gazoase și sateliții lor naturali, ca și numeroase comete cu perioadă scurtă de rotație, inclusiv centaureele. Dincolo de ele se situează zona obiectelor transneptuniene, care se întinde până la centura lui Kuyper. Planetele externe sunt alcătuite din apă, amoniac și metan ; ele se află sub limita de înghețare a acestor gaze; de aceea ele par a fi solide (Figurile 7 și 8).

Aici sunt patru planete mari – Jupiter, Saturn, Uranus și Neptun - care reprezintă 99% din masa materială care se rotește în sistemul planetar al soarelui. Primele două, Jupiter și Saturn constituie împreună echivalentul a 400 de ori masa planetei Terra, celelalte două, Uranus și Neptun constituie împreună echivalentul a 20 ori masa planetei Terra.

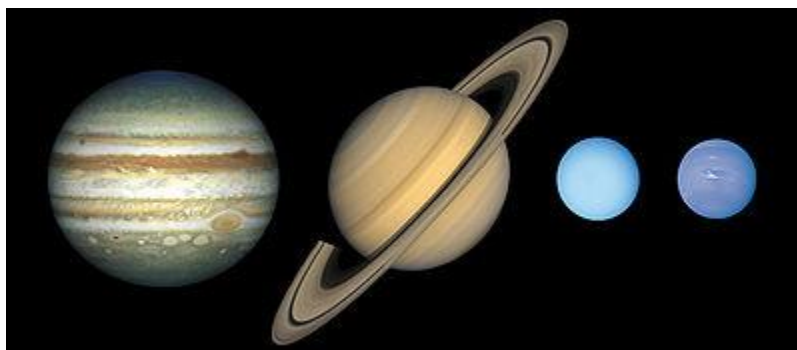


Figura 8. Fotomontaj comparativ al mărimii planetelor gigante din sistemul nostru solar (de la stânga la dreapta): Jupiter, Saturn, Uranus și Neptun (https://fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me_solaire)

Cele patru planete gigante posedă un sistem de inele pe care se rotesc lunile/sateliții lor naturali. Ele sunt, comparativ cu cele ale planetelor telurice, mult mai numeroase. Spre exemplu Neptun are 14

sateliți naturali, iar Saturn are 82 sateliți. Deși aceste planete gigante nu au o suprafață solidă, cu toate acestea posedă nuclee de fier sau de silicați al căror volum este al mai multor mase terestre.

Jupiter

Jupiter este cât 317 mase terestre, iar diametrul său este de 143.000 kilometri. Perioada sa de revoluție este de 12 ani, iar cea de rotație este de puțin sub 10 ore. Ea este alcătuită în special de hidrogen și heliu, puțin amoniac și vapori de apă, dar are în interior un nucleu solid pietros de mărime încă nedefinită. Căldura sa interioară determină existența unor vânturi violente (care ating viteza de 600 Km/oră), care parcurg suprafața superioară a atmosferei sale și care creează benzi transversale la diferite latitudini; ele sunt separate de zone și mai turbulente. Acest fenomen îi creează un oarecare număr de caracteristici semipermanente, cum este Marea Pată Roșie. Jupiter are o magnetosferă puternică, care este antrenată de un curent electric aflat într-un strat interior de hidrogen metalic și care creează unul dintre cele mai puternice câmpuri magnetice cunoscute în sistemul nostru solar (care este depășit numai de energia din petele solare și de aurorele polare de la polii acestei planete). Cu toate că temperatura planetei la nivelul norilor este de -153°C , aceasta crește treptat spre centrul planetei.

Jupiter posedă 83 sateliți naturali/luni dispuși pe inelul jovian. Cei patru cei mai mari sunt: Ganimede, Calisto, Io și Europa, care au asemănări geologice cu planetele telurice. Această planetă influențează profund atât sistemul de planete telurice, cât și centura de asteroizi.

Saturn

Planeta Saturn posedă o compoziție a atmosferei și o magnetosferă puternică, dar mai mică, la fel ca Jupiter. Volumul planetei, tot gazos, este cu 60% mai mic ca al lui Jupiter, iar diametrul său la ecuator este de 121.000 Km. Perioada sa de revoluție este de 30 de ani, iar cea de rotație este de 10 ore și 33 minute. Saturn are o atmosferă mai redusă, mai calmă, care pot forma aurore polare. Curenții de aer, pot atinge 1800 Km/oră. Saturn are un sistem de inele proeminente, bine vizibil și cu aparate optice mai simple. El este compus din particule de gheață și din praf cosmic. Aceste inele s-au format acum cca 100 milioane de ani și în componența lor intră cel mai mare număr de sateliți naturali. Cele mai mari luni sunt Titan (care are propria sa atmosferă) și Encelade (pe care au fost observate gheizere, criovulcanism și - posibil – există viață microbiană). Saturn are un nucleu pietros din silicați, fier și pe deasupra acestora hidrogen (care de la centru spre periferie este înghețat, apoi lichid și apoi gazos), el fiind amestecat cu heliu.

Uranus

Planeta Uranus este cea mai mică planetă de gheață și este cât 14 mase ale planetei Terra. Ea are un diametru la ecuator de 51.000 Km, o perioadă de revoluție de 84 de ani și una de rotație de 17 ore. Deoarece axa de rotație a planetei este în planul celei de revoluție, ea pare că se rostogolește în spațiu. Polii nord și sud ai planetei sunt situați în plan ecuatorial. De aceea și magnetosfera dă impresia că se răsucesce ca un sfredel odată cu mișcarea acestei planete pe elipsa pe parcurge în jurul soarelui.

La fel ca celelalte planete externe, atmosfera sa este alcătuită din hidrogen, heliu și conține urme de hidrocarburi. Această atmosferă este cea mai rece din cea a tuturor planetelor sistemului solar (atinge -224°C) și prezintă o structură noroasă stratificată.

Suprafața planetei este formată din apă, amoniac și metan în stare volatilă, iar scoarța sa se compune tot din aceste gaze, dar ele sunt în stare solidă, amestecate cu alte materiale solide. Uranus este aproape lipsită de forme de relief, iar vânturile de la suprafața sa ating 900 Km/oră.

Uranus posedă un sistem de 13 inele înguste, pe care există 27 de sateliți naturali. Cei mai importanți sunt Titania, Oberon, Umbriel, Ariel și Miranda.

Neptun

Planeta Neptun este cu puțin mai mare decât Uranus (ea este cât 17 mase terestre) și are un diametru ecuatorial de 49.500 Km. Ea este planeta din sistemul planetar extern cu masa cea mai mare în densitate. Ea are o perioadă de revoluție de cca. 165 ani și una de rotație de puțin peste 16 ore.

Neptun are o atmosferă asemănătoare cu cea de pe Uranus (conține hidrogen, heliu și urme de hidrocarburi, iar sub formă de gheață are apă, amoniac și metan. Condițiile meteorologice de pe planetă sunt active și vizibile. Așa cum pe Jupiter este Marea Pată Roșie, pe Neptun este Marea Pată Întunecată. Pe această planetă viteza vânturilor atinge 2100 Km/oră, iar temperatura la sol este de -218°C .

Neptun are un sistem de inele slab și fragmentat, pe care au fost descoperiți 14 sateliți naturali și mai multe planete mici și asteroizi troieni proveniți din centura lui Kuyper. Cel mai mare satelit este Triton, pe care au fost observate gheizere de azot lichid. Este singura lună a acestui grup de planete care are orbita retrogradă.

În tabelul 1 sintetizăm principalele date referitoare la planetele mari din sistemul nostru solar.

Tabelul 1. Principalele date referitoare la planetele mari din sistemul nostru solar (<http://google.com/Tableau+comparatif+simplificate+des+planetes>, modificat)

	Mercur	Venus	Terra	Marte	Jupiter	Saturn	Uranus	Neptun	Luna Pământului
Distanța principală față de Soare (milioane km)	58.7	108.2	149.6	227.9	778.4	1426.7	2871.0	4498.3	149,6 (0,396 de la Pământ)
Perioada de revoluție (zile-z, ani-an)	88 zile	224.7 zile	365.21 zile	687 zile	11.9 ani	29.5 ani	84.0 ani	164.8 ani	27.3 zile
Perioada de rotații la ecuator (z-zile, m-minute, s-secunde)	58.6 zile	243 zile	23 ore 56 minute 4 secunde	24 ore 37 minute 23 secunde	9 ore 50 minute 30 secunde	10 ore 14 minute	10 ore 49 minute	16.4 ore	23.7 zile
Înclinarea axei	0°	178°	23.5°	24°	3°	27°	98°	~ 30°	
Viteza de evacuare (Km/s)	4.3	10.4	11.2	5.1	61	36.7	22.4	25.5	
Satelii naturali	nu	nu	1	2 (Phobos, Deimos)	67 (Io principal, Ganimedia, lo, Europa)	62 (Titan principal)	27	14	
Masă (Pământ=1)	0.06	0.82	1.00	0.11	317.83	95.16	14.54	17.15	
Diametrul ecuatorial (Km)	4,879	12,104	12,756	6,794	142,984	120,536	51,118	49,528	
Densitate (g/cm)	5.4	5.2	5.5	3.9	1.3	0.7	1.3	1.8	
Temperatura (medie, ± °C)	169 +463 -172	462 +482	15 +56.7 -89,2	-63 +37 -113	-163	-189	-214	-225	
Albedo (coeficient de reflexie)	0.055	0.61	0.34	0.15	0.52	0.42	0.45	0.54	
Luni	0	0	1	2	95	83	27	14	
Atmosferă (în %)	nu	da	da	da	da	da	da	da	
CO ₂	-	96	-	95	-	-	-	-	
Azot	-	4	78	27	-	-	-	-	
Oxigen	42	-	21	-	-	-	-	-	
Hidrogen	22	-	-	-	89.8	96.3	82.5	80.0	
Helium	6	-	-	-	10.2	3.2	15.2	19.0	
Sodiu	22	-	-	-	-	-	-	-	
Alte	8 Aproape inexistentă	- H ₂ SO ₄ +CO ₂	1 + apă	2.3 Vânt violent	Metan, apă, amoniac, etan vânt violent	0.5 Metan, amoniac	2.3 Metan	1.0 Metan vânt violent	
Relief	Munți, canioane, vulcani, cu gheata la poli	Efect de seră	Foarte variat Munți, canioane, vulcani, mări și oceane, gheata la poli	Munți, văi, cratere					Munți, văi, cratere
Compoziția suprafeței planetelor	Roci de regolite, silicat, sulf	Roci de regolite, silicat, sulf	70,8% apă, stâncos de carbon organic, compuși de siliciu, sulf	Roci, gheață de apă, silicat, regolite, acid de fier	Gheață de hidrogen și apă	Gheață de hidrogen, helium și apă	Gheață de hidrogen, helium și apă	Gheață de hidrogen, helium și apă	Roca de regolite, compuși de siliciu, sulfați
Miez planetar	Miez dominant de fier, Cu cratere	Miez dominant de fier-nichel Fără apă	Bogat în săruri minerale: fier, nichel, sulf, carbon, potasiu, vanadiu, crom,tantal	Miez dominant de fier, sulf, potasiu, miez lichid	Fără litosferă Miez de rocă și gheață de hidrogen metalic	Fără litosferă; Miez metalic dehidrogen și helium	Fără litosferă, fără apă Miez metalic de hidrogen și helium	Fără litosferă fără apă Miez de hidrogen și helium sub formă de gheață	Cu multe cratere

Alte planete care fac parte din sistemul solar

În urma cercetărilor efectuate la observatoarele astronomice de pe pământ și ale celor amplasate pe sateliți artificiali, dar și cu ajutorul sateliților artificiali trimiși în Cosmos de S.U.A. și fosta U.R.S.S. pentru cercetări complexe, au mai fost depistate formațiuni mai mari decât asteroizii, care au fost denumite pseudoplanete (Figura 7). Dintre acestea menționăm pe Pluto, Makemake, Haumea, Quaoar și Orcus, fiecare având câte o lună a sa (<https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=solar+system+wikipedia>).

Ele mai sunt denumite și planete transurricane și nu influențează cu nimic planeta noastră.

Centaurile

Centaurile sunt corpuri mici înghețate, asemănătoare cometelor și asteroizilor, care orbitează între Jupiter și Neptun, și a căror orbită oscilează între planetele susmenționate. Unele dintre ele au un început de coadă ca cea a cometelor și cu greu pot intra în una din cele două categorii de corpuri cerești. Orbitele lor sunt haotice, nestabile. Ele sunt capturate de planetele externe înghețate ale sistemul nostru solar, provin din centura lui Kuyper, sunt în număr foarte mare (posibil să fie peste un milion).

Cometele

Cometele sunt corpuri celestre mici, de obicei au câțiva kilometri în diametru, sunt alcătuite de obicei din gheață, se deplasează în jurul soarelui pe orbite foarte excentrice, cu periheliul în sistemul solar intern, iar afeliul dincolo de planeta Pluton. Acestea, când se apropie de soare, sub acțiunea vântului solar, încep să se sublimeze și ionizeze, iar în urma lor se formează o coadă lungă de gaz, praf și vapori de apă (care formează așa zisa coadă a cometei). Dacă cometa este suficient de luminoasă, ea poate fi observată chiar și cu ochiul liber. Ele pot ajunge în apropierea pământului la perioade de zeci, sute sau chiar mii de ani. Cele mai cunoscute sunt cometa Halley (poate fi văzută odată la cca 200 ani – frecvența ei este la 75-76 de ani) și cometa Hale-Boop (la câteva mii de ani). Cometele care vin des în apropierea soarelui își pierd treptat coada și, având în vedere că ele sunt din gheață, după un timp, dispar.

În sistemul nostru solar se consideră că sunt câteva mii (unii cred că sunt peste un miliard) de comete

1.5 Caracterizarea planetei Terra și a lunii

Planeta Terra

Terra (Figurile 9 și 10) este a treia planetă pornind de la soare spre exteriorul sistemului nostru planetar (Figura 9). Ea este a cincea planetă ca mărime, circulă pe o orbită aproape circulară în jurul soarelui în decurs de 365,256 zile (este așa numitul an sideral), și se rotește în jurul axei sale în 23 h 56 min 4 s (este așa numita zi siderală). Axa sa de rotație are o înclinare care determină la rândul ei existența a patru sezoane în decursul anului sideral.

Forma sa este cea a unui sferoid, adică o sferă aproape perfectă care, urmare a rotirii sale în jurul axei sale, are la ecuator un diametru, doar cu 21 Km mai mare decât cel măsurat între polii planetei poli. De aceea se spune că forma sa este cea a unui geoid.¹⁾ (Figura 10).

Forma Pământului este aproximativ un elipsoid oblat; adică forma realizată prin rotirea unei elipse în jurul axei sale minore. Termenii elipsoid și sferoid pot fi folosiți interschimbabil și mai frecvent auzită sub forma de sferoid aplatizat (<https://ro.wikipedia.org/wiki/Geoid>). Deoarece diferența dintre diametrul polar și diametrul ecuatorial este de numai 0,3% (deci de numai 42 Km), aspectul planetei nu se poate distinge vizual de o sferă perfectă (cum se vede Pământul în figura 9).

¹⁾ "Geoid" înseamnă literalmente "în formă de Pământ". Geoidul este suprafața care descrie nivelul teoretic al mării în toate punctele globului. Ea se determină prin calcularea cotei la care accelerația gravitațională este egală cu cea de la nivelul mediu al mării.



Figura 9. Terra, planeta albastră, văzută din o navetă spațială
(<https://en.wikipedia.org/wiki/Earth>)

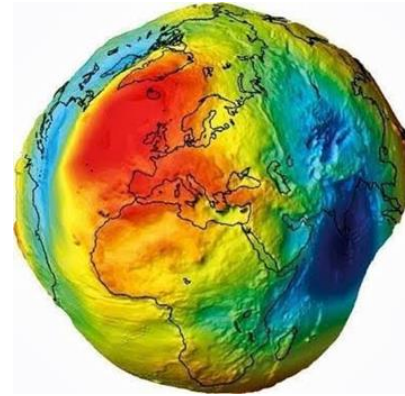


Figura 10. Simularea formei planetei Terra văzută ca un geoid (cu denivelările ei mult exagerate)
https://www.google.com/search?rlz=1C1CHBD_enRO873RO874&q=Pamantul+ca+un+geoid

Terra este o planetă telurică, care emite căldură din interior. Aceasta provine din o combinație de energie reziduală provenită din o acrețiune planetară (ea reprezintă 20%) și din căldura emisă de elementele radioactive care se dezintegrează și în prezent (ea reprezintă 80%). Principali izotopi producători de căldură sunt potasiu 40, uraniu 238, uraniu 235 și thoriu 232. În centrul pământului temperatura urcă până la 6.726,85 °C. Deoarece cea mai mare parte din căldură rezultă din dezintegrările elementelor radioactive, se apreciază că la început producția de căldură a fost cu mult mai importantă.

Terra posedă un satelit natural, Luna, care influențează prin gravitația sa planeta în jurul căreia se rotește.

Este foarte important de menționat faptul că Terra este singura planetă pe care s-a realizat o combinație de factori, ca de exemplu distanța optimă de soare (cca 150 milioane de kilometri), existența unei atmosfere relativ groase, a unui câmp magnetic optim care au condus la actuala sa situație. Evoluția sa geologică și condițiile fizico-chimice existente au permis apariția vieții în urmă cu 3,5 miliarde de ani (Danger, 2011)

În tabelul 2 sunt prezentate date despre principalele caracteristici ale planetei Terra comparativ cu datele celorlalte planete din sistemul nostru planetar/solar.

Tabelul 2. Principalele caracteristici ale planetei Terra

Caracteristici orbitale	
Parametri	Valori
Semiaxa mare	149 597 887,5 km (1,000 000 112 4 au)
Afeliul	152 097 701 km (1,016 710 333 5 au)
Periheliul	147 098 074 km (0,983 289 891 2 au)
Circumferința orbitală	939 885 629,3 km (6,282 747 374 au)
Excentricitatea	0,016 710 22
Perioada de revoluție	365,256 363 z
Viteza orbitală medie	29,783 km/s
Viteza orbitală maximală	30,287 km/s
Viteza orbitală minimală	29,291 km/s
Înclinarea față de ecliptică	0°
Nodul ascendent	174,8730
Argument la periheliu	288,064°
Număr sateliți naturali	1
Caracteristici fizice	
Raza planetei la ecuator	6 378,137 km
Raza planetei la pol	6 356,752 km
Raza volumetrică medie	6 371,008 km
Turtirea globului	0,003 353 \approx $\frac{1}{300}$ ($\sqrt[3]{298,25\pm 1}$)
Perimetrul la ecuator	40 075,017 km
Perimetrul meridional	40 007,864 km
Suprafață	510 067 420 km ²
Volum	1,083 21 \times 10 ¹² km ³
Greutate	5,9736 \times 10 ²⁴ kg
Greutate volumetrică globală	5,515 \times 10 ³ kg/m ³
Gravitatea la suprafața pământului	9,806 65 m/s ² (1 g)
Viteza de eliberare din gravitația pământului	11,186 km/s
Perioada de rotație (ziua siderală)	0,997 269 49 <u>zile</u> (23 h 56 min 4,084 s)
Viteza de rotație (la ecuator)	1 674,364 km/h
Înclinarea axei pământului	23,436 690 775 2°
Declinarea axei la polul nord	90°
Albedoul geometric vizual	0,367
Radiația solară	1 367,6 W/m ²
Temperatura de echilibru a corpului negru	254,3 K (-18,7°C)
Temperatura maximă la suprafață	56,7°C
Temperatura medie la suprafață	15°C
Temperatura minimă la suprafață	-93,2°C

Mai adăugăm faptul că este singura planetă din sistemul nostru solar pe care apa este prezentă sub cele trei feluri de agregare, că structura sa internă este geologic activă, că are în centrul său un nucleu intern solid, înconjurat de un nucleu extern lichid – în care au loc și în prezent fuziuni nucleare – (ambele fiind pe bază de fier) și că generează un câmp magnetic terestru. La suprafața planetei există o manta alătuită din roci de silicați din care s-au format plăcile tectonice.

În prezent se consideră că planeta are vârsta de 4,54 miliarde de ani.

Deși planeta Terra s-a format acum 4,54 miliarde de ani, ea a primit mai de curând un satelit natural - Luna. Viața pe planeta noastră nu a apărut imediat, ci la circa un miliard de ani de la crearea sa. Viața pe Pământ este posibilă și datorită influenței câmpului magnetic al planetei, care slăbește efectele nocive ale radiațiilor solare asupra organismelor vii. Un pic mai mult de 70% din suprafață este ocupată de Oceanul mondial, în timp ce Uscatul (Mediul terestru) reprezintă mai puțin de 30 % din suprafața planetei.

Formarea și evoluția planetei

Istoria planetei Terra s-a derulat în decursul a 4 eoni (perioade mari de timp cu durate greu de precizat): Hadean, Archean, Proterozoic și Fanerozoic (Figura 11) (Meunier, 2014; Stanley, 2005).

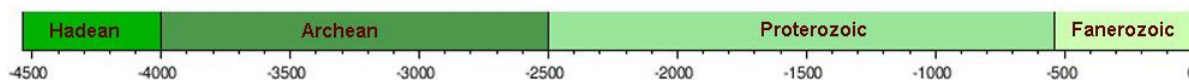


Figura 11. Perioadele prin care a trecut planeta de la formarea sa și până astăzi (după https://en.wikipedia.org/wiki/Formation_and_evolution_of_the_Solar_System)

Hadean-ul (Figura 11) este perioada de formare a planetei pornindu-se de la praful de particule materiale și de gaz care constituiau nebuloasa solară și care era organizată sub forma unui disc detașat din soarele primordial. Această nebuloasă planetară era la început constituită din materiale în fuziune, la suprafața căreia s-a creat treptat o crustă subțire solidă, deasupra căreia s-a acumulat o atmosferă constituită în principal din vapori de apă și gaz metan.

Vaporii de apă, căzând pe crusta scoarței terestre, au dus la apariția unor ploii abundente, care cu timpul, deasupra crustei au format primele bazine de apă lichidă. Ele au constituit ulterior oceanele planetei.

După cca. 20 milioane de ani a avut loc ciocnirea planetei noastre de un planetoid mare, denumit Theya - care era cam de mărimea planetei Marte și care a dus pe de o parte la apariția Lunii, iar restul a fost inclus în masa terestră în formare. Ca urmare a activității vulcanice intense care a urmat, temperatura la suprafața planetei a urcat la aproximativ 10.000 °C, fapt ce a determinat deasupra crustei terestre realizarea unei proces cu efect de seră. Acesta a făcut ca să se mențină la suprafața planetei un amestec gazos (o atmosferă primitivă în care luminozitatea solară era mai scăzută), a cărei temperatură a favorizat menținerea apei la temperaturi compatibile cu cele ale unei ape lichide (deci de sub +100°C). În condițiile date, pe scoarța terestră primitivă, alături de oceane, a rămas o suprafață uscată, viitorul supercontinent Pangeea. Pentru a ne da seama cum era partea solidă a planetei, scoarța terestră arăta așa cum poate fi văzut acum un câmp de lavă format pe pământ în urma unei erupții vulcanice (Figura 12).



Figura 12. Un câmp cu lavă format după o erupție vulcanică la malul mării (Kertz, 1992)

Archean-ul (Figura 11) debutează acum circa 4 miliarde de ani. La începutul său a apărut viața în apele oceanului planetar sub acțiunea unei activități chimice intense și a unei cantități mari de energie provenită atât de pe planetă, cât și din cosmos (energia soarelui din sistemului nostru planetar). Acțiunea lor sinergică a făcut ca moleculele de substanțe organice să se organizeze și să declanșeze procesul de autocomplexare și autoreproducere. Dacă viața a apărut spontan sau a venit din cosmos prin meteoriți sau pe alte căi, încă nu cunoaștem cu exactitate. Oricum, viața pe Terra a apărut acum circa 3,5-3,8 miliarde de ani. Aceste afirmații se bazează pe găsirea unor biomolecule în un granit în

vărsă de 3,7 miliarde de ani în Groenlanda și pe baza unor probe de carbon fosilizat vechi de 3,5 miliarde de ani găsite în Australia. Tot cam atunci începe să se formeze câmpul magnetic terestru și începe să stabilizeze o atmosferă capabilă să se mențină chiar și în condițiile acțiunii permanente a vântului solar.

Proterozoic-ul (Figura 11) debutează acum 2,5 miliarde de ani, când apar la nivelul viului procesele de fotosinteză desfășurate de către cianobacterii și care eliberează prin activitatea lor fiziologică, mai întâi în ape, apoi și în atmosferă, molecule de oxigen gazos. Acum apar primele roci specifice proterozoicului, stomatolitele.

Apariția moleculelor de oxigen gazos determină mai întâi schimbarea compoziției atmosferei, din una formată în principal din metan, în una compusă din molecule de azot și de oxigen, iar ulterior formarea stratului de ozon. Activitatea organismelor vii de a realiza fotosinteza, a determinat producerea unor substanțe organice foarte variate, care au fost esențiale pentru dezvoltarea și diversificarea viitoare a vieții pe Terra.

Creșterea conținutului de oxigen în atmosferă și de ozon în stratosferă, după ce mai întâi în mările și apele oceanice oxigenul dizolvat a ajuns la saturație, a dus la apariția unui proces de protecție a primelor colonii de organisme complexe uni- și pluricelulare dotate cu un nucleu (organisme eucariote), iar mai târziu să pornească la cucerirea unui mediu de viață nou, mediul terestru (deci să iasă din apă, pentru a popula mediile uscate de pe planetă).

În urmă cu 750-580 milioane de ani a avut loc o scădere a temperaturii (o glaciație), care a dus la acoperirea unei mari părți din suprafața plantei cu un strat de gheață. În noile condiții de mediu viețuitoarele își creează noi capacități de supraviețuire, care vor permite, după ce are loc procesul de dezgheț, să declanșeze o adevărată explozie de forme noi de viață în epoca geologică următoare (în Cambrian), cea în care pe planetă ajung dominante organismele vii multicelulare.

În această perioadă de început a Cambrianului, supracontinentul Pangea începe să se rupă în mai multe bucăți, astfel încât în urmă cu 650-450 milioane de ani plăcile care formau Pangea, devin viitoarele zone de formare a unor continente, care ulterior vor forma actuala structură terestră a continentelor pe care le cunoaștem în prezent.

Eonul următor, **Fanerozoic-ul** (Figura 11), debutează acum circa 541 milioane de ani și în el suntem noi și în prezent. El demarează la începutul Cambrianului, când are loc diversificarea metafitelor și metazoarelor pluricelulare. În urmă cu cca 176 milioane de ani se definitivează conturul actualelor continente (deci a mediului planetar terestru).

În fanerozoic au loc 5 extincții majore în lumea vie, ultima dintre ele având loc în urmă cu 66 milioane de ani ca urmare a căderii pe Terra a unui meteorit mare în actualul golf Mexic (este așa numitul impact de la Chicxulub), care are ca rezultat dispariția reptilelor dinosauriene și ocuparea nișelor ecologice rămase astfel libere cu mamifere și păsări.

Ulterior planeta este dominată de viețuitoarele cele mai noi, mamiferele și de plantele cu flori, Gimnospermele. În urmă cu circa 5-6 milioane de ani apar primele hominide - din care se trag oamenii de astăzi. Aceștia au populat treptat toată planeta, au modificat plantele și animalele (au creat organismele domestice), au determinat schimbări mari ale biosferei naturale și în acest fel au creat antroposfera.

În urmă cu 2,6 milioane de ani, în Pleistocen, au avut loc ultimele glaciații care au afectat planeta. Durata fiecărei glaciații a fost de circa 80 000 de ani, în prezent noi, aflându-ne în o perioadă interglaciară a cărei durată nu o putem preciza cu exactitate, deoarece activitatea umană acționează acum asupra planetei cu mecanisme pe care încă nu le putem previziona și nici controla.

Din cele expuse putem constata că din Arcean și până acum viața este cea care a ajuns să controleze istoria planetei noastre din ce în ce mai puternic, de ea depinzând atât durata și tipul eonilor, cât și procesele vii și nevie de pe planetă. Despre rolul pe care îl au viețuitoarele pe planeta Terra se va discuta în capitolele următoare.

În prezent structura interioară a pământului este cea prezentată în figura 13. Ea conține în centru un nucleu solid, deasupra acestuia un nucleu lichid. Urmează o manta inferioară, foarte fierbinte, o manta superioară, tot fierbinte, dar lichidă, deasupra căreia este, la exterior litosfera, solidă. La exteriorul planetei există un înveliș gazos denumit atmosferă.

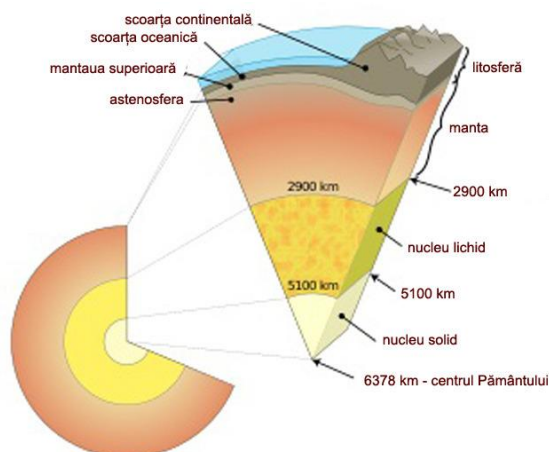


Figura 13. Secțiune în planeta Terra de la suprafață și până în centrul planetei (detaliile nu sunt la o scară exactă) (https://en.wikipedia.org/wiki/Outline_of_Earth_sciences)

Luna - satelitul natural al Pământului

Planeta Terra are un singur satelit natural, Luna (Canup, 2001). Ca mărime acesta este al cincilea satelit natural din sistemul nostru solar. Luna s-a format acum circa 4,51 miliarde de ani, curând după formarea Terrei. Legat de originea sa, cea mai acceptată explicație este că Luna s-a format din resturile rămase după ce a avut loc un impact uriaș între Pământ și un corp de dimensiunile lui Marte, numit Theia. Impactul a scos mult material de pe Pământ, care apoi s-a sfericizat, s-a compactat sub acțiunea gravitației, pentru a forma actuala Lună (Figura 14).

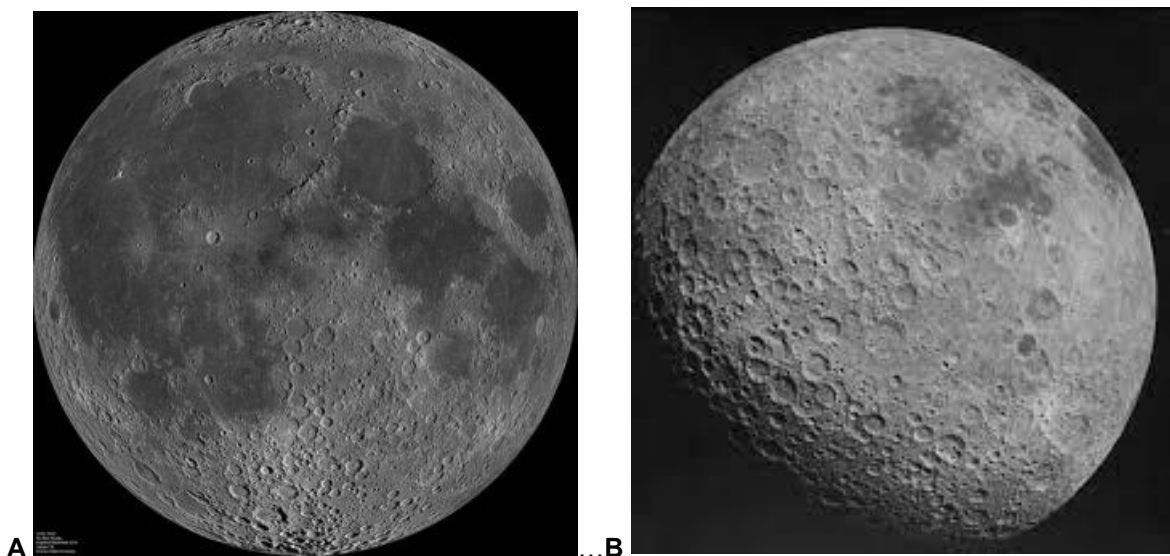


Figura 14. Luna și craterele existente pe ea ca urmare căderilor de meteoriți: **A.** fața care este orientată permanent spre pământ (<https://ro.wikipedia.org/wiki/Luna>); **B.** fața care nu este niciodată vizibilă de pe pământ (https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&sca_esv=583317652&q=luna+-+fata+sa+nevazuta&tbm)

Luna Terrei este excepțional de mare, relativ la dimensiunea pământului: are un sfert din diametrul acestei planete și are 1/81 din masa lui. Luna efectuează o orbită completă în jurul pământului în raport cu stelele fixe o dată la fiecare 27,3 zile (<https://ro.wikipedia.org/wiki/Luna> - cite_note-orbpd-123 (perioada sa siderală)). Întrucât pământul se deplasează și el în același timp pe orbita sa în jurul soarelui, această deplasare durează puțin mai mult până când luna ajunge în aceeași fază în raport cu pământul, adică circa 29,5 zile (perioada sa sinodică). Luna este în rotație sincronă cu pământul (adică arată întotdeauna aceeași față către el, deoarece se rotește în jurul axei în aproximativ aceeași durată de timp cât îi ia să efectueze o revoluție în jurul pământului). De aceea ea are în permanență aproape

aceeași față întoarsă către pământ. Influența ei gravitațională produce mareele oceanice, mareele de uscat și o ușoară prelungire a zilei terestre. Orbita lunii este perturbată subtil de soare și pământ cu influențe mici, complexe și în interacțiune reciprocă.

Luna are o scoarță, o manta și un nucleu format din un miez interior bogat în fier, apoi de unul lichid, în principal format tot din fier. Câmpiile lunare de pe scoarța sa sunt mai întunecate și relativ lipsite de trăsături vizibile în mod clar cu ochiul liber. Ele sunt numite mări și sunt vaste bazine de lavă bazaltică solidificată. Majoritatea acestor lave au erupt în cursul formării craterelor de impact al meteoriților care au lovit ulterior luna. Domurile vulcanice existente pe lună se găsesc în apropiere de adâncituri ale scoarței denumite de astronomi, mări, aflate mai ales pe partea vizibilă de pe pământ. Pe lună se estimează a fi aproximativ 300.000 de cratere cu un diametru mai mare de 1 km (numai pe fața vizibilă a lunii). Pe partea superioară a scoarței lunare este o pătură de rocă extrem de mărunțită, spartă în particule mai mici, care adesea au devenit niște pulberi și prelucrată de impacte, numită regolit.

Apa lichidă nu poate persista pe suprafața lunii. Luna are o atmosferă atât de rarefiată încât este aproape vid. Luna posedă un câmp gravitațional, dar acesta suferă anomalii gravitaționale pozitive asociate unora dintre craterelor de impact. Ea posedă un câmp magnetic de peste o sută de ori mai mic decât cel al pământului.

Luna are un albedo scăzut. În ciuda acestui fapt, ea este cel mai strălucitor obiect de pe cer după Soare, deoarece reflecția soarelui pe suprafața sa este în timpul nopții terestre destul de puternică pentru ca de pe Terra sa fie obiectul ceresc cel mai luminos.

O influență mare asupra pământului o are luna prin crearea forțelor mareice care afectează apele oceanice ale planetei. Forțele mareice afectează atât scoarța pământului, cât și oceanele. Cel mai evident efect al forțelor mareice este formarea a două umflături pe oceanele Pământului, una pe partea de pământ dinspre lună, cealaltă pe partea opusă lunii. Aceasta conduce la o creștere a nivelului mărilor de pe pământ, numită maree oceanică. Cum pământul se învâрте în jurul propriei axe, una dintre aceste umflături oceanice (fluxul) ridică apa de „sub” lună, în timp ce pe cealaltă parte a planetei este exact invers. Ca urmare, pe Terra există două fluxuri și două refluxuri în decurs de 24 de ore. Întrucât luna orbitează pământul în aceeași direcție ca și rotația Pământului, fluxurile au loc la distanțe de 12 ore și 25 de minute. Soarele are același efect mareic asupra pământului, dar forțele sale de atracție sunt doar în proporție de 40% comparativ cu cele ale Lunii.

1.6 Prin ce diferă Terra de celelalte planete

Dacă analizăm mai atent Planeta noastră, Terra, se constată că ea are atât asemănări, cât și diferențe mari față de celelalte planete ale sistemului nostru solar (<https://ro.topinfoweb.com/the-difference-between-earth-and-other-planets-of-solar-system> și <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/comparer-planetes-satellites-systeme-solaire.xml>):

1. Terra face parte din planetele telurice, iar dintr-acestea planeta noastră este cea mai mare.
2. Terra are un singur satelit natural, Luna. Ea are dimensiunea cea mai mare a sateliților naturali ai planetelor sistemului nostru solar. Există și păreri că nu este un obiect cosmic natural, ci unul artificial, populat de populații inteligente venite din afara sistemului nostru solar și care ne urmăresc evoluția, iar interiorul Lunii ar fi gol.

Dimensiunile sale fac ca influențele pe care ea le are asupra pământului să fie semnificative: atracția sa gravitațională duce la fluctuații ale diametrului planetei (ele există, chiar dacă sunt de mică amplitudine), provoacă mareele din oceanele pământului, pare luminată noaptea, deoarece reflectă luminozitatea soarelui pe Terra și suferă fluctuații determinate de umbra produsă de pământ asupra lunii și care duc anual la 13 cicluri de vizibilitate a lunii (lună plină → lună invizibilă), așa numitele cicluri lunare, ca și la modul în care luna influențează ciclurile de dezvoltare a multor viețuitoare de pe pământ. Oricum, Luna este mult mai tânără decât planeta Terra.

3. Terra se află la o distanță de soare care este cea mai adecvată pentru a primi energia emisă de soarele sistemului nostru solar: nici nu determină temperaturi foarte ridicate cum primesc Mercur și Venus, nici prea scăzute cum primește Marte. Ca urmare temperatura medie pe pământ suferă fluctuații determinate de mișcările de revoluție și cele de rotație ale planetei. Mișcarea de revoluție determină fluctuațiile sezoniere, iar cea de rotație pe cele circadiene. Planetele mai apropiate de soare au temperaturi medii și extreme mult mai ridicate, iar planeta Marte le are mai scăzute.

4. Fiind o planetă telurică, Terra are miezul din fier, nichel și silicați. În compoziția sa chimică există o varietate foarte mare de elemente chimice (118 elemente), prezente în cantități variabile; lor li se adaugă permanent cantități noi rezultate din fuziunile nucleare care au loc și acum în interiorul său. Comparativ cu celelalte planete, Terra este și acum o planetă activă din punct de vedere chimic. Pe Mercur și Venus nu mai au loc fuziuni nucleare, iar pe Marte, după cât se cunoaște, aceste procese se desfășoară foarte lent.

5. Terra primește energie termică din două surse, de la soarele sistemului nostru stelar și energie rezultată din fuziunile nucleare ale hidrogenului care au loc în interiorul planetei.

Soarele emite cantități imense de energie care se revarsă în spațiul sistemului nostru solar; planetele mai apropiate de soare primesc prea multă energie, care practic le pârjolește, iar cel de mai departe de pământ primesc tot mai puțină (Marte, următoarea planetă telurică primește mai puțină energie (ea este apropiată, sau ușor sub 0°C). Această energie este insuficientă pentru a permite persistența vieții la suprafața sa pe o durată de timp nedeterminată, ținând cont de faptul că viața este dependentă de apa lichidă. Pe pământ energia solară asigură o cantitate de energie a cărei valoare medie se ridică la circa +15°C (valorile extreme măsurate până acum sunt de -89,2°C și +56,7°C), cu fluctuații destul de reduse în cursul mișcărilor de revoluție ale planetei pe orbita sa circumsolară, care este destul de apropiată de una circulară, și care determină la rândul ei existența fluctuațiilor sezoniere în cursul rotației planetei pe parcursul unui an (terestru).

Energia produsă din fuziunile nucleare ce au loc în interiorul planetei permit ca sub mantaua terestră, magma să fie lichidă și să asigure la nivelele superioare ale litosferei, temperaturi cu puțin superioare valorilor de 15°C.

În acest mod, cele două surse de energie termică permit apariția, diversificarea și evoluția biosferei terestre.

6. Dacă pe celelalte planete s-a constatat existența unei mantale uniforme - solide sau lichide (formate din hidrogen sau heliu – ea este numai pe planetele gazoase externe centurii de asteroizi) - numai pe planeta Terra mantaua este formată din plăci solide de formă, mărimi și grosimi diferite. Aceste plăci au forme diferite, plutesc pe magma lichidă de sub ele, se apropie sau se depărtează permanent, se încălesc sau se ridică creând munții și avenurile oceanice. Deoarece, ca urmare a fuziunilor nucleare radioactive ce au loc în centrul pământului volumul planetei se micșorează lent, dar permanent, plăcile mantalei sunt în neîncetată mișcare. Ca urmare ele, fie se încălesc (și atunci se formează insule sau munți, determină erupții vulcanice, când evacuează lavă topită), fie se desfac (provocând procese noi de vulcanism). În toate cazurile la marginea acestor plăci apar permanent cutremure de amplitudini diferite (de aceea se vorbește de mișcări ale scoarței terestre).

Plăcile mantalei nu sunt egal de mari și de groase. Cele care formează suprafețele solide mai vechi (și care constituie așa numitul mediu terestru) sunt mai groase, pe când cele care sunt mai adâncite și unde pe ele se adună apele sub forma lor lichidă, sunt mai subțiri. În zona unde a avut loc, în prima perioadă de formare a planetei, o ciocnire cu un corp terestru mare (poate atunci s-a format luna din bucata smulsă la momentul impactului), placa de sub oceanul Pacific este cea mai subțire (fiind ultima formată). În jurul ei există în prezent așa numitul cerc de foc al Pacificului (o zonă cu numeroși vulcani activi) și unde au loc cele mai multe și mai dese cutremure.

7. Planeta Terra este singura care - în momentul de față – are la suprafața sa multă apă. Apa (H₂O) se întâlnește pe Terra sub toate cele trei stări ale ei: solidă, lichidă și gazoasă. Apa solidă se află predominant în zonele mai reci ale planetei sub formă de ghețari, zăpadă sau plutește în oceane sub formă de iceberghi.

Ponderea apei lichide este ridicată: suprafața oceanelor și mărilor ocupă în prezent aproape 70% din suprafața planetei. Din cosmos culoarea planetei noastre este albastră (de aceea i se mai spune planeta albastră). Pe Mercur și Venus apa lipsește, pe Marte ea este puțină și apare mai ales la polii planetei sub formă de gheață. Pe planetele externe, ea este prezentă în cantitate mică (spre exemplu pe Jupiter și pe unii dintre sateliții săi).

8. Planeta Terra conține în atmosfera sa cea mai mare cantitate de oxigen (în mod obișnuit are o pondere de 18%). Acest element este deosebit de reactiv (este oxidant), fapt ce face ca el să atace un mare număr de elemente, creând cu acestea o gamă largă de oxizi care intră în structura litosferei, pedosferei și a biosferei (ultima este ea însăși producătoare de oxigen liber, pe care îl răspândește în aer și apă). Despre producerea și rolul oxigenului în desfășurarea proceselor biologice să va discuta mai târziu.

9. Comparând compoziția atmosferelor lui Venus și Marte cu cea a Pământului, vedem că, spre deosebire de atmosfera compusă din azot și oxigen a Pământului, Venus și Marte au atmosfere compuse în principal din dioxid de carbon. Presiunea de lângă suprafața lui Venus este de peste 90 de ori mai mare, iar cea a lui Marte este de aproape 150 de ori mai mică decât cea de la suprafața Pământului.

Suntem obișnuiți cu norii tereștrii, formați din mici picături de apă sau cristale de gheață. Norii lui Venus conțin picături de acid sulfuric și eventual clorhidric. Stratul de nori atenuează foarte mult lumina soarelui, dar, după cum arată măsurătorile efectuate pe navele Venera-11 și Venera-12, iluminarea de lângă suprafața lui Venus este aproximativ aceeași cu cea de lângă suprafața Pământului într-o zi înnorată. Cercetările efectuate în 1982 de navele susmenționate au arătat că cerul lui Venus și peisajul său sunt portocalii. Aceasta se explică prin particularitatea împrăștierii luminii în atmosfera acestei planete. Pe planeta Marte nu sunt nori.

10. Terra este singura planetă din sistemul nostru solar pe care există viață. Pământul are proprietăți fizice și chimice unice care permit dezvoltarea compușilor de carbon care au permis apariția și dezvoltarea vieții. Aceasta constituie un înveliș bine organizat, denumit biosferă, cu un rol deosebit asupra planetei și totodată asupra funcționării actuale a planetei Terra. De ea ne vom ocupa mai pe larg în capitolele următoare. De când a apărut viața și până acum, microbii, plantele și animalele au transformat suprafața, apele și atmosfera planetei în cele mai variate moduri.

11. Deasupra litosferei planetei Terra, sub acțiunea biosferei s-a creat un înveliș propriu, pedosfera. Aceasta este un complex de material anorganic, provenit din litosferă, amestecat cu apă și substanțe organice moarte (necromasa), care, sub acțiunea unei game largi de organisme oxifile și anoxice, de consumatori de materii organice în descompunere, și prădători, au creat un strat organo-mineral de protecție a litosferei, specific planetei Terra, strat care este totodată suportul vieții pentru producătorii primari de material organic, plantele fotosintetizante.²⁾

1.7 Sistemul solar – perspective și pericole viitoare

Până acum am făcut o trecere în revistă a sistemului solar. Dar mai este un aspect care este de cele mai multe ori trecut subestimată, deși se știe demult despre existența sa: sistemul nostru solar deși pare liniștit și stabil, dacă este privit mai atent și din o perspectivă temporală obiectivă, se constată că asupra lui se manifestă o gamă largă de impacte interne și externe permanente, care există de la formarea lui și care se vor manifesta și în viitor. Ține de frecvența și intensitatea acestor schimbări, astfel încât să apară modificări notabile sau nu.

Dintre impactele interne menționăm pericolele determinate de mișcarea dezorganizată a meteoriților, care pot oricând cădea pe actualele planete, unde pot provoca cratere de impact (Figura 15), fisuri sau chiar fracturi grave ale planetelor. Planetele solide sunt numai cele din interiorul centurii de asteroizi; cele din afara centurii sunt foarte "moi", adesea lichide, formate din hidrogen, metan sau alte elemente aflate în stare gazoasă, lichidă sau solidă.

Toate planetele interne sunt constituite din roci solide, "coapte" mai mult sau mai puțin de radiațiile calorice care provin de la soare. Pe toate există urmele impactelor puternice determinate de loviturile meteoriților care au căzut pe ele (Figura 15). Ori, acestea dovedesc din plin marele pericol al formațiunilor dure (roci, meteoriți de diferite mărimi, sau alte tipuri de materiale solide) care circulă haotic în sistemul solar ca urmare a influențelor atracțiilor gravitaționale exercitate de diversele planete (sau de lunile lor), printre care circulă fără nicio regularitate, deci care sunt cvasiimposibil de prevăzut când vor avea loc.

Mercur este o singură rocă, tare de la miez până la suprafață, dar care nu are atmosferă, deoarece aceasta a fost demult atrasă de soare. Temperatura sa la suprafață este de peste +487°C, iar în partea opusă soarelui este de -183°C. Asemenea salturi fac ca planeta să fie pentru totdeauna în pericol de a se sparge, ca urmare a proceselor neconținute și permanente de dilatare și contracție, iar bucățile, ei să ajungă în soare. Ea este ca un fruct răscopt, fierbinte, care, în cazul unei posibile lovituri venite de la un asteroid mai mare, să se spargă în bucăți și să dispară brusc.

²⁾ În datele de mai sus nu ne-am referit la alte aspecte caracteristice factorilor de mediu, cum sunt radiațiile electromagnetice, centurile energetice de protecție a planetelor (centurile Van Allen), radiațiile cosmice sau acțiunea unor alte corpuri cosmice, planetele, meteoriții, cometele etc.

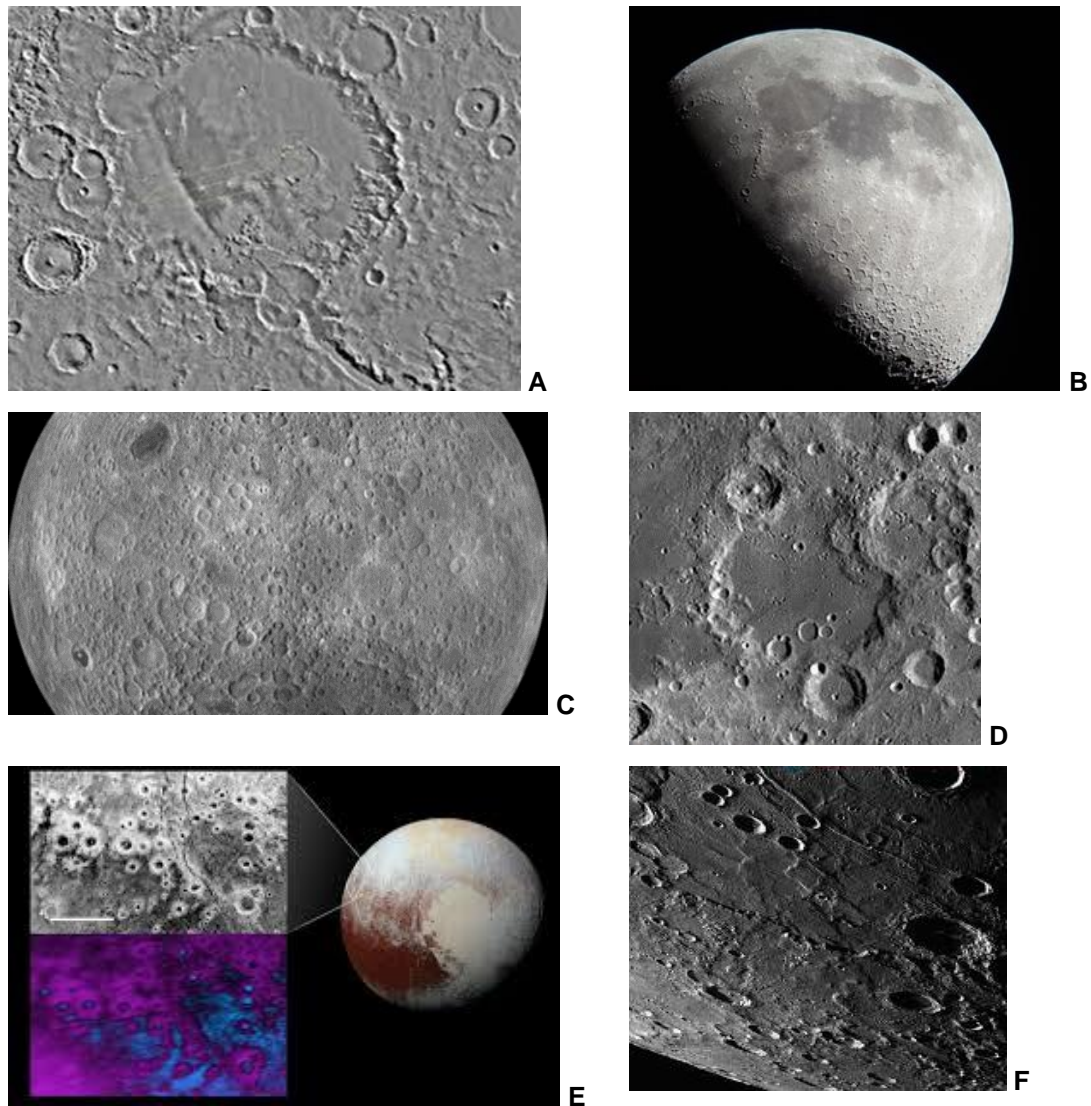


Figura 15. Cratere provocate de căderea de meteoriți. A- pe Marte; B, C, D, pe luna planetei Terra; E- pe Venus, F-pe Mercur (<https://www.britannica.com/science/solar-system>)

Venus are o atmosferă gazoasă care ascunde situația scoarței terestre venusiene pe sistemul efectului de seră existent în prezent, care cum s-a menționat mai înainte și care menține la suprafața planetei temperaturi de peste +460°C. Și aici sunt fluctuații mari între partea expusă radiațiilor solare și cea opusă. În plus și această planetă este "coaptă" de radiațiile solare și lovită grav de impactele multor meteoriți care au căzut pe ea.

Despre planeta Terra vom trata mai detaliat în capitolul următor.

Marte este cea mai bine studiată planetă interioară solidă. Dacă o analizăm cu atenție, observăm care va fi, mai devreme sau mai târziu soarta planetei noastre, Terra. Ea a avut apă, care a rămas la suprafață doar ca urme la poli. Mai este apă, dar în faza sa solidă, sub stratul de praf cosmic sau cea provenită din eroziunea litosferei. Marte are o atmosferă, dar mult redusă, care acum nu o mai protejează de impactele diversilor meteoriți care vin din imediata sa vecinătate (din centura de asteroizi). Deci acum este o planetă cvasimoartă ce poate indica un parcurs viitor și pentru planeta noastră.

Centura de asteroizi. Încă sunt discuții și nu este sigur dacă ea a rămas așa de la apariția sistemului de planete ale soarelui nostru, sau dacă nu cumva aici a fost o planetă care, din motive necunoscute s-a spart în mii de bucăți, care apoi s-au spart în continuare prin loviri repetate unele fragmente de altele. Oricum, această centură este principala sursă de meteoriți care ajung pe planetele interioare (Figurile 7 și 16). Străbaterea acestei centuri cu sateliții creați pe Terra va ridica mari probleme omenirii în viitor. Ori, a ocoli această centură, încă este de domeniul visurilor omenirii, căci nu dispunem de

sisteme sigure de ocolire la distanțe suficient de mari, pentru a trece spre planetele externe înghețate fără a ne lovi de corpurile solide din centura de asteroizi.

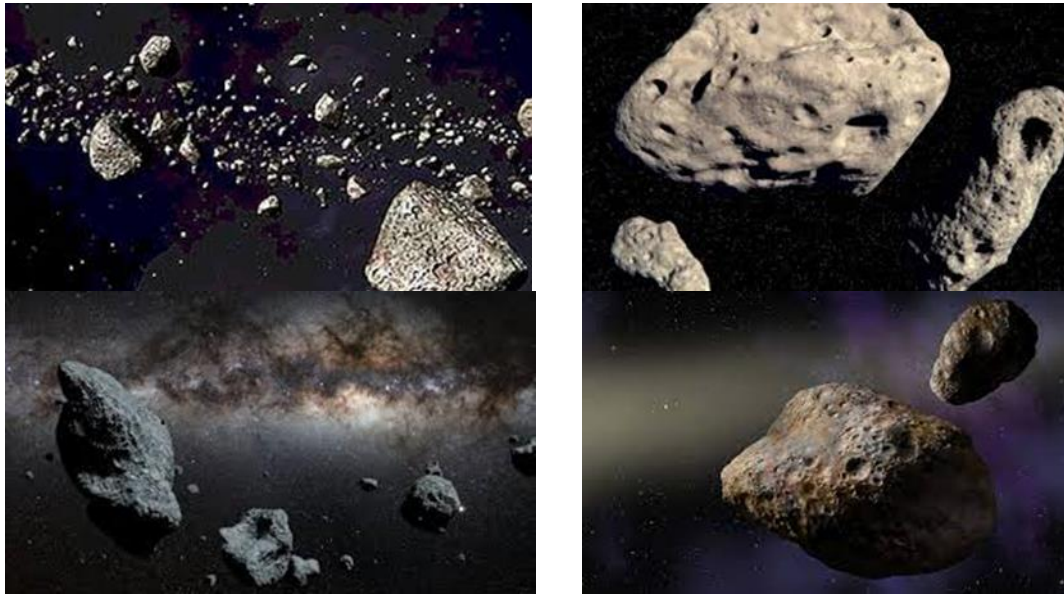


Figura 16. Diverse imagini cu asteroizi fotografiați în sistemul nostru solar
(<https://www.britannica.com/science/solar-system>)

O altă perspectivă poate fi dată de mișcarea planetelor din sistemul planetar exterior care, având numeroși sateliți, aceștia pot fi atrași de planeta mamă, cad pe suprafața lor și se prăbușesc, fiind permanent atrași, deci dispar. Viteza de mișcare a gazelor din atmosfera acestor planete este foarte rapidă; pe ele se înregistrează cele mai mari și mai puternice furtuni, cu viteze de peste 300 Km/secundă, deci orice impact provenit din exterior asupra suprafeței acestor planete va avea efecte catastrofale. Importantă este gravitația lor: ele sunt mari, au o forță gravitațională imensă, deci vor atrage permanent corpuri solide mai mici, pe care, practic, le vor înghiți. La ele pericolele cele mai mari vin de la cometele sau asteroizii care vin din afara sistemului solar (care sunt atrase de soare din hăul interstelar), deci de viitoarele lovituri posibile pe care le va putea primi sistemul nostru solar dacă se va încrucișa (sau intersecta) cu alte sisteme solare. Aceste planete sunt cele care au suferit și vor suferi cel mai mult de lipsa energiei radiațiilor solare, deci de frigul zis veșnic. Deși ele sunt planete mari, este posibil ca ele să își mențină încă multă vreme activitatea radioactivă interioară. Din păcate, distanța până la ele ne împiedică de a avea acum mai multe informații despre aceste planete. Oricum, toate fenomenele fizice cunoscute ca având loc pe ele sunt de mult mai mare amploare comparativ cu ce se întâmplă pe planetele interioare.

Despre impactele externe, există foarte puține informații. Ele se referă la cometele care ajung periodic în sistemul nostru solar, despre impactele mari constatate de lovirea unora dintre planetele externe de corpuri solide mari (care pot fi de dimensiunea unor planete medii sau mici) atrase gravitațional din spațiul intergalactic de sistemul nostru solar asupra corpurilor care circulă haotic prin cosmos.

Cele mai grave impacte vor veni odată cu procesul de revoluție al sistemului nostru solar în cadrul mișcării lui la nivel galactic, când ne vom intersecta cu alte sisteme solare, sau cu o altă galaxie, așa cum prevăd unii astronomi. Dar, deoarece asemenea situații sunt greu de conceput, dar care vor avea loc cu siguranță peste mai multe milioane de ani, avem prea puține cunoștințe, iar în spațiul public nu există preocupările legate de ele.

2 ÎNVELIȘURILE NEVII ALE PLANETEI TERRA

2.1 Geosferă versus Toposferă

Am avut dificultăți în a decide dacă pentru sferile nevier ale planetei Terra putem folosi termenul de Geosferă, sau pe cel de Toposferă. Chiar și în literatura geografică de specialitate părerile sunt împărțite: unii folosesc fie un termen, fie celălalt. Din acest motiv, vom prezenta diferite definiții și caracterizări ale celor doi termeni, iar la sfârșit, vom decide.

În România Geosfera reprezintă un nume colectiv pentru litosferă, hidrosferă și atmosferă, deoarece ele fac permanent schimburi de materie și energie. În textele moderne și în științele pământului, termenul de geosferă se referă la părțile solide ale planetei; el este folosit împreună cu atmosfera, hidrosfera și biosfera pentru a descrie sistemele Pământului, deși interacțiunea acestor sisteme și cu magnetosfera este uneori folosită. În acest context, uneori termenul de litosferă este folosit în loc de geosferă. Litosfera, totuși, se referă doar la straturile superioare solide ale Pământului (roci de crustă oceanică și continentală și mantaua superioară).

În Anglia Geosfera este o parte structurală care, împreună cu biosfera formează ceea ce noi numim acum Pământul. Numele face referire la cele patru pături constitutive ale globului terestru, anume: litosfera, hidrosfera, criosfera, atmosfera dar și biosfera. Toate componentele geosferei pot schimba între ele diferite schimburi de materie și/sau energie. Schimburile dintre aceste sfere afectează echilibrul general al planetei.

Un exemplu este modul în care solul acționează ca o parte a biosferei. În acest context, uneori termenul de litosferă este folosit în loc de geosferă sau de teren solid. Totuși, litosfera se referă numai la straturile superioare ale pământului solid (roci oceanice și continentale, cruste și partea superioară a mantalei terestre) (<https://ro.wikipedia.org/wiki/Geosfer%C4%83> - cite_note-3).

În Franța termenul de geosferă este sinonimizat cu cel de "planeta Terra" sau cu cel de "glob terestru", deși el are mai multe definiții care sunt parțial contradictorii. Spre exemplu, "geosfera poate însemna în științele pământului litosfera, hidrosfera, criosfera și atmosfera". Alt sens este însă "geosfera este numai partea solidă a planetei, care diferă de atmosferă, hidrosferă sau biosferă". Termenul de geosferă este dat tuturor părților planetei de la suprafață până în interiorul ei. În acest caz atmosfera, care este în afara planetei, nu face parte din geosferă. Geosfera se subîmparte în următoarele straturi: crustă, manta și nucleu.

Pentru Toposferă am găsit în România următoarea definiție, care ni se pare de la început ca cea mai clară: "*Toposfera cuprinde întreaga hidrosferă, stratul superior al litosferei și stratul inferior al atmosferei*" (Florea et al., 2014).

Ținând seama de faptul că noi prezentăm în mod clar învelișurile vii și pe cele nevier care se află la suprafața planetei Terra, că intenționăm să evidențiem caracteristicile ecosferei acestei planete, considerăm că putem face mult mai bine distincția dintre componentele sale folosind termenul de Toposferă.

2.2 Litosfera

Prin Litosferă se înțelege partea solidă de la exteriorul unei planete. Majoritatea geologilor înțeleg prin litosferă nu numai scoarța terestră, ci și partea superioară a mantalei (mantaua superioară, sau litosfera inferioară) (Țicleanu et al., 2008; Planeta Terra, 2003). Poziția și rolul ei sunt acela de interfață între părțile interne ale planetei (nucleu și manta) și cele externe (atmosfera și hidrosfera). Din această cauză aspectul și caracteristicile sale se modifică permanent (Smith, 1981).

2.2.1 Litosfera văzută din punct de vedere geologic și geografic

Suprafața planetei este constituită din *plăci tectonice* mari, care suferă permanent un proces de eroziune efectuat de apele provenite din precipitații, din dizolvarea de către apele de suprafață a unei game largi de compuși chimici aflați în stare solidă, de erodarea de către vânturi a rocilor, din acțiunea ghețarilor asupra stratului superficial al litosferei, de procesele permanente de eroziune a apelor marine de-a lungul litoralului lor cu continentele și din distrugerea permanentă a coridoanelor de carbonat de calciu realizate continuu de către corali (deci erodarea recifilor coralieri). În trecut la factorii susmenționați mai contribuiau și impactele diferiților meteoriți care veneau din cosmos și cădeau pe pământ sub influența atracției gravitaționale a planetei (în prezent această "ploaie" de meteoriți s-a redus semnificativ). Toți acești factori modifică permanent peisajul planetar (Turcotte, 2002; Chernicoff et al., 1990). În figura 17 se poate observa topografia actuală (desfășurată) a planetei noastre.

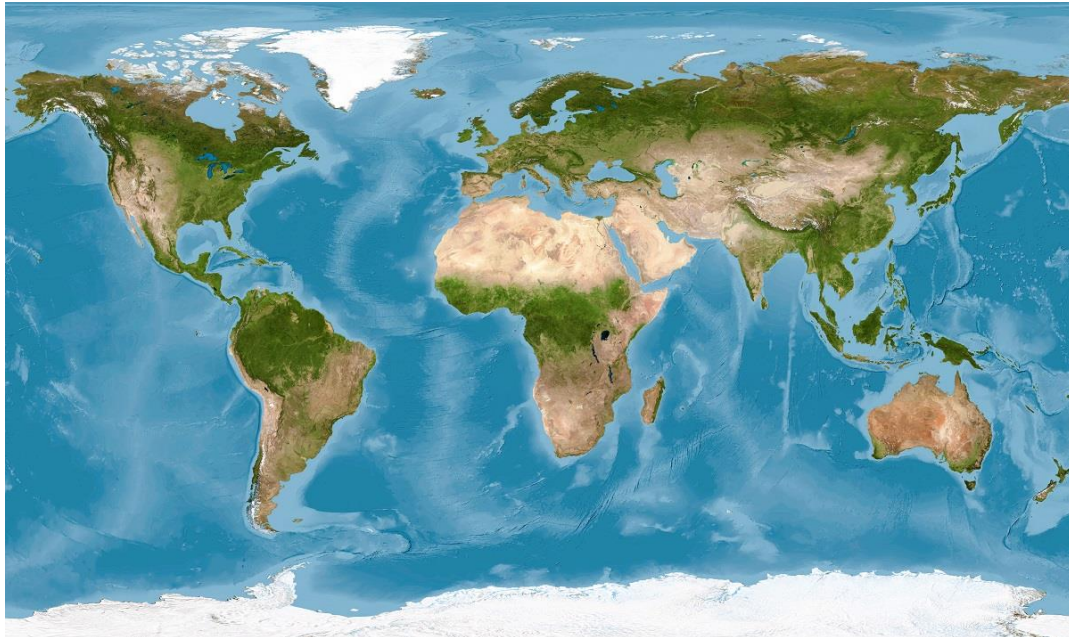


Figura 17. Aspectul altimetric și batimetric al litosferei (https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&sca_esv=583396942&q=harta+litosferei&tbm=isch&source=univ&fir)

Litosfera plutește pe stratul inferior al pământului numit astenosferă. Aceasta se află în sub litosferă și este vâscoasă. Din cauza mișcărilor de convecție din interiorul astenosferei, litosfera este fragmentată în mai multe părți solide, care se mișcă independent una față de cealaltă (sunt așa numitele mișcări tectonice). Plăcile tectonice sunt rigide și se deplasează unele în raport cu altele. Când ele se întâlnesc, are loc un proces de convergență, când se separă are loc un proces de divergență, iar când ele se freacă una de alta are loc un proces de transcurență. Cutremurele, activitatea vulcanică, formarea munților și crearea creștelor sau a foselor oceanice au loc cel mai frecvent la marginea acestor plăci sau în fisurile acestora și depind în special de mișcările de convecție care au loc în mantaua terestră (Figura 18) (Țicleanu *et al.*, 2008; Chernicoff *et al.*, 1990; Renard *et al.*, 2015).

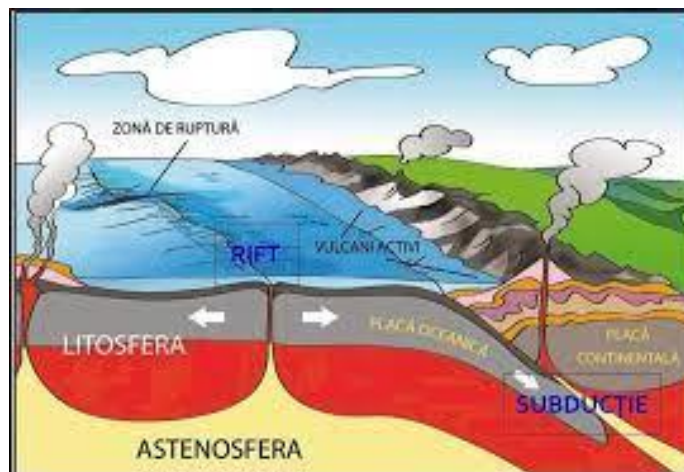


Figura 18. Structura litosferei la confluența a doua plăci tectonice (una oceanică, alta continentală) (<https://www.meteorologiaenred.com/ro/litosfera.htm>)

Pe Terra există în prezent șapte plăci mai mari (Figura 19): Pacifică, Nord-Americană, Eurasiatică, Africană, Antarctică, Australiană și Sud-Americană. Mai sunt și altele mai mici (Figura 20). Plăcile oceanice se mișcă cu viteze diferite. Spre exemplu placa Pacifică se mișcă cu 52-69 mm/an, iar placa Eurasiatică cu 21 mm/an. În mișcarea lor unele pot să coboare sub cele vecine, pe când în zonele unde se ating și se presează unele de altele, ele se ridică formând munții tineri de azi, sau creează crește în mijlocul oceanelor.

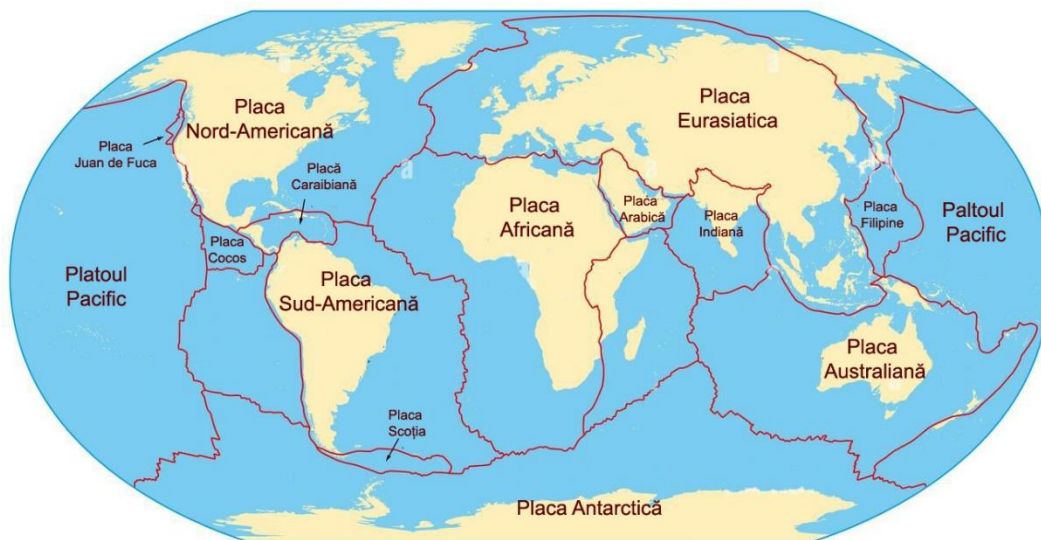


Figura 19. Principalele plăci ale litosferei terestre

(<https://www.alamy.it/principali-placche-tettoniche-della-terra-mappa-grigia-i-sedici-pezzi-principali-di-crosta-e-mantello-piu-alto-della-terra-chiamati-litosfera>, modificat)

Între crustă și mantaua superioară se află o discontinuitate numită discontinuitatea Mohorovici (sau Moho). Ea se află la limita inferioară a crustei, distanța de la ea la suprafața pământului variind între 5 și 75 km. La nivelul ei are loc o creștere bruscă a vitezei undelor seismice, deoarece în această zonă crește brusc densitatea rocilor și are loc și o schimbare a compoziției lor. În mantaua litosferei sunt roci ultramorfice, în crusta oceanică sunt roci bazaltice, în crusta continentală inferioară sunt roci de tip granulitic, iar în crusta continentală sunt roci de natură granitoidică. Sub această limită se întâlnesc rocile ultramorfice dense ale mantalei superioare, săracite în silice și îmbogățite în magneziu (peridotite, dunite etc). Discontinuitatea Moho determină grosimea scoarței terestre propriu zise.

Partea superioară a mantalei este formată din materiale solide, consistente. Mantaua diferă substanțial față de crustă prin compoziție chimică, proprietăți mecanice, tipuri de roci și caracteristici seismice. Crusta este în principal un produs al topirii rocilor din manta. Din cauza topirii, unele elemente chimice incompatibile se separă, materialele mai puțin dense ridicându-se spre suprafață. Scoarța terestră are în componență o multitudine de minerale. Metalele și metaloizii reprezintă cea mai mare parte a scoarței terestre: 24% din scoarță este constituită din doar 6 metale: fier, aluminiu, sodiu, calciu, potasiu și magneziu. Partea cea mai mare din scoarță este formată din silicați și oxizi (circa 74%) ; restul de 2% sunt constituiți din alte 84 de elemente chimice. Toți factorii care contribuie la formarea reliefului pot fi împărțiți în două grupuri: interni (endogeni) și externi (exogeni) (Terra, 2006).

Factorii endogeni își iau energia din adâncurile pământului, și anume din dezintegrare rotațională, dezintegrare radioactivă și din energia acumulatorilor geochimici. Energia de rotație a planetei apare atunci când rotația Pământului în jurul axei sale încetinește din cauza influenței frecării (fracții de secunde pe mileniu). Energia acumulatorilor geochimici este dată de energia soarelui acumulată de-a lungul multor milenii, în roci. Ea este eliberată atunci când rocile se scufundă sub straturile interioare.

Factorii exogeni se află în afara pământului. Energia lor vine direct de la soare. Pentru manifestarea acțiunii forțelor exogene trebuie să fie implicate nereguli apărute la suprafața pământului, prin crearea unei diferențe de potențial și posibilitatea de a interveni acțiunea gravitației. Cea de-a doua forță exogenă importantă este cea a lunii terestre.

Energia razelor de soare și gravitația (deci forțele exogene), pe de o parte distrug formele create de forțele endogene, iar pe de altă parte, creează forme noi. În acest proces, are loc:

- distrugerea rocilor (intemperii nu creează forme de relief, ci doar pregătește materialul);
- îndepărtarea materialului distrus. Acest proces constă în transformarea acestuia în jos pe pantă (denudare);
- redpunerea (acumularea) materialului demolat.

Temperatura crustei variază. Litosfera este în contact permanent cu atmosfera, ea preia parțial temperatura acesteia și crește treptat spre centrul pământului până la proximativ +900°C (la contactul cu mantaua superioară).

Forțele interne creează structura (baza) reliefului, iar forțele exterioare acționează ca un sculptor, creând denivelări. Prin urmare, forțele endogene sunt uneori numite primare, iar cele externe – secundare. Asta nu înseamnă că forțele externe sunt mai slabe decât cele interne. De-a lungul istoriei geologice, rezultatele manifestării acestor forțe sunt comparabile.

Relieful planetei este foarte diferit 70,8% din suprafața globului este acoperită de apă. Oceanele planetei, la contactul lor cu continentele, posedă un platou continental, după care partea submersă a litosferei se adâncește brusc, formând pe fundul oceanului un relief destul de variat: există câteva dorsale oceanice care fac ocolul planetei, vulcani submarini, fose oceanice, canioane submarine, platouri și câmpii abisale. Restul de 29,2 % din partea superioară a litosferei se află deasupra apelor oceanice; ea este reprezentată de munți, dealuri, platouri, câmpii, deșerturi și diferite alte forme geomorfologice (Terra, 2006; Cesare, 1992).

Altitudinea suprafeței terestre (situată deasupra nivelului actual al oceanelor) variază de la -418 m (la nivelul Mării Moarte), până la 8849 m (vârful Muntelui Everest). Altitudinea medie a continentelor este de 840 m. În mediul terestru munții, câmpiile și zonele înalte diferă ca înălțime, din punct de vedere al naturii apariției rocilor, a timpului și metodelor de formare.

În oceane se disting următoarele elemente structurale:

- creste în mijlocul oceanelor
- centuri mobile cu rupturi axiale denumite grabene
- platforme oceanice - zone calme ale bazinelor abisale, ici-colo cu unele proeminente (viitoarele insule).

Pe continente, principalele elemente structurale sunt:

- structuri montane (orogene); acestea, asemănător creștelor oceanice, pot prezenta activitate tectonică. Structurile montane sunt separate și mărginite de zone joase - jgheaburi și depresiuni intermontane, care sunt umplute cu produse de distrugere a creștelor. Nu toate structurile montane au fost implicate în construirea repetată a munților. Majoritatea, după nivelare, s-au scufundat încet, au fost inundate de mare, iar sedimentele marine s-au extins peste siturile lanțurilor muntoase.
- platforme; sunt teritorii vaste calme din punct de vedere tectonic, acoperite cu straturi groase de roci sedimentare. Platformele orogene vechi sunt denudate, neafectate de mișcările ulterioare (tinere) de orogeneză. Spre deosebire de regiunile calme ale platformei, există și regiuni geosinclinale active din punct de vedere tectonic.

În funcție de rocile componente, litosfera este alcătuită din minerale și roci care pot fi grupate în stratul bazaltic -care se sprijină pe manta -, stratul granitic (care este la mijloc) și stratul sedimentar (aflat deasupra, la interfața cu hidrosfera și atmosfera). Ea are o grosime redusă (de 5-10 km sub oceane - de aceea poartă și denumirea de *scoarță oceanică*) și este mai mare (de 20-80 km sub continente – unde poartă numele de *scoarță continentală*). Spre deosebire de scoarța continentală, scoarței oceanice îi lipsește stratul granitic. Cea mai mare parte a scoarței terestre este acoperită de hidrosferă, iar cea mai mică este sub influența atmosferei (Skinner *et al.*, 1987, Planeta Terra, 2006, Pomerol *et al.*, 2000).

Scoarța terestră se compune în zona continentală din trei pătri (Chernicoff *et al.*, 1990):

- *pătura sedimentară*, cu grosimi de până la 15 Km. în regiunea munților tineri, dar este mai subțire sub oceane
- *pătura granitică*, alcătuită din granituri, granodiorite, gnaisuri, are grosimi de până la 15 Km sub continente și ajunge până la 60 Km în regiunea munților tineri, iar sub oceane este discontinuă sau chiar lipsește
- *pătura bazaltică*, care are grosimi în jur de 17 Km sub uscat, ajungând la 5 Km sub oceane.

Scoarța terestră de sub oceane se compune tot din trei pătri, dar:

- *pătura superioară* este mai subțire și nu are un strat de granit metamorfic. Ea este la suprafață constituită din un strat subțire de sedimente neconsolidate;

- sub această pătură se află a doua pătură, un strat de bazalt, dar care la partea sa superioară pernele de bazalt alternează cu straturi subțiri de roci sedimentare. Deasupra sa este un strat subțire de sedimente neconsolidate. Sub cel de-al doilea strat se află un strat de bazalt, acoperit cu perne de lavă de bazalt care alternează cu straturi subțiri de roci sedimentare. În partea inferioară se află un complex de diguri bazaltice paralele;
- Al treilea strat este format din roci cristaline magmatice de compoziție predominant bazică. Grosimea scoarței oceanice este de 6-10 km.

Cea mai mare parte a scoarței terestre este compusă din roci magmatice și metamorfice, aflorimentele lor la suprafața scoarței fiind reduse. Dintre rocile magmatice, cele mai frecvente sunt rocile intruzive - granite și efuzive - bazalt, iar cele ale rocilor metamorfice - gneisuri, șisturi și cuarzite. La suprafața pământului, datorită diversilor factori externi, se acumulează diferite sedimente care apoi, în decurs de câteva milioane de ani, ca urmare a procesului de diagenază (compactare și modificări fizico-chimice), se transformă în roci sedimentare (argiloase, clastice sau chimice). Roca este un agregat natural din structura scoarței terestre (Țicleanu *et al.*, 2008; Skinner *et al.*, 1987). După origine, rocile sunt împărțite în patru grupe: *eruptive*, *sedimentare*, *metamorfice* (roci formate în grosimea scoarței terestre ca urmare a modificărilor rocilor sedimentare și magmatice care au suferit modificări ale condițiilor lor fizico-chimice) și *reziduale*.

În funcție de geneza lor, se deosebesc:

1. Roci eruptive (magmatice sau vulcanice). Ele s-au format prin mișcarea, consolidarea și solidificarea magmelor sau a produselor vulcanice bogate în minerale, și se împart în:
 - roci intruzive (plutonite), formate prin consolidarea maselor topite de silicați în interiorul scoarței (granit, granodiorit, diorit, sienit, gabro);
 - roci efuzive (vulcanite), formate prin consolidarea maselor topite de silicați pe suprafața scoarței (riolit, dacit, andezit, trahit, bazalt).
2. Roci sedimentare. Ele sunt rocile care s-au format prin erodarea sau roaderea substanțelor minerale și depozitarea acestora în lacuri sau mări prin intermediul vântului, apelor, vietăților sau prin evaporare. Se cunosc:
 - roci clastice (*detritice*), formate prin depunerea materialelor rezultate în procesul de dezagregare și de alterare a rocilor de pe suprafața scoarței și transportate de către vânt, ape și ghețari. La rândul lor rocile clastice pot fi împărțite în:
 - ✓ roci neconsolidate (*nisip*, pietriș, grohotiș, praf, măr, cenușă vulcanică, etc)
 - ✓ roci consolidate (*gresie*, conglomerate, breccii, loess, argilă, tuf vulcanic);
 - roci de precipitare, formate prin precipitare chimică în ape marine, lacustre sau de izvoare, (calcar, dolomit, sare, gips etc). Ele pot fi:
 - ✓ roci biogene (organogene), formate prin transformarea resturilor de plante și animale în lipsa oxigenului. Acestea se pot clasifica, la rândul lor în: acaustobiolite (care nu ard) și caustobiolite (care ard): petrol, gaze naturale, ozocherita, asfaltul, șisturi bituminoase, cărbuni, chihlimbar;
 - ✓ roci carbonatice. Calcarul reprezintă 10% din totalul rocilor sedimentare. Majoritatea calcarului se formează în medii marine din rămășițele fosilizate ale organismelor marine care cad pe fundul oceanelor și care, cu timpul, se compactează în straturi sedimentare. Există două tipuri de calcar în care originile sale biologice sunt foarte evidente: coquin (o rocă cu granulație mare, compusă din fragmente de cochilii prost cimentate) și creta (o rocă poroasă, moale, formată doar din cochilii și schelete calcaroase ale unor diverse creaturi marine).
3. Roci metamorfice. Acestea sunt rocile formate prin schimbarea proprietăților chimice și fizice ale rocilor sedimentare și eruptive de-a lungul timpului. Rocile metamorfice pot fi:
 - roci de contact (*epimetamorfice*), formate prin transformarea rocilor existente în condiții de temperatură ridicată (șisturi sericitoase, șisturi cloritoase etc) și
 - roci cataclastice (*mezometamorfice*), formate prin transformarea rocilor existente în condițiile unor dislocații intense ale scoarței terestre (gnaise, amfibolite, cuarțite etc).
4. Rocile reziduale s-au format prin dezagregarea și dizolvarea celorlalte tipuri de roci. Fragmentele insolubile formează alte roci. Exemple: tera-rossa, bauxita.

Rocile magmatice și metamorfice alcătuiesc aproximativ 90% din volumul scoarței terestre (totuși, pe suprafața actuală a continentelor, ariile lor de distribuție sunt relativ mici). Restul de 10% sunt roci sedimentare (care ocupă 75% din suprafața pământului). Factorii de formare a reliefului sunt împărțiți în două grupuri: interni (endogeni) și externi (exogeni). Dintre factorii endogeni cei mai importanți sunt dezintegrarea rotațională, radioactivă și energia acumulatorilor geochimici. Energia factorilor externi

(exogeni) este generată de energia care vine direct de la Soare, care este la rândul ei influențată de fluctuația suprafeței pământului (Cesare, 1992).

2.2.2 Compoziția chimică a litosferei

Compoziția chimică a Pământului constă în principal din săruri de fier (32,1%), oxigen (30,1%), siliciu (15,1%), magneziu (13,9%), sulf (2,9%), nichel (1,8%), calciu (1,5%) și aluminiu (1,4%). Celelalte elemente reprezintă doar 1,2% (Tabelul 3). Cele mai comune minerale care constituie roca din scoarța terestră constau aproape în întregime din oxizi; conținutul total de clor, sulf și fluor din roci este de obicei mai mic de 1%. Principalii oxizi sunt silice (SiO_2), alumină (Al_2O_3), oxid de fier (FeO), oxid de calciu (CaO), oxid de magneziu (MgO), oxid de potasiu (K_2O) și oxid de sodiu (Na_2O). Siliciul servește în principal ca mediu acid și formează silicați; natura tuturor rocilor vulcanice majore este asociată cu acesta.

Tabelul 3. Compoziția chimică a litosferei (Chernicoff *et al.*, 1990)

Componente	Formula	Procentajul	
		Continental	Oceanic
Siliciu	SiO_2	60,2 %	48,6 %
Oxid de aluminiu	Al_2O_3	15,2 %	16,5 %
Oxid de calciu	CaO	5,5 %	12,3 %
Oxid de magneziu	MgO	3,1 %	6,8 %
Oxid de fier (bivalent)	FeO	3,8 %	6,2 %
Oxid de sodiu	Na_2O	3,0 %	2,6 %
Oxid de potasiu	K_2O	2,8 %	0,4 %
Oxid de fier (trivalent)	Fe_2O_3	2,5 %	2,3 %
Apă	H_2O	1,4 %	1,1 %
Dioxid de carbon	CO_2	1,2 %	1,4 %
Dioxid de titan	TiO_2	0,7 %	1,4 %
Pentaoxid de fosfor	P_2O_5	0,2 %	0,3 %
Total		99,6 %	99,9 %

2.2.3 Relieful litosferei

Complexul reliefului petrografic este constituit din totalitatea formelor de relief a căror geneză, evoluție și aspect exterior sunt condiționate predominant de natura rocilor pe care acestea se dezvoltă. Influența rocilor asupra reliefului se evidențiază prin proprietățile lor fizice și chimice (duritate, permeabilitate, solubilitate), în raport cu eroziunea (Turcotte *et al.*, 2014).

Se disting următoarele forme de relief (Terra, 2006; Smith, 1981):

Relieful granitic.

Acesta apare pe granite dar și pe alte roci care se comportă asemănător față de agenții modelatori, cum sunt: granulele, dioritele, sienitele și unele șisturi cristaline. Granitul este o rocă specifică. Fiind o rocă eruptivă de adâncime, holocristalină, granitul este dur (dacă nu prezintă fisuri) și este compact. Datorită rigidității sale, masa granitului se fisurează în timpul mișcărilor tectonice, când este supusă la presiuni mari. Deși este impermeabil ca rocă, din cauza rețelei de fisuri, capătă un anumit grad de permeabilitate. Din cauza eterogenității mineralogice (cuarț, feldspat și mică), granitul este supus mai ușor dezagregării și alterării. Când este supus unor amplitudini termice importante (răcirii și încălziri bruște și repetate), el se dezagregă. Granitul rezistă foarte mult la acțiunea de eroziune exercitată de apele curgătoare. Alături de acțiunea climei, o importanță deosebită o prezintă în evoluția morfologiei granitice, altitudinea reliefului. Relieful granitic tipic, se dezvoltă în special în regiunile cu altitudini joase, unde întâlnim predominant forme mamelonare, din care răsar (mai ales în regiunile cu climă tropicală) accidente de teren reprezentate prin blocuri, îngrămădiri haotice de bolovani, căpățâni de zahăr. La altitudini mari se detașează unele aspecte distincte, constituind relieful granitic de munți înalți. Acesta se înscrie prin forme piramidale, creste zimțate, coloane uriașe, blocuri ascuțite.

Relieful dezvoltat pe gresii și conglomerate.

Ambele roci au masa alcătuită din elemente sau particule granitice cimentate. Gresii sunt formate din granule de nisip, care prezintă o compoziție granulometrică relativ omogenă; se distribuie în straturi cu grosimi și durități variabile. Conglomeratele formează un ansamblu cimentat alcătuit din particule de dimensiuni diferite, în special din pietrișuri sau galeți, iar alteori din blocuri. În funcție de natura

cimentului există gresii calcaroase, silicioase, argiloase, glauconitice. Tipul de ciment poate imprima gresiei un grad mai mare sau mai mic de impermeabilitate. De exemplu, gradul cel mai ridicat de impermeabilitate îl prezintă gresia silicioasă, materialul constituent determinându-i masivitatea. Când gresiile sunt dure și au crăpături, apar forme cu aspect semeț și posedă un grad de fragmentare accentuat și pante mari. Pe gresiile argiloase, formele de relief apar mai șterse, versanții prezentând pante mai mici. Datorită permeabilității gresiilor, rețeaua de văi este în general rară (cu excepția zonelor cu gresii dure). Văile prezintă rupturi de pantă și umeri. Unde se interpun în alternanță bancuri mai dure, se pot forma polițe sau trepte locale. Gresiile silicioase, determină văi cu aspect de chei. Dacă gresia este dură, dar permeabilă, pe ea se dezvoltă un relief masiv ce se apropie ca înfățișare de cel granitic, evoluând pe calea dezagregării fizice. La baza versanților are loc o acumulare de depozite nisipo-argiloase, alcătuiind o trenă sau un tăpșan. În alte condiții se depun grohotișuri. Conglomeratele alcătuite din elemente cristaline, sunt puternic cimentate, fiind rezistente la eroziune; ele creează un relief impunător, cu versanți abrupti, profiluri ascuțite. În condițiile climatului umed are loc o dezagregare intensă a acestei roci. Conglomeratele cu ciment calcaros sau elemente calcaroase pot forma un pseudocarst reprezentat prin lapiezuri, doline, chei. Dacă conglomeratele sunt puțin argiloase, datorită șiroirii, apar badlands-uri.

Relieful argilos.

Argilele rezultă prin cimentarea sau consolidarea unui material cu granulație foarte fină (de sub 2 μ). Există mai multe feluri de argile, în funcție de constituția lor mineralogică. Cele mai sărace în silice formează caolinitul, iar cele mai bogate în silice poartă denumirea de montmorillonite.

Argila în stare uscată este foarte avidă de apă. Când este saturată, devine impermeabilă, iar prin gonflare își mărește volumul, devine plastică și alunecă pe pantă. Deci, înmagazinarea unei cantități de apă sau pierderea ei prin evaporare determină importante variații de volum. La un grad foarte ridicat de îmbibare cu apă, argila capătă un caracter semifluid. La uscare accentuată, argila poate ajunge până la stricarea coeziunii particulelor componente, fiind ușor pulverizată de vânt. Condițiile climatice își imprimă în mod diferențiat amprenta. În climatele temperate sunt prezente ravenele, ogașele, torenții și multe tipuri de alunecări. În climatul subpolar, modelarea argilelor se face predominant prin procesul de solifluxiune. Rețeaua hidrografică formată pe un relief argilos prezintă văi largi, marcate frecvent de mlaștini care uneori întrerup firul apei. Versanții au pante mai mici și foarte mici, interfluviile având aspect rotunjit și plat. Scurgerea apei provenită din precipitațiile atmosferice se face repede, datorită comportării argilelor ca roci impermeabile, atunci când ele ajung la saturație. Pe aceste forme de relief se dezvoltă intens eroziunea lineară, în primul rând acolo unde lipsește pătura vegetală. În argile pot apărea ravene și ogașe, care evoluează repede către văi torențiale. În zonele cu climat subdeșertic și mediteranean, dezvoltarea ravenelor este foarte intensă; ele se ramifică puternic, formând excavații în labirint, foarte dese și destul de adânci (de la câțiva metri, uneori până la câțiva zeci de metri și separate între ele prin creste înguste).

Relieful nisipos.

Nisipul este o rocă detritică, necimentată, având ca proprietate specifică o mare mobilitate și permeabilitate. Nisipurile predominant cuarțifere au o mare mobilitate, pe când cele care conțin minerale diverse, pot forma un fel de liant (acestea formează nisipurile micacee sau feldspatice). În ultimul caz, ele pot fi modelate de șiroire sau de alunecări superficiale. Dacă nisipul nu conține liant el poate fi spulberat de vânt. Apele din precipitațiile atmosferice se infiltrează repede în masa nisipurilor, pătrunzând până la stratele de roci impermeabile. Modelarea reliefului se face într-o măsură mică în un relief nisipos și doar sub acțiunea apelor curgătoare. Aspectele cele mai variate și tipice ale reliefului nisipos se întâlnesc în regiunile cu climat arid și semiarid, și în special în regiunile deșertice, care oferă cele mai favorabile condiții pentru dezvoltarea acestei morfologii. O altă categorie de regiuni cu relief nisipos o constituie zonele de țărmuri marine și lacustre, în lungul cărora se dezvoltă o plajă. Mai există în câmpiile acumulative, pe văile largi ale marilor râuri și în unele zone unde nisipurile au fost scoase la zi de eroziunea apelor curgătoare.

Relieful format pe loess.

Loessul constituie o rocă detritică, alcătuită din particule foarte fine (cu dimensiuni de ordinul zecimilor și sutimilor de milimetru), care în stare uscată iau aspectul unor roci prăfoase, ușor cimentate, cu structură afânată. Datorită culorii sale brun-roscată-gălbuie, loessul este numit și pământ galben. El poate fi de origini diferite:

- eoliană (prin acțiunea vântului, care transportă praful fin până la distanțe mari),

- diluvială (sub acțiunea apelor curgătoare, care au rol important în transportarea și acumularea lui)
- pedologică sau eluvială (datorită prefacerilor pe care le suferă o scoarță de alterare de tip eluvial, de pe cumpenele de ape și versanții cu înclinări mici)
- fluvio-glaciară (din acumulările fluvio-glaciare de la periferia calotelor de gheață, unde au acționat intens apele provenite din topirea ghețarilor).

Relieful dezvoltat pe loess prezintă forme destul de variate, dar de dimensiuni reduse și sunt puțin rezistente în timp. Apele curgătoare se adâncesc repede, săpând văi strâmte și adânci de tipul cheilor, ai căror versanți se prăbușesc și se surpă vertical.

Relieful carstic.

Totalitatea proceselor legate de circulația apei în roci solubile (calcar, dolomit, gips, sare) și formele de relief la care dau naștere (de suprafață și de adâncime) se numesc carst. Termenul de carst indică piatra sau stânca de calcar și fenomenele grefate pe ea. Apariția și dezvoltarea carstului sunt condiționate de trei procese principale:

- coroziunea (dizolvarea sau disoluția) apare ca proces principal, datorându-se apei și dioxidului de carbon;
- eroziunea, prin scurgerea laminară sau turbulentă (evorsiune, turbionare, marmitaj)
- alterarea biochimică (ce degajă acizi - azotic, sulfuric sau fulvic).

Pe suprafața terenurilor calcaroase, îndeosebi atunci când sunt lipsite de o acoperitură de sol și vegetație, pot fi întâlnite numeroase forme, începând cu cele mai mici, cu aspect de rigole sau caneluri și terminând cu depresiuni întinse de ordinul kilometrilor pătrați. Ele intră în categoria carstului extern sau *exocarst*.

Endocarstul este o formă carstică de adâncime. Ajunse pe diferite căi în interiorul masivelor calcaroase, apele exercită o triplă acțiune asupra rocilor carstificabile: eroziune-coroziune, transport și depunere-concreționare. Ele formează peșteri. Acestea sunt cavități naturale de dimensiuni foarte diferite.

2.3 Aprecieri finale asupra litosferei

Litosfera suferă mișcări tectonice care au fost și se manifestă permanent, cu intensități diferite aproape peste tot pe Pământ. Ele sunt însoțite de cutremure (șocuri și vibrații rapide ale suprafeței pământului) și vulcanism (urcarea magmei de sub litosferă în scoarța terestră și revărsarea ei la suprafața pământului). Majoritatea cutremurelor și vulcanilor activi se află pe marginile plăcilor litosferei, pe așa numitele centuri seismice. Cele mai importante în prezent sunt cea care înconjoară Oceanul Pacific. Ea este urmată de centura care se întinde prin Asia Centrală de la Oceanul Atlantic până la Pacific.

Încă nu s-a ajuns la previziuni sigure legate de viitoarele cutremure sau erupții vulcanice. Și unele și altele, la nivel planetar, sunt permanente și au amplitudini de manifestare extrem de diferite. În general după primele șocuri, care sunt mai ample, ele sunt urmate de succesiuni de mișcări, dar din ce în ce mai slabe.

Suprafața planetei este constituită din plăci tectonice mai mari și mai mici, care suferă permanent procese de eroziune efectuate de apele de precipitație, din dizolvarea de către apele de suprafață a unei game largi de compuși chimici aflați în stare solidă, de erodarea de către vânturi a rocilor, din acțiunea ghețarilor asupra stratului superficial al litosferei, de procesele permanente de eroziune a apelor marine de-a lungul litoralului lor cu continentele, din distrugerea permanentă a cordoanelor de carbonat de calciu realizate de către corali (deci erodarea recifilor coralieri) și sub acțiunea unor organisme vii care fie creează depozitele de calcar, fie dizolvă compușii altor tipuri de roci, care astfel se dezagrega mult mai rapid. În trecut la factorii susmenționați mai contribuiau și impactele diferitelor meteoriți care veneau din cosmos și cădeau pe pământ sub influența atracției gravitaționale a planetei (în prezent această "ploaie" de meteoriți s-a redus semnificativ). Toți acești factori modifică permanent peisajul planetar.

Plăcile tectonice se pot urca una deasupra altora; în aceste cazuri apar cutremurele. Există și mișcări lente care pot fi puse în evidență numai cu ajutorul unei aparaturi de mare sensibilitate. Ceea ce este

sigur, este faptul că plăcile tectonice își modifică permanent forma, plutesc pe magma de sub litosferă. În acest fel ele sunt principalul factor fizic care modifică atât relieful planetar, cât și dimensiunile fizice ale planetei. La aceste mișcări un rol deloc de neglijat îl au mările zilnice provocate de lună, fluctuația geomagnetică a sferoidului care este Terra, precum și eventualele atracții ale soarelui (atunci când planeta se află cel mai aproape de soare în cursul mișcării sale anuale de revoluție).

2.4 Hidrosfera

Apa este una din substanțele cele mai răspândite pe planeta Pământ, formând unul din învelișurile acesteia, hidrosfera. Apa acoperă 71% din suprafața Pământului. Ea este un lichid inodor, incolor și insipid, ușor albăstrui sau chiar verzui în straturi groase. Apa este o substanță indispensabilă vieții, indiferent de forma acesteia, fiind unul dintre cei mai universali solvenți (Encyclopædia Britannica, "Hydrosphere"; Warren *et al.*, 2003; Wood *et al.*, 2008).

De apă se ocupă trei științe:

- meteorologia (pentru apa din atmosferă),
- hidrologia (pentru apa din mediile solide, terestre)
- hidrobiologia (pentru viețuitoarele din oceane, mări, apele continentale și cele subterane).

Apa este un foarte bun solvent, dizolvă multe tipuri de substanțe, facilitează reacțiile chimice ale multor substanțe minerale sau organice, iar pentru viețuitoare joacă un rol fundamental în buna desfășurare a metabolismului lor. O proprietate simplă, dar unică și extrem de importantă pentru mediu, este faptul că în forma sa solidă, de gheață, plutește pe apa lichidă. Forma solidă a apei are o densitate mai mică decât a apei lichide. Pentru aproape toate substanțele și pentru toate celelalte 11 stări neobișnuite ale apei, cu excepția gheții, starea solidă este mai densă decât cea lichidă. Apa proaspătă are densitatea cea mai mare la 4°C, și se va scufunda prin convecție pe măsură ce se răcește la acea temperatură, iar dacă se răcește în continuare se va ridica. Datorită acestei proprietăți, apa de adâncime va fi mai caldă decât apa înghețată, de suprafață, astfel încât gheața se va forma începând de la suprafață și se va extinde în jos, iar cea mai mare parte a apei de dedesubt va rămâne la temperaturi apropiate de 4°C. Astfel, fundul unui lac mare sau a unui ocean este practic izolat de frig, permițând traiul diferitelor specii de plante și animale. Aproape toate celelalte substanțe chimice sunt mai dense în stare solidă și îngheață de la fund spre suprafață.

Viața pe Pământ a evoluat și s-a adaptat acestor proprietăți ale apei. Existența formelor solidă, lichidă și gazoasă ale apei pe Pământ a reprezentat un factor important pentru colonizarea diferitelor medii ale planetei de către forme de viață adaptate variatelor, și adesea extremelor, condiții de viață. Din punct de vedere biologic, apa are numeroase proprietăți indispensabile desfășurării vieții. Apa își îndeplinește acest rol, permițând compușilor organici să reacționeze în moduri care să permită în cele din urmă replicarea. Ea este un bun solvent și are o tensiune superficială ridicată, permițând astfel mișcarea compușilor organici și a organismelor vii. Apa proaspătă are densitatea maximă la 4°C; această densitate scade pe măsură ce apa se răcește, se încălzește sau îngheață. Fiind o moleculă bipolară stabilă dominantă în atmosferă, ea joacă un rol important în absorbția radiațiilor infraroșii și este crucială în cadrul efectului de seră, fără de care temperatura medie la suprafața Terrei ar fi de -18° Celsius. Apa are de asemenea o căldură specifică neobișnuit de mare (4181,3 J/(kg°C) la presiunea de 1 bar și temperatura de 25°C). Ea joacă mai multe roluri în reglarea climatului global și regional. Deoarece absoarbe foarte multe radiații infraroșii, are o foarte ușoară nuanță albastră, datorită eliminării unei mici cantități de lumină roșie care o traversează. Culoarea albastră poate fi observată numai când apa este în cantitate mare. În plus, apa are o căldură latentă de vaporizare mare, de 2262 kJ/kg la presiunea de 1 bar și temperatura de 98°C. De aceea apa are o influență mare asupra climatului și a transferului de căldură între ocean și atmosferă (Morariu *et al.*, 1962).

Hidrosfera este învelișul de apă al pământului. Ea este sub formă de apă liberă, aflată în stare lichidă, solidă sau gazoasă. Apa se află pe suprafața planetei, în straturile superioare ale litosferei, sau în atmosferă. Chiar dacă la prima vedere nu pare a fi un înveliș continuu, ea este răspândită pe planeta noastră pretutindeni și în cele mai diferite forme (ca râuri, lacuri, mări, oceane, ape stagnante și curgătoare supra- și subsubterane, sau ca vapori ori cristale de gheață în atmosferă). O găsim sub formă de oceane și mări, pe suprafața terestră sub forma de râuri, lacuri, dar și în litosferei, ca ape subterane (Antonescu, 1967; Coste, 1982) (Figura 20).

Hidrosfera are o mobilitate mai redusă decât atmosfera, dar mult mai mare decât litosfera. Transformările care au loc în hidrosferă pot fi de natură fizică, chimică sau mecanică. La nivel planetar hidrosfera apare ca un sistem permanent funcțional, în care pătrunde mereu o anumită cantitate de

energie (solară sau terestră), capabilă să pună în mișcare apa, care duce la apariția așa numitului circuit permanent al apei (vezi mai jos detaliile).

Volumul hidrosferei terestre este estimat la 1 500 000 000 de kilometri cubi, din care în oceane sunt 93,3% din această apă [ea este sărată datorită ionilor de sodiu (Na^+) și de clor (Cl^-)]. Masa sa totală este de 1 385 990 800 123 milioane de tone, adică reprezintă circa 0,023% din masa totală a Terrei. Din acest volum 97,1% îi revine oceanului planetar; ghețarii și zăpezile permanente reprezintă 1,7%; apa subterană este în un procent de 1,2%, iar restul este apa prezentă în celelalte componente ale hidrosferei (Encyclopædia Britannica, 'Hydrosphere').

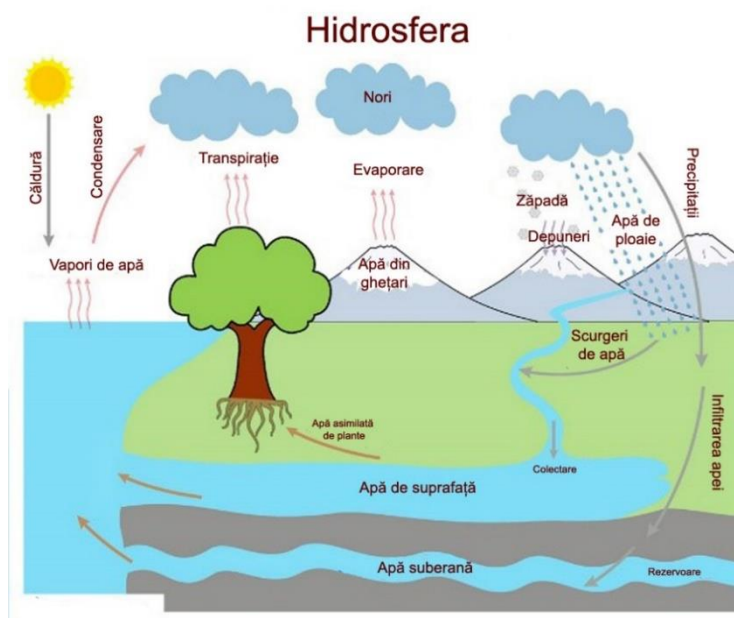


Figura 20. Componentele hidrosferei (<https://www.sciencefacts.net/hydrosphere.html>, modificat)

Învelișul de apă este unul dintre factorii de bază ce fac posibilă existența planetei Terra și a vieții organice pe ea. Ea influențează toate celelalte învelișuri ale planetei: determină cantitatea de apă din atmosferă, cauzând condensarea și sublimarea vaporilor de apă, formarea norilor și precipitațiilor atmosferice, fenomenele optice și electrice etc. Apele sunt un agent fundamental în formarea și nivelarea formelor de relief de pe suprafața terestră –fluvial, litoral, carstic, sufozional, glaciatic, erozional ș.a.

Scurgerea apei pe suprafața terestră este mecanismul prin care eroziunea sculptează mediul natural, duce la crearea văilor și deltelor cu suprafețe fertile favorabile dezvoltării de centre umane. De asemenea, apa se infiltrază în sol, ajungând în pânza de apă freatică. Apa subterană poate forma bazine de apă stagnantă sau o rețea deosebit de complexă de ape în curgătoare; această apă freatică ajunge din nou la suprafață sub forma izvoarelor cu apă dulce sau a izvoarelor termale și gheizerilor.

Apa din oceane influențează clima la nivel planetar, deoarece ea este un fel de rezervor de căldură enorm care protejează și totodată asigură o temperatură medie relativ constantă. Modificările de temperatură la nivel regional pot determina la rândul lor fenomene meteorologice și condiții bioclimatice foarte importante (a se vedea climatul rece al Americii de Nord, sau fenomenele climatice periodice determinate în America de Sud de fenomenul El Niño).

Coexistența stărilor solidă, lichidă și gazoasă a apei pe Pământ este vitală pentru originea, evoluția și existența vieții pe Terra. Distanța dintre Pământ și Soare și combinația dintre radiația solară primită și efectul de seră al atmosferei asigură ca suprafața sa să nu fie nici prea rece și nici prea fierbinte pentru apa lichidă. Dacă Pământul ar fi mai depărtat, apa ar îngheța, iar dacă ar fi mai apropiat de Soare, temperatura de suprafață mai ridicată ar împiedica formarea calotelor glaciare, sau ar face ca existența apei să fie doar sub formă de vapori. În primul caz, Pământul ar absorbi mai multă energie solară din cauza albedoului redus al oceanelor, iar în al doilea ar rezulta un efect de seră scăpat de sub control și ar duce la apariția unor condiții neospitaliere similare celor de pe planeta Venus.

2.4.1 Originea apei și formarea hidrosferei

Există mai multe ipoteze despre originea și evoluția hidrosferei. Ele pot fi: de origine telurică sau de origine cosmică. Cea mai convingătoare este ipoteza că apa este de origine telurică. Deci, apa s-a format odată cu celelalte substanțe. Se consideră că apa a fost eliberată din mantaua și scoarța terestră. Cu 4 milioane de ani în urmă volumul hidrosferei era doar de 20 mil. km³, dar ulterior volumul apei a crescut prin eliberarea de apă din manta. Vaporii de apă s-au condensat, s-au transformat în apă în stare lichidă și astfel a apărut oceanul primordial. În el s-au dizolvat alte componente ale gazelor vulcanice, în special dioxidul de carbon, unii acizi, compușii cu sulf și o parte din amoniac. Acizii, în contact cu apa, au reacționat cu silicații și cu alte elemente. Ca urmare, apa a încetat să mai fie acidă; în plus în continuare, în ea s-au dizolvat în timp, o serie de alte săruri. Oceanul primordial era foarte cald; de aceea procesele de evaporare erau foarte intense, fapt ce a făcut ca apa să se evapore, să se ridice în atmosferă, să se răcească și să recadă în ocean sub formă de ploi extrem de intense.

Litosfera, atmosfera și hidrosfera s-au format într-un singur proces, ca rezultat al topirii și eliberării gazelor din manta: apa, în stare gazoasă, azotul din nitriți și nitrați, oxigenul din oxizi metalici, carbonul din carburi și carbonați. Pământul s-a încălzit ca urmare a compresiei gravitaționale a interiorului și prin dezintegrarea izotopilor radioactivi din manta. Aceste fenomene au determinat topirea și diferențierea materiei în forme volatile, fuzibile și refractare (Wood *et al.*, 2008; Warren *et al.*, 2003).

La început exista un singur ocean (Panthalasa) și un singur continent (Pangea). Apoi Pangea s-a fragmentat; inițial în două părți (Laurasia în nord și Gondwana în sud), apoi s-au produs noi fragmentări care au dus la formarea actualelor continente.

2.4.2 Circuitul apei în natură

În natură are loc permanent un proces de circulație continuă a apei în cadrul hidrosferei Pământului (este numit și ciclul hidrologic, sau ciclul apei). Acest proces este pus în mișcare de radiația solară și de gravitație. În cursul parcurgerii acestui circuit, apa își schimbă starea de agregare fiind succesiv în stare solidă, lichidă sau gazoasă. Apa se mișcă dintr-un element component al circuitului în altul, de exemplu din aer cade sub formă de ploaie, de pe terenul solid se scurge formând râuri, dintr-un râu ajunge într-un ocean, prin diferite procese fizice, dintre care cele mai însemnate sunt evaporarea, transpirația, infiltrația și scurgerea. (Lambert, 1996; Encyclopædia Britannica, 'Hydrosphere') (Figura 21).

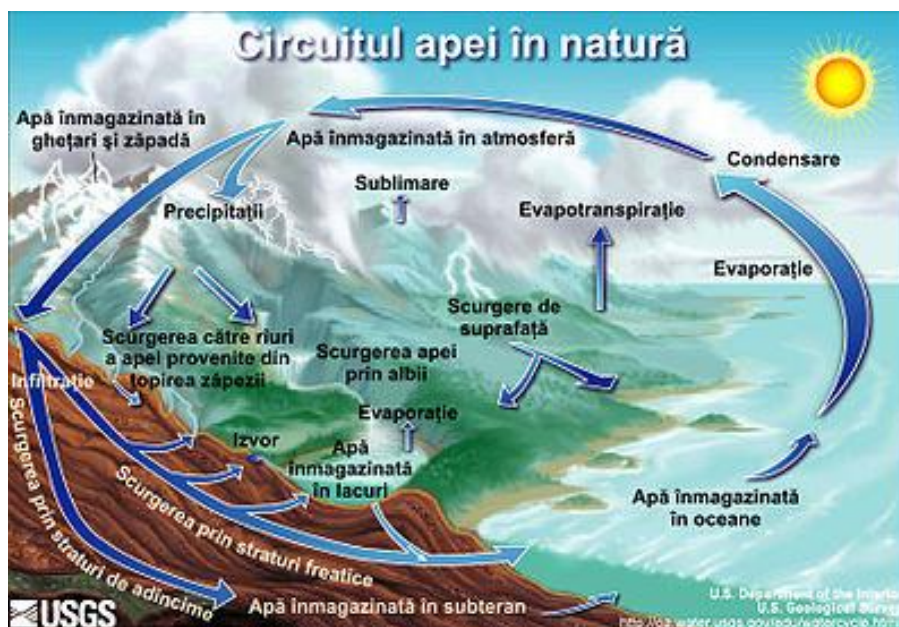


Figura 21. Circuitul apei pe Terra (<https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrosphere>, modificat)

Ciclul apei constă din următoarele procese (l'Hôte, 1990):

Evaporare. Este procesul prin care apa se transferă de la suprafața oceanelor și a altor corpuri de apă în atmosferă. Acest transfer implică o schimbare de stare de agregare a apei, din stare lichidă în stare gazoasă. Apa se mai elimină în atmosferă prin transpirația plantelor și în mult mai mică măsură, prin respirația celorlalte organisme vii (prin evapotranspirație). Aproximativ 90% din apa din atmosferă provine din evaporație și numai 10% din evapotranspirație.

Advecție. Este procesul de transfer al unei proprietăți atmosferice (căldură, frig, umiditate, vorticitate) prin mișcarea orizontală a masei de aer. În cazul circuitului apei este vorba despre procesul de mișcare a apei în cele trei stări ale ei: solidă, lichidă sau gazoasă. Fără advecție, apa evaporată de pe suprafața oceanelor nu s-ar putea deplasa pentru a ajunge deasupra uscatului unde să producă precipitații.

Condensare. Este procesul prin care vaporii de apă din aer se transformă în picături lichide de apă, formând nori sau ceață.

Precipitare. Apa care s-a condensat în atmosferă, cade pe suprafața pământului. Forma de precipitații care apare cel mai frecvent este ploaia. Alte forme sunt zăpada, lapovița, grindina, chiciura, și prelingerea de apă prin condensarea picăturilor minuscule de apă din ceață.

Sublimare. Procesul prin care apa în stare solidă (gheață sau zăpadă) se transformă direct în vapori, fără a mai trece prin starea lichidă.

Intercepție prin foliaj. Partea din precipitații care este interceptată de frunzișul plantelor și care se evaporă fără a mai ajunge la suprafața solului. Cantitatea de apă interceptată depinde de durata ploii, viteza vântului, temperatură, densitatea frunzișului, dar și de alți factori mai puțin însemnați.

Infiltrație. Procesul de pătrundere a apei de la suprafață în interiorul solului, prin umplerea golurilor dintre particulele de sol și umezirea acestuia.

Topire. Procesul de transformare a apei din starea solidă (gheață sau zăpadă) în stare lichidă.

Scurgere. Procesul prin care apa se mișcă la sau sub suprafața solului. În această mișcare se poate face distincție între: scurgerea de suprafață - este scurgerea care are loc pe suprafața solului, având loc în straturi subțiri sau în șuvoaie, acoperind cea mai mare parte a solului; scurgerea în albi - este procesul care are loc în albi, în care se concentrează apa provenind din scurgerea de suprafață, formând pâraie, râuri și fluvii; scurgerea subterană - este scurgerea care are loc sub suprafața solului, fie prin stratele freatice, fie prin stratele acvifere de adâncime. Apa din stratele subterane se reîntoarce la suprafață prin izvoare, prin infiltrație în râuri, în oceane sau în alte rezervoare de suprafață.

Capilaritate. Mecanismul care asigură mișcarea pe verticală a apei subterane și a apei în vasele foarte subțiri prin care urcă apa în corpul plantelor.

Bilanțul hidric general al apei la nivel planetar este prezentat în tabelul 4.

Tabelul 4. Bilanțul hidric general al apei la nivel planetar (volum de apă acumulate în rezervoarele circuitului natural al apei) (https://ro.wikipedia.org/wiki/Circuitul_apei_%C3%AEn_natur%C4%83)

Tipul de ape	Volumul de apă (milioane de Km ³)	Procent din total
Oceane	1370	97,25
Calote glaciare și ghețari	29	2,05
Apă subterană	9,5	0,68
Lacuri	0,125	0,01
Umiditate în sol	0,065	0,005
Atmosferă	0,013	0,01
Ape curgătoare	0,0017	0,001
Biosferă	0,0006	0,00004

2.4.3 Formele sub care se prezintă hidrosfera pe Terra

Deși hidrosfera este un înveliș cvasicontinuu, la nivel planetar hidrosfera este reprezentată de apa solidă (sub formă de gheață și zăpadă), de apa lichidă, și de vaporii și picăturile de apă din troposferă (stratul inferior al atmosferei) (Maidment, 1993).

2.4.3.1 Apa în stare solidă (criosfera)

Criosfera este, după unii geografi, o geosferă distinctă de hidrosfera Pământului, alcătuită din toată apa aflată în stare solidă, respectiv ghețarii, calotele glaciare și pământul înghețat (permafrostul) (World Water Resources, 1998) (Figura 22).

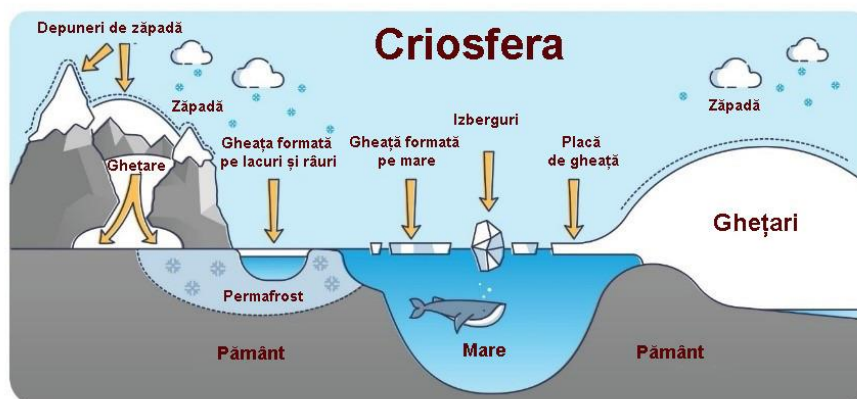


Figura 22. Tipurile de apă înghețată de pe planetă
(<https://www.news-medical.net/life-sciences/Microbiology-of-the-Cryosphere.aspx>)

Un ghețar reprezintă o masă enormă de apă înghețată persistentă, formată în regiunile polare și alpine, care poate, sub influența greutateii ei și a gravitației, să se deplaseze lent în lungul văilor sau pe pante. Suprafața ocupată de ghețarii actuali (circa 16,3 milioane km²) reprezintă 11% din suprafața uscatului. Din ghețarii continentali adiacenți mărilor și oceanelor se desprind continuu porțiuni întinse care, devenind ghețari plutitori, sunt cunoscuți sub denumirea de iceberghi.

Ghețarii se formează în regiuni unde ninge o mare parte din an, iar masa mare de zăpadă rezultată nu are timp să se topească. Prin acumularea unei cantități suficiente de mari de zăpadă, se produce un fenomen de transformare (sau metamorfozare a acesteia) și astfel în decursul anilor, masa de zăpadă, căreia i se adaugă continuu noi și noi straturi, suferă o transformare lentă devenind progresiv mai densă, cu cristale mai mari de gheață. Comprimarea în continuare a straturilor inferioare produce o mărire mai accentuată a densității, care produce structura caracteristică a ghețarului. Acesta, după ce a ajuns la o anumită masă critică, va începe să se deplaseze lent, dar semnificativ în timp, sub acțiunea gravitației și a greutateii sale, determinând fisuri sau crăpături profunde în propria sa structură. Structura topografică a reliefului determină viteza de deplasare și forma ghețarului. Dacă panta este suficient de accentuată, apare o așa-numită limbă a ghețarului, care este partea acestuia care determină "curgerea" sau alunecarea sa. În decursul curgerii sale, ghețarul exercită o acțiune puternică de eroziune a reliefului pe care îl străbate. Tot ceea ce ghețarul transportă în decursul alunecării devine parte a sa (asemenea materiale sunt și fragmentele de roci care sunt transportate de ghețar (și care poartă numele de morene). Ghețarii de suprafață din zonele situate la altitudini mai joase sunt supuși unor procese periodice de topire și reînghețare; ca urmare, spre deosebire de ghețarii situați în munții înalți, sau a celor din zonele polare (unde procesul de topire este foarte redus), care generează formarea de ghețari uriași.

Ghețarii se pot grupa după mediul în care se află în ghețari de pe continente și ghețari marini, după zona climatică în care există, în ghețari polari, subpolari și ghețari din regiunile temperate sau calde, iar după forma și dinamica lor, în ghețari montani și ghețari de calotă. La capătul inferior al unui ghețar care se topește se creează un rezervor de apă (figura 23) și rămâne materialul pietros solid (morenele) pe care le-a adus ghețarul la vale.



Figura 23. Zona terestră erodată de retragerea limbii terminale a unui ghețar
 (https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&sca_esv=583396942&q=retragerea+ghetarilor&tbm)

Rata de eroziune provocată de un ghețar depinde de viteza mișcării glaciare, de grosimea gheții, de forma, abundența și duritatea fragmentelor de rocă conținute în gheața de pe fundul ghețarului, de ușurința relativă de eroziune a suprafeței de sub ghețar, de condițiile termice existente la baza ghețarului și de permeabilitatea și presiunea apei la baza ghețarului. Mai mult de 2/3 din rezervele mondiale de apă dulce sunt blocate sub forma de gheață la polii planetei, în zonele arctică și antarctică.

2.4.3.2 Apa în stare lichidă

Pe glob repartitia apei lichide prezintă grade diferite de neuniformitate. Dacă ne referim la cele două emisfere, nordică și sudică, se poate constata că în emisfera nordică ariile oceanice (154.500.000 km²) sunt relativ apropiate comparativ cu cele ale uscatului (100.500.000 km²) (dar în proporție mai mică - în un raport de 1,5 - față de emisfera sudică, unde suprafața oceanică (206.500.000 km²) este de 4,2 ori mai mare decât cea a uscatului (48.000.000 km²) (Figurile 24 și 25).

Din suprafața totală a globului terestru (de 510 milioane km²) uscatul reprezintă 29,2 % (149 milioane km²), în timp ce mările și oceanele ocupa 70,8 % (361 milioane km²). Oceanul Pacific singur are o suprafață mai mare decât a întregului uscat (el este de 178,7 milioane km²).

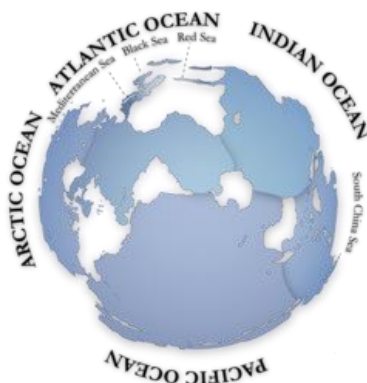


Figura 24. Globul pământesc văzut de la polul sud (în albastru sunt oceanele, iar în alb, continentele)
 (<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fro.wikipedia.org%2Fwiki%2FOcean&psig>)

Apele dulci, sunt în un procent de 0,62 % din volumul total al hidrosferei, au un volum de 315,2 x 10³ km³. El constă din lacuri și bălți (230.000 km³), apa din sol (82.000 km³), râuri (1.200 km³), iar în lumea vie, este de 2.000 km³.

Apele din mări și oceane

Volumul apelor din oceanele planetei este de $1,37 \times 10^{18}$ t. Oceanele acoperă o suprafață de $3,618 \times 10^8$ km² au o adâncime medie de 3 682 m și un volum de apă estimat la $1,332 \times 10^9$ km³. Din aceasta circa 97,5% este sărată, restul de 2,5% sunt ape mai îndulcite, care provin din apele aduse de fluvii de pe suprafețele terestre ale planetei sau din topirea ghețarilor (<https://www.meteorologiaenred.com/ro/mares-y-oceanos.html>).

Aproximativ trei sferturi (71%) din suprafața Pământului este acoperită de oceane. Oceanele sunt întinderi mari de apă care în prezent sunt mărginite de continente. Pe Terra există 5 oceane: Oceanul Atlantic, Oceanul Pacific, Oceanul Indian, Oceanul Arctic și Oceanul Antarctic (Kennish, 2001) (Figura 25).



Figura 25. Oceanele planetei

(<https://www.google.com/search?q=Marile+si+oceanele+lunii&client>)

Prin dizolvarea unor săruri din roci, apele din oceane și mări au o anumită încărcătură chimică. Salinitatea lor este în medie de 35 ‰ și provine din dizolvarea sărurilor existente rezultate din activitățile vulcanice și din eroziunea rocilor arse. Această concentrație nu este la fel peste tot: valorile ei sunt mai mari în regiunile calde, tropicale și mai mici în regiunile reci, unde există un aport mai important de apă dulce din râuri (de ex. Marea Baltică are o salinitate medie de 14 – 18 ‰, Marea Neagră una de 24 – 25 ‰, spre deosebire de Golful Oman unde salinitatea depășește 37 ‰). Deoarece apa evaporată din mări și oceane nu conține materiale solide dizolvate, cantitatea în săruri a mărilor interioare și cea a oceanului planetar crește în mod continuu (Antonescu, 1967; Pora *et al.*, 1974).

Orice ocean are trei zone principale: litorală, pelagică și abisală (Figura 26). Lumina soarelui pătrunde numai în așa numită zonă fotică, cea în care pot trăi organismele vegetale fotosintetizante. În zona fotică și în cea afotică, își duc viața fauna și microorganismele pro- și eucariote.

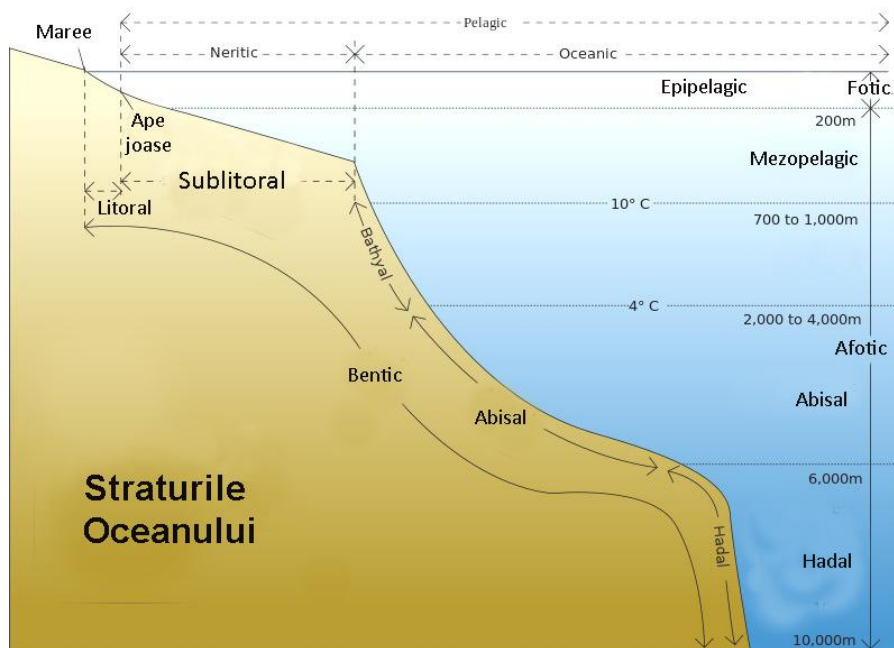


Figura 26. Subdiviziunile geografice ale mărilor și oceanelor
 (<https://greenly.ro/biodiversitate/mediul-oceanic-si-fauna-din-adancuri>)

În oceane, mișcarea de rotație a planetei, vânturile și concentrațiile variate de sare determină o deplasare a masei apelor pe distanțe mari, ca urmare a formării așa numiților curenți oceanici. Luna influențează și ea apele marine, ridicându-le periodic nivelul; astfel apar mările care se caracterizează prin flux și reflux. Diferența dintre nivelurile joase și cele ridicate ale mării variază. Golfulurile înguste de pe coasta de est a Canadei servesc drept pâlnii datorită formei lor; acolo pot fi observate amplitudinile cele mai mari ale mării (spre exemplu, în Golful Fundy amplitudinea zilnică este de 15 m). Spre comparație, amplitudinea mării de pe coasta Marii Nordului este de 3,5 m, iar în Marea Neagră este de numai 5-10 cm. Asemenea unor curele de transmisie gigantice, numeroși curenți de suprafață și de adâncime circulă prin toate oceanele lumii. Ele realizează amestecarea completă a apelor oceanelor de pe Pământ, dar într-o perioadă de la câteva sute, până la 2000 de ani (Figura 27).

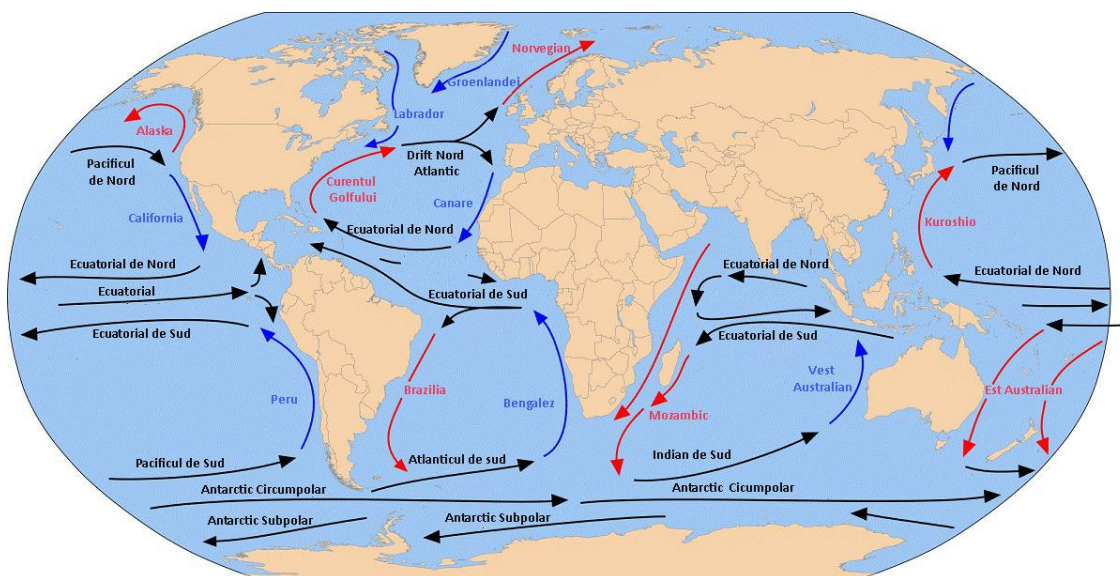


Figura 27. Oceanele planetei și curenții calzi și reci din oceane
 (<https://www.meteorologiaenred.com/ro/curenti-oceanici.html>)

În mări și oceane au apărut multe insule în urma erupțiilor vulcanice. Cele mai multe insule vulcanice sunt în zonele unde se înalță dorsalele medio-oceanice. Formarea insulelor poate avea loc și deasupra punctelor fierbinți din zonele de fracturare a plăcilor scoarței terestre. Spre exemplu Islanda și Arhipelagul Azore, sunt insule ale dorsalei medio-atlantice. Alte insule au fost formate de recifii de corali sau atoli și se formează în oceane doar între 30° latitudine nordică și 30° latitudine sudică (deoarece celenteratele din grupul corailor, trăiesc preponderent în apă caldă și foarte curată). Recifii de corali sunt prezenți în zonele oceanice puțin adânci și cresc și descresc (sau dispar) sub influența proceselor erozionale care au loc permanent asupra substratului calcaros produs de corali. Polipii de corali extrag ionii de calciu și dioxidul de carbon din apa mării și îi folosesc pentru a-și crea un schelet exterior din carbonat de calciu. Deoarece peste materialul scheletic mai vechi (și deci mort) crește ulterior un nou țesut viu, ei cresc foarte mult. Așa s-a format Marea Barieră de Corali din largul coastei nord-estice a Australiei, unde recifii se întind pe o lungime de 2 600 km.

Cea mai mare insulă din lume este Groenlanda, cu o suprafață de peste 2 000 000 km². Comparativ cu ea, cele mai mici insule nu sunt decât niște "firimituri" răspândite în toate mările și oceanele. Insulele sunt adesea asociate cu un continent. În aceste cazuri, ele sunt niște zone înălțate ale platformei continentale, care doar par desprinse de pamânt, fiind înconjurate de apă.

Chimismul apelor din oceane este foarte complex, apa conținând numeroși anioni și cationi ai diverselor elemente chimice (Tabelul 5).

Tabelul 5. Principalele săruri care intră în compoziția apelor oceanice care au o salinitate de 35g/l) (https://fr.wikipedia.org/wiki/Eau_de_mer)

Anioni	g/kg	mol/kg
cloruri (Cl ⁻)	19,3524	0,54586
sulfati (SO ₄ ²⁻)	2,7123	0,02824
hidrați de carbon (HCO ₃ ⁻)	0,1080	0,001770
brom (Br ⁻)	0,0673	0,000842
carbonați (CO ₃ ²⁻)	0,0156	0,000260
flor (F ⁻)	0,0013	6,84 × 10 ⁻⁵
hidroxizi (HO ⁻)	0,0002	1,2 × 10 ⁻⁵
Cationi	g/kg	mol/kg
sodiu (Na ⁺)	10,7837	0,46907
magneziu (Mg ²⁺)	1,2837	0,05282
calciu (Ca ²⁺)	0,4121	0,01028
potasiu (K ⁺)	0,3991	0,01021
strontiu (Sr ²⁺)	0,0079	9,02 × 10 ⁻⁵
litium (Li ⁺)	1,73 × 10 ⁻⁴	2,49 × 10 ⁻⁵
rubidiu (Rb ⁺)	1,20 × 10 ⁻⁴	1,404 × 10 ⁻⁶
bariu (Ba ²⁺)	2,0 × 10 ⁻⁵	1,46 × 10 ⁻⁷
ioni poliatomici de molibden	1,0 × 10 ⁻⁵	1,04 × 10 ⁻⁷
ioni poliatomici de uraniu	3,3 × 10 ⁻⁶	1,39 × 10 ⁻⁸
ions poliatomici de vanadiu	1,9 × 10 ⁻⁶	3,73 × 10 ⁻⁸
fier bi- și trivalent (Fe ²⁺ ; Fe ³⁺)	1,3 × 10 ⁻⁶	2,33 × 10 ⁻⁸
ioni poliatomici de titan	1,0 × 10 ⁻⁶	2,09 × 10 ⁻⁸
aluminii (Al ³⁺)	1,0 × 10 ⁻⁶	3,71 × 10 ⁻⁸
Alte substanțe	g/kg	mol/kg
apă (H ₂ O)	965	53,57
acid boric (B(OH) ₃)	0,0198	0,000320
tetrahidroxiborat (B(OH) ₄ ⁻)	0,0079	0,000100
dioxid de carbon (CO ₂)	4,0 × 10 ⁻⁴	9,09 × 10 ⁻⁶

Mările sunt întinderi mari de apă stătătoare, adâncă și sărată și sunt situate cel mai adesea în interiorul platformelor continentale terestre sau în zona de contact dintre pământ și ocean. Principala diferență între mări și oceane este dimensiunea lor (mările sunt mai mici). Mările și oceanele mai diferă prin faptul că oceanele tind să producă valuri mari (valurile pot depăși 12 m înălțime în mijlocul oceanelor), iar mările produc valuri mult mai mici (așa cum se întâmplă în Marea Adriatică sau Marea Neagră).

De obicei, apele mărilor sunt calme, deoarece influența curenților oceanici și a mareelor sunt mult mai reduse. Adesea mările mai mici sunt despărțite de bazinele oceanice prin lanțuri insulare, strâmtori sau peninsule. Oceanele și mările mai diferă prin conținutul de sare, temperatura de la suprafață și au o adâncime mai redusă. Ele diferă mult și în funcție de flora și fauna ce există în ele.

Deoarece oceanele ating adâncimi mai mari, în ele există și temperaturi mai scăzute. Mările mai apropiate de suprafața pământului primesc mai multă radiație solară și sunt mai calde decât oceanele. Există unele mări care nu au o extensie foarte mare, motiv pentru care sunt uneori considerate a fi lacuri mari. Așa sunt Marea Caspică, lacul Baical sau Marea Moartă.

În unele regiuni ale uscatului, sistemul de scurgere se termină într-o mare interioară sau într-o depresiune, în loc de a fi legate de oceanul planetar. Asemenea regiuni se numesc zone sau bazine endoreice. În asemenea cazuri, nivelul mării interioare va menține echilibrul hidrologic, astfel încât afluxul de apă din scurgerea de pe uscat și din precipitații pe suprafața mării interioare să fie egal cu pierderile prin evaporatie.

Apele continentale

Apele continentale cuprind apele de suprafață, și apele subterane (Antonescu, 1967; Pora *et al.*, 1974; Tufescu *et al.*, 1981; Li *et al.*, 2020; de Villiers, 2003; Anderson *et al.*, 2005; Wetzel, 2001).

Apele de suprafață

Apele de suprafață sunt de două tipuri: ape curgătoare și ape stătătoare. Deși par numeroase, apele de suprafață constituie sub 1% din resursele de apă dulce de pe glob (Tabelul 5) (Wetzel, 2001). Ele se alimentează din ploi, din topirea zăpezilor/ghețurilor și din apele subterane.

Apele curgătoare sunt reprezentate de pâraie, râuri, fluvii, ape temporare și ape de șiroire. Ele își sapă în litosferă văi prin care se scurg sub acțiunea forțelor gravitaționale, din zonele mai înalte spre zonele mai joase. Ele pot fi permanente sau temporare și pot avea mai multe tipuri de regim hidrologic, în funcție de caracteristicile climatice ale fiecărei zone. Sunt ape cu un regim ecuatorial (cu ape cu debit constant, stabil și ridicat tot timpul anului), ape cu un regim tropical cu două anotimpuri (musonic și subecuatorial), care prezintă un maxim în anotimpul ploios și un minim în anotimpul secetos, ape cu un regim deșertic (apa este intermitentă și are scurgeri episodice), ape cu un regim mediteranean (se caracterizează prin debite mari iarna și mici vara), ape cu un regim temperat (este determinat de ritmicitatea precipitațiilor și de perioada de topire a zăpezilor) și ape cu un regim polar (zone înghețate care vara se dezgheață și formează cursuri de apă temporară).

Modul de alimentare și regimul de scurgere a râurilor depinde de sursele de alimentare. Apa lor provine din ieșirea la suprafață a unor ape subterane, din ploi, din topirea zăpezii și a gheții sau din lacuri și mlaștini. La alimentarea râurilor participă de obicei mai multe surse, distingându-se două tipuri de râuri: cele cu alimentare pluvio-nivală sau cele cu una pluvio-glaciară. Debitul râurilor depinde de cantitatea de precipitații care cade în bazinul de alimentare a râului, de temperatura aerului, de gradul și de tipul de vegetație din bazinul de recepție a apelor, de relief, pantă, tipul de roci și de soluri. Lungimea râului este dată de distanța dintre izvor și gura de vărsare și variază de la câteva sute de metri, la mii de kilometri (Amazon, Nil, Misissipi etc).

Apele curgătoare temporare se întâlnesc numai în zonele continentale foarte secetoase. Ele apar după ploi scurte, dar foarte intense, sunt active câteva zile, apoi debitul lor scade treptat, căci apele se infiltrează în mediul subteran; doar o mică parte rămâne în albia minoră, formând ochiuri cu apă stagnantă, dar și acestea dispar după câteva zile.

Apele stătătoare sunt reprezentate de lacuri, bălți și mlaștini.

Lacurile sunt mase de apă stagnantă acumulată într-o excavație de pe suprafața uscatului. Elementele principale ale unui lac sunt depresiunea sau cuveta lacustră și apa cantonată în ea. Dimensiunile sunt extrem de variate: ca suprafață (de la câteva zeci de m² la zeci de mii de km²), ca adâncime (de la mai puțin de 1 m, la 1.620 m), iar ca volum de apă, difera foarte mult, în funcție de suprafața și de adâncimea pe care o au. După origine, lacurile sunt de două feluri: naturale și antropice.

Se cunosc următoarele tipuri de lacuri naturale: lacuri glaciare (s-au format prin topirea ghețarilor), tectonice (formate în zone de rift/crăpături ale scoarței terestre, sau în craterele vulcanilor stinși), vulcanice (formate în craterele unor vulcani inactivi), lacuri de baraj natural (apărute în urma alunecării unui deal care a închis/blocat valea unui râu), lacuri formate prin dizolvarea unor roci – sare, calcar, gips), limanuri fluviale ((râul colector barează gura de vărsare a afluentului), limanuri maritime (gura de vărsare a unor râuri este barată de aluviuni aduse de mare), sau lagune (foste golfuri marine închise cu cordoane de nisip).

Lacurile antropice (sunt formate în spatele unor baraje construite de om), sunt realizate pentru obținerea energiei electrice (hidrocentrale), pentru alimentarea cu apă potabilă a așezărilor, pentru irigații, piscicultură, ori turism.

Bălțile sunt ape stătătoare cu întinderi și adâncimi mai mici decât lacurile, cu fundul complet acoperit de vegetație acvatică, deoarece lumina soarelui pătrunde până la fundul lor. Ele sunt răspândite cel mai des în luncile râurilor și în delte, dar mai apar în zone de tasări ale scoarței terestre, în care, ca urmare a acumulării prealabile a unor sedimente greu permeabile pentru apă, se adună din precipitații mai îndelungate, sau la partea terminală a unor foști ghețari.

Mlaștinile sunt terenuri îmbibate cu multă apă, multe provenind din lacuri colmatate cu aluviuni și vegetație, sau pe terenuri puțin adâncite prin care apa nu se poate infiltra. În mlaștini de dezvoltă totdeauna o vegetație hidrofilă semiacvatică foarte abundentă. În cele mai multe apă lor are un pH acid.

Apele subterane

Apele subterane definesc ansamblul apelor care se află în litosfera planetei, se pot acumula în golurile scoarței pământului care se formează sub acțiunea forței gravitaționale a planetei. Forțele de gravitație fac ca o mare parte din apa ploilor și a râurilor să se infiltreze în scoarță prin porii și crăpăturile rocilor permeabile. Mișcarea apei printre porii acestor roci continuă până în momentul în care întâlnește un strat de rocă impermeabilă (de obicei argilă). Din acest moment apa începe să se acumuleze umplând porii rocilor ca pe cei ai unui burete și apoi se scurg lent, sub influența gravitației terestre. Apele subterane sunt de mai multe feluri: de mică adâncime (freatice), de mare adâncime (captive) și izvoare.

Apa subterană este apă prezentă sub suprafața Pământului în spațiile porilor din rocă și sol și în fracturile formațiunilor de roci. Aproximativ 30% din toată apa dulce disponibilă pe Terra este apă subterană.

Apele subterane apar la suprafață sub forma izvoarelor. Izvoarele pot fi de mai multe feluri. Cele mai spectaculoase sunt gheizerele, care sunt datorate încălzirii apelor în stratele mai calde ale litosferei, de unde apoi țâșnesc la suprafață sub presiune și cu intermitențe. Alte izvoare apar în regiunile carstice; apa lor iese la suprafață fie continuu, fie cu intermitențe (sunt ape arteziene). Cele mai multe izvoare scot apă din subteran în zone de rupere de pantă.

Regiunile deșertice închise (îndeosebi Sahara și deșerturile australiene) au ape de adâncime (situat uneori la adâncimi sub 1000 m). Ele sunt rezultatul acumulărilor produse în urma precipitațiilor bogate din timpul ultimei glaciațiuni, și/sau imediat după încheierea acesteia.

Apa subterană este o apă dulce situată în spațiul dintre porii solului și al rocilor. Uneori este util să se facă o distincție între apele subterane care sunt strâns asociate cu apa de suprafață și apele subterane de adâncime dintr-un acvifer (numită „apă fosilă” dacă s-a infiltrat în pământ în urmă cu milenii). În mod obișnuit, apa subterană este considerată acea apă care curge prin acvifere de mică adâncime; ea poate asigura umiditatea solului, crea permafrostul (sol înghețat), poate fi o apă imobilă în roca de bază cu permeabilitate foarte scăzută, sau o apă geotermală venită de la adâncimi mai mari ale litosferei.

Aportul apelor de suprafață în apele subterane se face prin infiltrații. Leșirile din apele subterane sunt izvoarele și infiltrațiile subacvatice către bazinele cu ape marine sau oceanice. Datorită ratei sale lente de circulație, stocarea apelor subterane este, în general, mult mai mare (ca volum) în comparație cu intrările decât este pentru apele de suprafață. Această diferență permite oamenilor să folosească mai ușor apele subterane nesustenabile pentru o lungă perioadă de timp, fără consecințe grave. Cu toate acestea, pe termen lung, rata medie a infiltrațiilor deasupra unei surse de apă subterană este limita superioară a consumului mediu de apă din acea sursă. Apa subterană folosită este completată permanent, în mod natural, de apa de suprafață care provine din precipitații, pâraie, sau râuri care se strecoară în mediul subteran.

Apa subterană poate fi un „rezervor” pe termen lung pentru realizarea ciclului natural al apei (cu timpi de rezidență de la zile până la milenii). Acest lucru le deosebește fundamental de rezervoarele de apă din atmosferă și de apa dulce de la suprafață. Apele subterane de mare adâncime (care sunt destul de greu de reîncărcat de către apele venite de la suprafață) pot dura foarte mult timp pentru a-și finaliza ciclul natural.

Apele subterane sunt de trei feluri: apă de constituție (apa care intră în structura cristalină a mineralelor – de ex. în gips), apă de retenție (apă de adsorbție, de adeziune sau apă capilară) și apă liberă (aceasta poate fi captată prin foraje sau prin puțuri).

Tot în cadrul apelor subterane intră **apele fosile** (bazine acvatice care au luat naștere cu milioane de ani în urmă – așa sunt bazinele de sub deșertul Sahara, sau acviferul Ogallala din America de Nord) (Braxton, 2009) (Figura 28). Un acvifer este un strat subteran de rocă permeabilă, din fracturarea unor roci, sau apar în materiale neconsolidate (pietriș, nisip sau măr) . Acviferele variază foarte mult în caracteristicile lor.

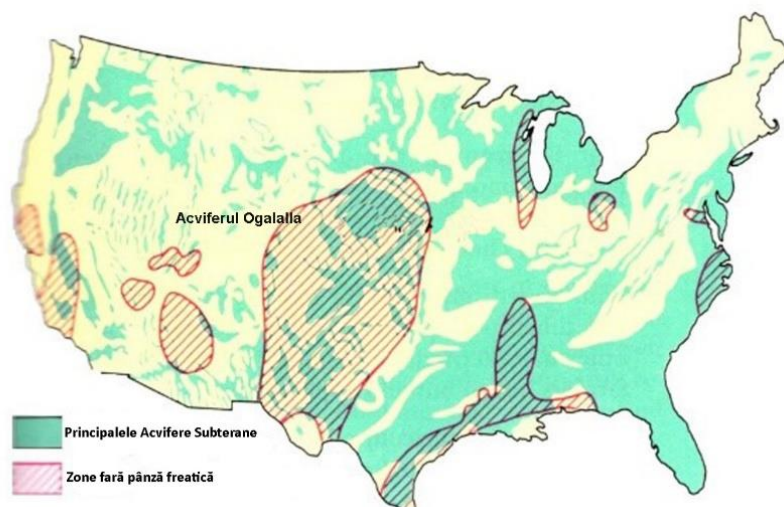


Figura 28. Acviferele subterane mari de sub teritoriul S.U.A. (Braxton, 2009)

Caracteristicile acviferelor variază în funcție de geologia și structura substratului și topografia zonei în care apar. În general, acviferele mai productive apar în formațiunile geologice sedimentare. Prin comparație, rocile cristaline deteriorate rețin cantități mai mici de apă subterană. Materialele aluvionare neconsolidate până la slab cimentate în care s-au acumulat ca sedimente de umplere a văilor în principalele văi ale râurilor și bazinele structurale cu subsidere geologică sunt incluse printre cele mai productive surse de apă subterană.

Apele subterane, la fel ca cele de suprafață, curg sub acțiunea gravitației, însă viteza lor de scurgere este mult mai redusă, ea fiind influențată de natura rocii (mărimea granulelor sau porilor prin care se scurge) care joacă și rolul de filtru.

2.4.3.3 Apa în stare gazoasă (de vapori) (apa din atmosferă)

Prezența apei în atmosferă este una din cauzele pentru care viața a apărut pe această planetă. Deși cantitatea de apă din atmosferă reprezintă numai 0,001% din volumul de apă de pe planetă, rolul ei în desfășurarea tuturor proceselor biologice, fizice și chimice este enorm. Cea mai mare parte din cantitatea totală a apei din atmosferă (95%) se află sub formă de vapori; restul este ca particule lichide sau solide care formează norii. De pe suprafața planetei se evaporă anual o cantitate de 519 000 km³ de apă, din care 448 000 km³ provin din mări și oceane iar 71 000 km³ provin din evaporarea apei de pe suprafața uscatului și a apelor interioare. Între suprafața scoarței terestre și atmosferă are loc un schimb permanent de umezeala rezultat în urma unor procese complexe de evaporare, condensare și precipitare.

În atmosferă apa se află în trei stări de agregare: solidă (cristale de gheață), lichidă (picături de apă) și gazoasă (vapori de apă). Aceste transformări ale apei sunt însoțite de schimburi de energie calorică (în funcție de temperatura aerului și de presiunea până ce schimbul molecular dintre faze ajunge să se echilibreze). Trecerea de la o stare de agregare la alta se face prin evaporare și/sau evapotranspirație.

Conținutul în vapori de apă existent la un moment dat în atmosfera reprezintă umezeala sau umiditatea aerului. Condensarea și sublimarea vaporilor de apă sunt două procese fizice de transformare a vaporilor de apă spre picături de apă sau spre cristale de gheață și intră în compoziția diferitelor forme de precipitare din atmosferă: nori, ceață, rouă, brumă, chiciură, măzăriche, grindină sau polei și sunt specifice anumitor anotimpuri.

Precipitațiile atmosferice sunt produsele finale ale condensării și sublimării vaporilor de apă, constituind totalitatea particulelor de apă lichidă și solidă care cad din nori și ajung pe suprafața Pamantului (Figura 29).

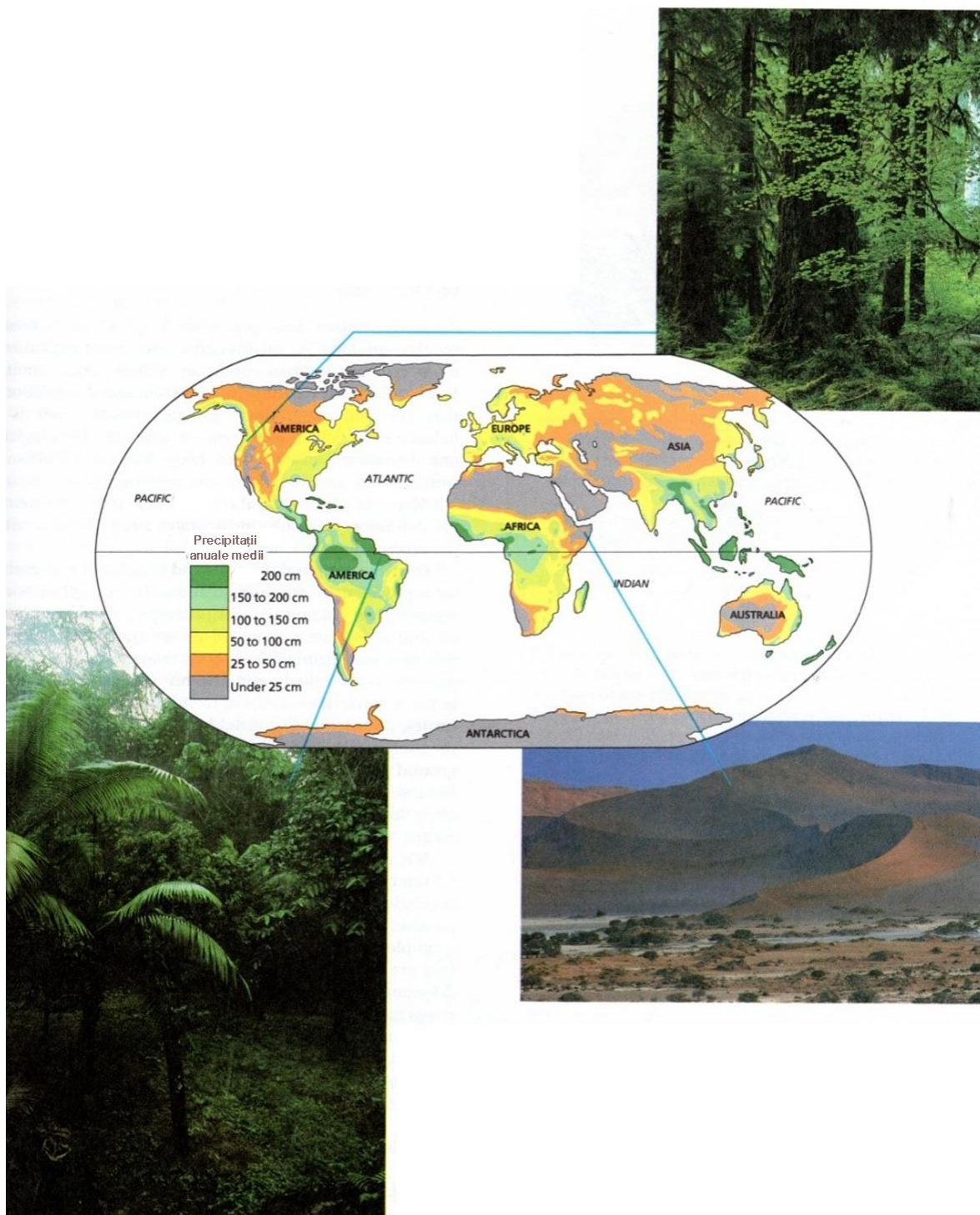


Figura 29. Efectul intensității precipitațiilor asupra creșterii plantelor în diferite locuri de pe Terra (Levine și Miller, 1994)

2.4.4 Concluzii la hidrosferă

Hidrosfera este un înveliș al planetei care are un singur component de bază, apa (H_2O). Ea se află în cele trei stări ale ei: solidă, lichidă și gazoasă.

Apa solidă, indiferent de forma sub care se prezintă, este un stocator valoros de apă și influențează climatul local și regional. Ghețarii pot fi periculoși, deoarece pot provoca avalanșe sau îngropa sub

nămeți orașe ori așezări turistice, pot îngropa oameni în zăpezi sau întrerupe diferite activități umane (în special circulația este îngreunată) etc.

Apa lichidă este cea mai numeroasă și de ea depinde totul: ea acoperă cea mai mare parte a planetei, acționează asupra litosferei și intră în componența acesteia (de unde iese apoi rece, caldă sau foarte fierbinte).

În apele calde ale oceanului planetar primordial a apărut și s-a dezvoltat lumea viețuitoarelor. Ca o consecință toate procesele vitale se desfășoară și acum numai în apa din celule și a celulelor vii în mediul acvatic. Chiar și ulterior, când viața a cucerit mediul terestru, procesele vitale ale organismelor au avut loc tot în condițiile mediului acvatic primordial (seva din toate tipurile de celule, inclusiv serul fiziologic din perfuziile care se fac acum la oameni sunt o apă sărată cu concentrații bine controlate de săruri minerale, a cărei compoziție chimică este asemănătoare celei a oceanului primordial). Oricare ar fi proveniența și starea de agregare a apei, ea rămâne un element indispensabil vieții. Și acum există organisme acvatice (de ape marine, oceanice, de apă dulce), dar toate organismele terestre nu pot trăi dacă nu au acces la apă, aceasta fiind element fundamental pentru desfășurarea proceselor lor metabolice. Plantele și animalele din deșerturi au adaptări speciale ca să se desfășoare în condiții optime. Dacă nu o au, intră în stare de anabioză – de somn estival (de vară) - sau în hibernare (iarna), până ce condițiile de viață redevin optime pentru ele. Un alt aspect este existența la toate speciile de organisme a unor adaptări pentru a trăi în apă, sau pentru a o obține și la nevoie pentru a stoca apa necesară metabolismului lor (dacă trăiesc în mediul terestru).

Mările și oceanele sunt mase imense care întrețin toate formele de viață și care servesc omenirii pentru a-și obține hrana (plantele pe care le cultivă, animalele domestice cu a căror carne se hrănesc, peștii care la unele popoare constituie elementul nutritiv de bază etc.).

Pe mări și oceane se circulă și se transportă cele mai multe din produsele care susțin economia mondială, pe malul lor sunt cele mai mari așezări umane, chiar și în prezent, în epoca transportului aerian.

Apa dulce se utilizează pentru băut, dar și pentru a realiza extrem de multe activități industriale, recreative sau medicale. Apa dulce, este folosită și la îndepărtarea deșeurilor rezultate din multitudinea de activități ale societății umane. Apa asigură culturile cu apa care se stochează în soluri, astfel încât ea asigură dezvoltarea ulterioară a culturilor agricole. Și exemplele pot continua.

Apa lichidă are și o componentă neplăcută: în mări și oceane acțiunea valurilor poate determina scufundarea navelor create de oameni. Valurile erodează malurile, afectează turismul litoral, poate eroda construcțiile portuare și distruge culturile realizate de oameni (dacă ele sunt efectuate prea aproape de maluri). Apele curgătoare sunt unul din principalii factori de erodare a litosferei și mai ales a pedosferei. Ele pot determina inundații care pot merge până la schimbarea cursului apelor, au urmări distrugătoare asupra terenurilor agricole și în unele cazuri mii de oameni pot muri prin înecare. Apa este capabilă să distrugă așezările umane sau amenajeri hidrotehnice destinate unei buni gospodării a apelor interioare etc.

Deoarece apa subterană este una dintre cele mai importante surse de alimentare a apelor de suprafață, în zonele în care ea este insuficientă, poate determina deșertificarea și transforma terenurile de la suprafața pământului în zone aride, neproductive, improprie oricăror folosințe umane. Dacă ea este folosită cu grijă, ea asigură irigarea terenurilor agricole, ne asigură o apă potabilă de calitate, sau este o sursă medicală de apă pentru oamenii care suferă de diferite afecțiuni medicale (este implicată în cele mai variate activități balneoterapeutice).

Apa sub formă de vapori ne asigură un aer respirabil, dar și ploi sau zăpezi de care depinde mult, toată gama de activități a omenirii. Ea este însă o componentă de bază a curenților aerieni în care creează furtunile, taifunurile și uraganele, fiind unul din factorii care fac ca aceste fenomene aeriene să fie atât de distrugătoare.

Deci apa, în cele trei feluri în care se prezintă pe planeta noastră este cel mai important factor de mediu; ea are efecte benefice și uneori catastrofale, dar fără ea nu putem trăi nici noi, nici întreaga lume vie. Că putem să o utilizăm rațional sau că putem preîntâmpina efectele ei nedorite, asta este cu totul altceva.

2.5 Atmosfera

Pământul este înconjurat de un înveliș de aer numit atmosferă. Atmosfera Terrei este un înveliș de gaze care separă planeta de mediul cosmic (Figura 30). Atmosfera este practic 100% gazoasă. Ea este compusă din aer, dar conține și substanțe solide și lichide fin divizate (sau sub formă de urme). În aer se mai pot întâlni praf mineral, polen, spori, aerosoli ai unor compuși sintetizați de oameni (poluanți, pesticide, clor, fluor, mercur, sulf, metan etc.). Avioanele poluează atmosfera cu gazele provenite de la arderea carburanților pe care îi folosesc (Tabelul 6) ("Atmosphere | National Geographic Society", "Atmospheric Composition", 2019; Auld, 2008; Lutgens 1995).



Figura 30. Atmosfera pământului văzută deasupra stratului superior de nori (<https://en.wikipedia.org/wiki/Atmosphere>)

Atmosfera protejează viața de pe planeta noastră de radiațiile solare nocive, creează un efect de seră la nivelul suprafeței terestre (daca nu ar fi atmosfera, temperatura medie pe planetă ar fi de -18°C , iar sub influența efectului de seră ea are valori optime (în medie de $+15^{\circ}\text{C}$) și reduce diferențele de temperatură care se pot ivi între zi și noapte, așa cum se întâmplă pe planetele lipsite de atmosferă) (Lutgens *et al.*, 1995).

Tabelul 6. Caracteristicile și componentele actuale ale atmosferei planetei Terra (tornado.sfsu.edu)

Presiunea atmosferică	101 325 Pa
Volumul masei de sol	$1,217 \text{ kg/m}^3$
Masa totală	$5,148 \times 10^{18} \text{ kg}$
Înălțimea scalei	8,5 km
Masa molară medie	28,97 g/mol
Azot(N_2)	78,084 % volum sec
Oxigen (O_2)	20,946 % volum sec
Argon (Ar)	0,9340 % volum sec
Dioxid de carbon (CO_2)	413 ppm volum sec
Neon (Ne)	18,18 ppm volum sec
Heliu (He)	5,24 ppm volum sec
Metan (CH_4)	1,79 ppm volum sec
Kripton (Kr)	1,14 ppm volum sec
Hidrogen (H_2)	550 ppb volum sec
Protoxid de azot (N_2O)	300 ppb volum sec
Monoxide de carbon (CO)	100 ppb volum sec
Xenon (Xe)	90 ppb volum sec
Ozon (O_3)	0 à 70 ppb volum sec
Dioxid de azot (NO_2)	20 ppb volum sec
Iod (I)	10 ppb volume sec
Vapori de apă (H_2O)	~ 0,4 % volum global ~ de 1 à 4 % din suprafață

Cea mai importantă proprietate a acestui înveliș este faptul că are în componența sa oxigenul în forma sa gazoasă, fără de care viața pe Terra ar fi imposibilă. În același timp, atmosfera este ca o haină de protecție împotriva meteoriților, a căldurii și a luminii solare.

Atmosfera conține o mare cantitate de apă aflată fie sub formă de vapori, nedetectabilă cu ochii, fie sub forma de nori (care sunt formați din picături mici de apă, din fulgi de zăpadă sau din cristale fine de gheață). Vaporii de apă sunt sursa ploilor care cad din norii formați în atmosferă.

În ciuda fluctuațiilor radiațiilor solare, temperatura de la suprafața Pământului a fost relativ constantă de-a lungul erelor geologice. Acest lucru indică existența unui proces dinamic ce guvernează temperatura Terrei printr-o combinație de efect de seră și de albedou atmosferic și de suprafață.

Masa Pământului permite atracției gravitaționale să păstreze o atmosferă în jurul planetei. Vaporii de apă și dioxidul de carbon din atmosferă creează un efect de seră care asigură o temperatură de suprafață relativ constantă. Dacă Pământul ar avea dimensiuni mai mici și o atmosferă mai subțire, acestea ar duce la existența unor temperaturi extreme care să nu permită acumularea apei decât în calotele glaciare din jurul polilor (așa cum se întâmplă pe planeta Marte).

În cursul miliardelor de ani concentrația în dioxid de carbon a suferit fluctuații mari, determinate de factori interni, externi, biologici și antropici.

"Linia Karaman", situată la cca 100 Km distanță de planetă este considerată frontiera dintre atmosferă și cosmos (Figura 31). Alitudinea de 120 Km este limita de la care efectele atmosferice devin palpabile pentru orice obiect solid care intră în atmosfera terestră.

Atmosfera suferă influența rotației sistemului Terra – Lună, precum și interferențele Lunii noastre cu Soarele.

2.5.1 Formarea atmosferei terestre

În urmă cu 4,56 miliarde de ani, când s-a format globul pământesc, hidrogenul și heliul erau gazele dominante la exteriorul planetei. Pe măsură ce ea se răcea, aceste două gaze, datorită caracteristicilor lor chimice, a densității și greutății lor specifice, s-au disipat în spațiul cosmic din jurul planetei (Lutgens *et al.*, 1995).

Atmosfera terestră actuală își are originea în gazul extras din litosferă după formarea planetei. Sub influența procesului de răcire lentă a masei planetare și a activităților vulcanice extrem de intense care se manifestau ca urmare a reacțiilor termionucleare care aveau loc sub scoarța terestră, au fost aduse la suprafață, prin erupții vulcanice, elementele sau compușii chimici simpli cei mai ușori, care erau în următoarele proporții: apă (80%), dioxid de carbon (10%), hidrogen sulfurat (7%). Această combinație de gaze poate fi și astăzi întâlnită în emanațiile și erupțiile vulcanice.

Pe parcursul istoriei geologice a Pământului, atmosfera sa a evoluat sub influența mai multor factori: disiparea (volatilizarea) unei părți a gazelor atmosferice în spațiul cosmic, descărcarea gazelor din litosferă prin activitatea vulcanică și disocierea (divizarea) moleculară a unor compuși din litosferă și hidrosferă.

Odată cu răcirea scoarței terestre, vaporii de apă s-au condensat și au căzut pe suprafața scoarței sub formă lichidă (de ploaie), dar aproape imediat se reevapora și revenea în atmosferă. Practic o perioadă lungă de timp au existat ploii calde intense și neîntrerupte, fapt ce a determinat existența unei atmosfere dominată de vaporii de apă. Cu cât scădea temperatura pe suprafața scoarței terestre, apa s-a avaporat tot mai lent și a început să se adune în depresiunile acesteia. Așa a început formarea oceanului planetar. Temperatura apei lichide a scăzut permanent; a scăzut de la 100°C, până la temperaturi care au ajuns treptat la +4 - +5 °C (densitatea cea mai mare a apei), iar apoi a scăzut la sub 0 °C (punctul de înghețare a apei). Temperatura apelor terestre nu era uniformă.

Ea varia în funcție de grosimea scoarței, expunerea planetei la acțiunea radiațiilor solare (zi-noapte), grosimea stratului de apă, distanța față de soare etc. Radiațiile ultraviolete intense au determinat o descompunere fotochimică a moleculelor de apă, a metanului și a amoniacului, ele eliberând astfel azotul și dioxidul de carbon în atmosferă. În acest fel compoziția primară a atmosferei terestre s-a tot schimbat, dominant devenind azotul, iar pe locul al doilea dioxidul de carbon. Deoarece azotul este inert din punct de vedere chimic, ponderea sa în atmosferă a rămas ulterior neschimbată.

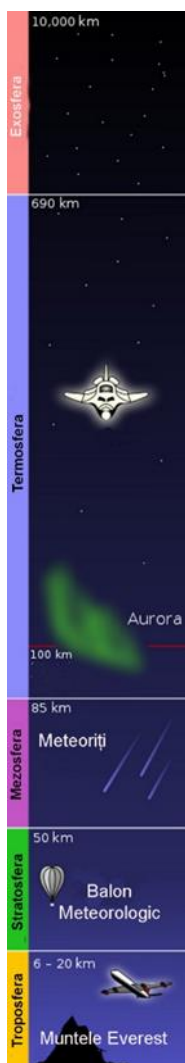
După apariția vieții și odată cu dezvoltarea și diversificarea formelor ei, din necesitatea creșterii eficienței de obținere a energiei care susține viața, au apărut la unele bacterii procesul de fotosinteză, deci de folosire a energiei solare pentru scindarea dioxidului de carbon și utilizarea moleculelor de apă pentru eliberarea de oxigen (carbonul rezultat era folosit la crearea moleculelor de substanțe organice specifice organismelor vii). Oxigenul monoatomic eliberat, a format imediat molecule de oxigen (O_2), care s-au dizolvat în apa oceanului planetar. După ce acest gaz a ajuns în apele oceanice la saturație, excesul a început să iasă în atmosferă, urcând din apă sub forma unor bule de gaz. Procesul se desfășura permanent. Cu timpul, moleculele de oxigen au devenit și ele o componentă permanentă a atmosferei. Dacă la început oxigenul avea o pondere extrem de redusă, treptat cantitatea sa a crescut, ajungând în prezent la peste 21%. Producerea sa intensificându-se tot mai mult, organismele fotosintetizante și cele aerobe oxidante s-au dezvoltat precumpănitor, astfel încât ele au devenit dominante la suprafața mediului terestru (a se vedea evoluția vieții pe Terra). În prezent intensitatea producerii de oxigen pentru atmosferă este în echilibru cu cantitatea de dioxid de carbon eliberat de viețuitoare în procesele de respirație și cu producția de compuși organici sintetizați de ele.

Odată cu apariția și creșterea concentrației oxigenului din apă și atmosferă, au apărut oxizii mai multor elemente chimice, oxizi care în prezent joacă o mare importanță în procesele care au loc în litosferă și hidrosferă.

În urmă cu circa 350 milioane de ani o parte din oxigen a format, prin ionizarea stratelor superioare ale atmosferei și sub influența radiațiilor solare și a razelor cosmice, un strat de ozon (O_3). Ozonul, combinație alotropică a oxigenului, protejează în prezent pământul de acțiunea nocivă pe care o au razele ultraviolete provenite din lumina solară asupra viețuitoarelor. De atunci și până azi compoziția aerului atmosferic a rămas relativ stabilă.

2.5.2 Stratificarea atmosferei

Atmosfera terestră are o masă de cca $4,9 \times 10^{18}$ kg și este alcătuită în funcție de temperatură din mai multe straturi, partea superioară a fiecărui strat terminându-se cu o zonă de așa-numită „pauză” (Lutgens *et al.*, 1995). Aceste strate, sunt evidențiate în figura 31.



- Troposfera. Se află de la 0 m la nivelul mărilor și oceanelor, la 8 Km deasupra munților înalți și în zona polară, la 17 km la tropice și poate suferi variații în funcție de factori meteorologici sau sezonieri. Ea are o grosime medie de circa 11 km (1/600 din raza de 6 371 km a Pământului). Troposfera constituie aproximativ 90 % din masa totală a atmosferei (se include aici și tropopauza). În troposferă au loc toate fenomenele meteorologice cunoscute (curenți de aer, crearea norilor, filtrarea luminii solare, plutirea prafului și poluanților proveniți de pe suprafața litosferei și a pedosferei etc.). De aceea troposfera este stratul cel mai agitat, mai schimbător și mai frământat al atmosferei terestre. În troposferă opacitatea aerului este cea mai mare. Aici radiațiile soarelui sunt cel mai puternic reținute de particulele de apă aflată sub formă de vapori, lichid sau gheață (toate aceste forme creează norii care umbresc scoarța terestră, cad pe ea și o udă, sau o acoperă cu învelișul de zăpadă sau gheață). Opacitatea depinde mult și de particulele cele mai fine de praf aduse în troposferă de către curenții ascendenți de aer cald, în special de emisiile de praf din vulcanii care erup din litosferă.
- Stratosfera –este stratul atmosferei situat între 7 – 50 km (inclusiv stratopauza). În ea se formează stratul de ozon. Stratul de ozon se află în stratosferă, dar el este alcătuit din molecule de oxigen formate din 3 atomi de oxigen (O₃), ca efect al acțiunii radiațiilor ultraviolete venite de la soare asupra moleculelor de oxigen (O₂). Din punct de vedere chimic ozonul este o moleculă instabilă, dar în condițiile unde se formează în stratosferă, el are durate lungi de existență. Ozonul formează un strat gros de cca 20-40 Km și are o concentrație de până la 20 ppm.
- Mezosfera se află între 50 și 80 km (inclusiv mezopauza).
- Termosfera (numită și „ionosferă”) se află între altitudinile de 80 și 640 km; denumirea de „termo-” este legată de creșterea relativ bruscă a temperaturii cu altitudinea, iar cea de „iono-” de fenomenul de ionizare a atomilor de oxigen și azot existenți, care astfel devin buni conducători de electricitate și pot influența transmisiile radio.
- Exosfera se întinde de la 500 - 1.000 km până la cca 100.000 km. Ea face trecerea de la atmosfera planetei la spațiul interplanetar.

Figura 31. Stratificarea atmosferei terestre (<https://en.wikipedia.org/wiki/Atmosphere>)

Principalele lor caracteristici sunt prezentate în tabelul 7.

Tabelul 7. Principalele caracteristici ale atmosferei terestre în anul 1976 (Auld, 2008)

Straturi (în ISA) Strat	Nume	Altitudine geopotentială la bază h (în km)	Altitudine geometrică la bază z (în km)	Gradient de temperatură α (în °C/km)	Temperatura la baza stratului T (în °C)	Presiunea la baza stratului p (în Pa)
0	Troposferă	0,0	0,0	-6,5	+15,0	101325
1	Tropopauză	11,000	11,019	+0,0	-56,5	22632
2	Stratosferă	20,000	20,063	+1,0	-56,5	5474,9
3	Stratosferă	32,000	32,162	+2,8	-44,5	868,02
4	Stratopauză	47,000	47,350	+0,0	-2,5	110,91
5	Mezosferă	51,000	51,413	-2,8	-2,5	66,939
6	Mezosferă	71,000	71,802	-2,0	-58,5	3,9564
7	Mezopauză	84,852	86,000	—	-86,2	0,3734

Temperatura atmosferei terestre variază foarte mult la nivelul diferitelor sale straturi. În troposferă ea scade de la suprafața scoarței (unde este de +15⁰) până la -56⁰C, apoi în stratosferă crește la -2,5⁰C (probabil sub influența existenței stratului de ozon care imprimă atmosferei efectul de seră); în mezosferă scade din nou la -86⁰C, pentru ca apoi în termosferă, să crească din nou la -40⁰C. În exosfera planetei temperatura este ca cea a golului cosmic, deci cu puțin peste temperatura de -250⁰C (Figura 32).

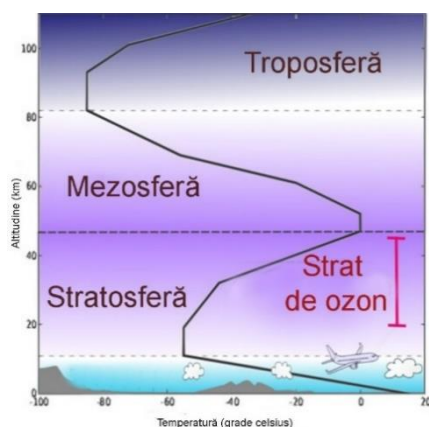


Figura 32. Profilul vertical al temperaturii în diferitele straturi ale atmosferei (<https://en.wikipedia.org/wiki/Atmosphere>).

Presiunea atmosferică la nivelul oceanului planetar este de 1 atmosferă (valoare dată convențional de oameni pentru a măsura greutatea unei coloane de aer, din stratosferă până la nivelul apei oceanului). Ea este rezultatul direct al greutății totale a aerului aflat deasupra unui anumit loc de pe suprafața planetei noastre. Ea variază în funcție de loc, altitudine, timp și viteza curenților de aer. Presiunea este maximă la nivelul mărilor și oceanelor și scade exponențial cu altitudinea (pe munții cei mai înalți ea are valorile minime – de ex. pe Muntele Everest ea scade la cca 50% din presiunea existentă la nivelul oceanului).

Culorile atmosferei se datorează dispersiei aerului, particulelor de apă și cantităților de alte particule minerale sau organice ajunse de pe suprafața atmosferei în ea. Curcubeul este determinat de desfacerea radiațiilor solare în cele 7 componente ale ei de bază.

Aurorele boreale se datoresc interacției dintre particulele vântului solar și atmosfera înaltă, plus influența magnetosferei terestre.

2.5.3 Alte aspecte privind atmosfera planetei noastre

Atmosfera este învelișul terestru cel mai uniform răspândit. Ca tot ceace se petrece pe pământ, și în atmosferă există o periodicitate a multor procese ce au loc aici. Urmărind atmosfera pe perioade relativ scurte de timp, circulația aerului este permanentă; ea este o caracteristică pe care în mod normal noi o denumim "vreme" (Commoner, 1980).

Circulația atmosferei este mișcarea stratului de aer care înconjoară planeta, care redistribuie căldura ce provine de la soare, în corelație cu rotația planetei și cu circulația pe verticală și orizontală (curenții oceanici) a apelor din oceanele planetei. Fluctuația neconținută a vremii este determinată de energia solară. Atunci când razele soarelui cad pe suprafața planetei, ele transportă energie care încălzește componentele litosferei, pedosferei, sau ale hidrosferei. Ca urmare dacă toate substanțele se încălzesc, și temperatura stratului inferior al atmosferei, troposfera, se încălzește, apar curenții de aer ascensionali. Aerul mai rece de mai sus, se coboară și așa apar brizele răcoroase sau curenții de aer reci. Căldură absorbită de ape, în special cele marine și oceanice determină trecerea apei lichide în forma sa gazoasă (formând vaporii) care se urcă în atmosferă. Fiecare gram de vaporii din atmosferă conține circa 536 calorii. Această energie încălzește aerul; în acest mod se nasc vânturile. În funcție de viteza de mișcare a aerului cald și rece, viteza vânturilor este mai mică sau mai mare, iar acestea, la rândul lor mișcă norii. Dacă circulația aerului cald și a celui rece este foarte rapidă, se nasc uraganele și cicloanele. Curenții de aer sunt unul din factorii cei mai importanți care influențează climatul în diferite regiuni ale planetei, dar care condiționează și modul în care se desfășoară procesele vitale ale organismelor care constituie biosfera.

Troposfera este zona cea mai importantă a atmosferei, deoarece ea, deși ea este stratul cel mai subțire, are și cea mai mare densitate, dar este și cel care are grosimea cea mai fluctuantă: la poli este doar de 7-8 Km, iar la ecuator crește la 13-16 Km (ca urmare a mișcării centrifuge determinate de rotația circadiană a planetei). Troposfera este stratul de aer cel mai agitat atât în mod natural, cât și sub

acțiunea diferitelor activități umane. Aici se resimt cel mai pregnant variațiile condițiilor climatice de la suprafața planetei, dar și variațiile determinate de condițiile climatice de la suprafața acesteia. Amestecul de gaze din troposferă antrenează nu numai o parte din componentele acestor învelișuri, ci și poluanții solizi, lichizi și gazoși rezultați din variatele activități umane, care ajung astfel în atmosferă. Deci curenții de aer rece care înlocuiesc aerul cald poluat care urcă, sunt cei care aduc aerul curat în zonele în care oamenii, prin activitățile lor, deteriorează compoziția chimică a aerului, determinând poluarea sa. Când temperatura scade, vaporii de apă se pot condensa (vor forma norii de ploaie) sau chiar solidifica (vor forma fulgi de zăpadă sau ace de gheață); acum are loc eliberarea căldurii latente, care la rândul ei duce la o nouă ridicare a masei de aer. Acest proces determină scăderea temperaturii cu altitudinea (este așa numitul gradient termic adiabatic). Avioanele zboară încă numai în troposferă, pe care o poluează cu gazele.

Troposfera conține cca 80% din masa totală a atmosferei planetare, iar jumătate din aceasta se află sub 5,5 Km altitudine. Așa putem înțelege de ce atunci când ne urcăm pe munți, presiunea aerului scade rapid și oamenii respiră cu mai mare greutate, iar aerul inspirat nu le aduce suficient oxigen pentru nevoile lor fiziologice. Până la altitudinea de 3 Km aerul este cel mai impurificat, deoarece curenții de aer antrenează de pe Terra praf, pulberi fine și germeni de viețuitoare.

Tot aici se mișcă pe orizontală și pe verticală norii formați din vaporii de apă sau cristalele de gheață, circulă aparatele de zbor create de oameni și tot aici se resimt cel mai puternic efectele activităților vulcanice de la suprafața litosferei și zboară păsările.

Organisme vii și formele lor de rezistență (spori și chiști) se pot întâlni numai în troposferă. Stratele superioare ale atmosferei nu conțin reprezentanți ai biosferei. Mai mult, trebuie remarcat faptul că dintre toate învelișurile planetei, reprezentanții biosferei sunt cel mai puțin reprezentați în atmosferă.

Comparativ cu atmosferele celorlalte corpuri cerești, cea a planetei Terra este extrem de mult (mai ales troposfera) influențată de apă. Aceasta se află în toate cele trei forme și creează norii. Ei umbresc suprafața planetei, reduc temperatura și amplitudinea fluctuațiilor ei, stau la baza acțiunii negative a curenților de apă proveniți din precipitații și a intensității circulației aeriene a prafului și nisipului fin antrenat din litosferă.

Dioxidul de carbon, chiar dacă este prezent acum în cantități mici, el are totuși o influență specială, deoarece el permite trecerea celor mai multe radiații solare, dar reține radiațiile infraroșii. Am arătat mai sus că radiațiile solare încălzesc scoarța terestră și aerul cald se ridică. Dar, dioxidul de carbon declanșează efectul de seră, reține căldura, care astfel s-ar fi disipat în straturile superioare ale atmosferei. Prin aceasta dioxidul de carbon din atmosferă acționează ca o uriașă supapă de energie.

La început, când planeta era mult mai caldă, tocmai dioxidul de carbon era din abundență, iar efectul de seră era mult mai important. Efectul de seră este factorul care a determinat ploile masive, intense și aproape permanente care au dus la apariția oceanului planetar primordial.

2.6 Magnetosfera

Magnetosfera este zona din jurul planetei noastre în care câmpul magnetic dominant este cel al Pământului (așa numitul câmp geomagnetic). Acest câmp își are sursa în mișcările apărute în interiorul nucleului lichid exterior al Pământului și poate fi asemănat (pus în evidență) cu un magnet situat în interiorul Pământului. Magnetosfera unei planete este formată atunci când există un flux de particule încărcate electric, cum ar fi vântul solar, care interacționează cu câmpul magnetic al planetei sau al unui corp ceresc similar. Pământul este înconjurat de o magnetosferă, la fel cum sunt și celelalte planete cu câmpuri magnetice (în sistemul nostru solar (doar Venus și Marte nu au magnetosfere))(Gunell *et al.*, 2018; Blanc *et al.*, 2005; van Allen, 2004).

Câmpul magnetic terestru este generat de mișcarea de convecție a nucleului exterior al Pământului compus în mare parte din fier în stare lichidă. Acesta poate fi aproximat cu un câmp dipolar a cărui axă este înclinată la un unghi de aproximativ 11° față de axa de rotație a Pământului (Figura 33). De-a lungul timpului, câmpul magnetic al Pământului a fost folosit de oameni pentru orientarea terestră și maritimă (acul busolei este el însuși un magnet dipolar care indică direcția către polii geomagnetici nord și sud)(Van Allen, 2004; Tsyganenko, 1995).

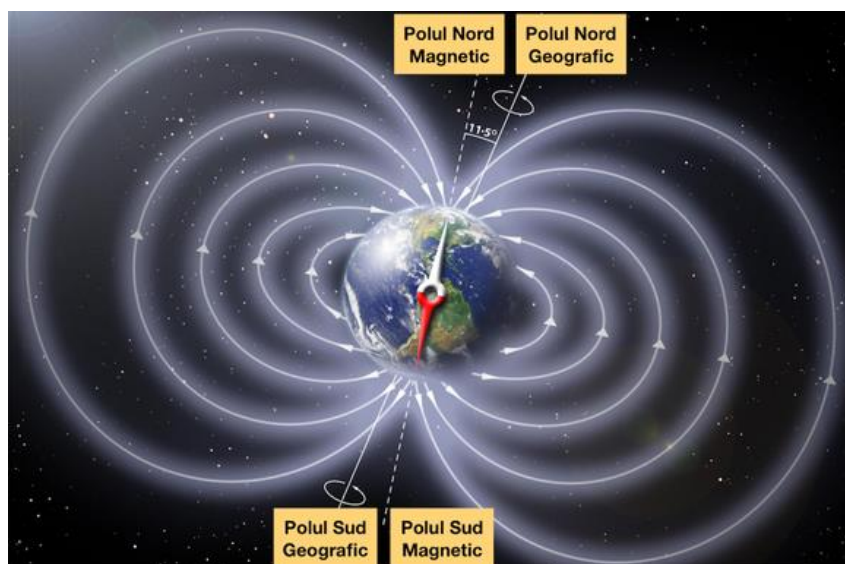


Figura 33. Câmpul magnetic terestru (<https://polarpedia.eu/ro/magnetosfera-pamantului>)

Vântul solar reprezintă un flux de plasmă emis continuu de către Soare în întreg spațiul interplanetar (Blanc *et al.*, 2005). Viteza de propagare a acestuia în apropierea Pământului este de ordinul sutelor de km/s. Acțiunea sa asupra câmpului geomagnetic are un efect de comprimare a acestuia în regiunea frontală, respectiv de alungire în direcția anti-solară (Figura 33 și 35). În acest fel ia naștere magnetosfera, definită ca regiunea din jurul Pământului dominată de acțiunea câmpului magnetic terestru ("Ionosphere and magnetosphere". *Encyclopædia Britannica*, 2012; van Allen, 2004; Buis, 2021). **Magnetosfera** reprezintă un scut invizibil pentru oameni, care ne apără de particulele de energie ridicată adusă de vântul solar (Buis, 2021). Limita sa superioară poartă numele de magnetopauză, iar cea inferioară este **ionosfera** – stratul ionizat al atmosferei terestre. Cu toate că magnetosfera joacă rolul unui scut protector, în anumite condiții particulele de energie mare din vântul solar pot pătrunde în interiorul acesteia prin regiunile de deasupra polilor magnetici, îndreptându-se către atmosfera înaltă de-a lungul liniilor de câmp. Acolo, electronii din vântul solar se ciocnesc cu atomii și moleculele de oxigen și azot care compun atmosfera Pământului. În urma acestei interacțiuni se produce modificarea structurii interne a acestora. După un timp extrem de scurt, urmează un proces de dezexcitare prin care se emite lumină de diverse culori și forme. În acest fel se produc **aurorile polare la cele două capete ale planetei: boreală** (în emisfera nordică) și **australă** (în emisfera sudică) (*Encyclopædia Britannica*, 2021) (Figura 34).

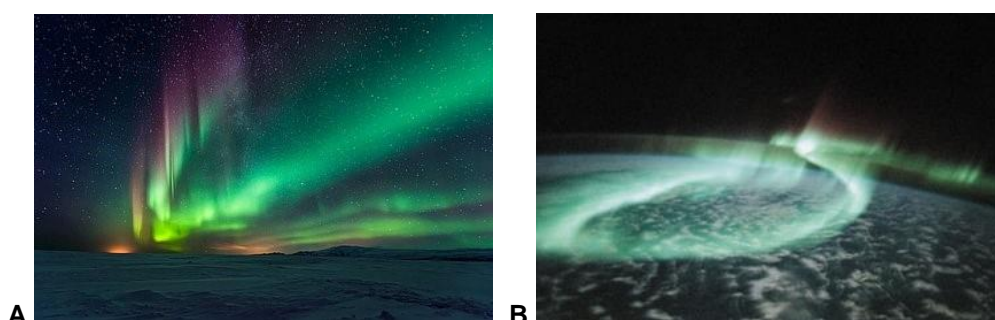


Figura 34. **A**-Aspectul unei aurore polare în Groenlanda (<https://facerealumii.ro/magnetosfera-forta-invizibila>), **B**- Aurora australa a pământului văzută din o navă spațială (Ionosphere and magnetosphere – Magnetosphere, Britannica)

Câmpul magnetic al Pământului, este generat de un curent electric care circulă în miezul exterior al planetei. Pe măsură ce circulă prin miezul metalic, acest curent pierde în mod inerent energie. Energia mișcării sale este disipată sub formă de căldură. Această descreștere a fost măsurată în timp real de-a lungul multor ani. Se estimează că în cel mult aproximativ 10 000 de ani, chiar și cel mai puternic câmp ar fi trebuit să descrească până la zero, permițând razelor cosmice să distrugă toată viața de pe Pământ. Dacă s-ar permite radiațiilor cosmice să bombardeze suprafața planetei noastre, ea ar avea

efecte extrem de dăunătoare asupra întregii vieți. Cu toate acestea, existența magnetosferei ne asigură că cea mai mare parte a acesteia nu va ajunge vreodată la noi. Acest lucru se datorează modului în care un câmp magnetic exercită o forță asupra unei particule încărcate care se deplasează prin el. Bombardamentul constant al vântului solar „comprimă” partea îndreptată spre soare a magnetosferei terestre (Seki *et al.*, 2001; Gunell *et al.*, 2018).

Partea orientată spre soare a magnetosferei terestre se extinde de aproximativ 6 - 10 ori mai mult decât raza pământului. Partea magnetosferei îndreptată opus față de soare se întinde sub forma unei cozi magnetice imense, care fluctuează în lungime și poate măsura sute de raze ale Pământului (Figura 35).

Câmpul magnetic al pământului este generat de geosferă și pedosferă și, se opune câmpurilor magnetice care acționează asupra planetei (atât din partea soarelui, cât și a altor corpuri cerești). El protejează organismele vii de acțiunea radiațiilor cosmice, deci permite desfășurarea vieții pe pământ. Câmpul magnetic terestru este sesizat de multe specii de organisme vii, îndeosebi plante și animale. Câmpul magnetic al pământului poate influența sănătatea viețuitoarelor, permite orientarea în spațiu a multor organisme terestre și acvatice și stă la baza migrațiilor unor specii de mamifere, păsări, pești, viermi și celenterate marine. Sesizarea acestuia de ființele vii le ghidează în migrațiile de reproducere (somoni, anghile, păstrăvi), sau pentru a se feri de efectele negative ale schimbărilor climatice (spre ex. servesc păsărilor pentru orientare primăvara și toamna în cursul migrațiilor lor pe distanțe mari, mai ales noaptea).

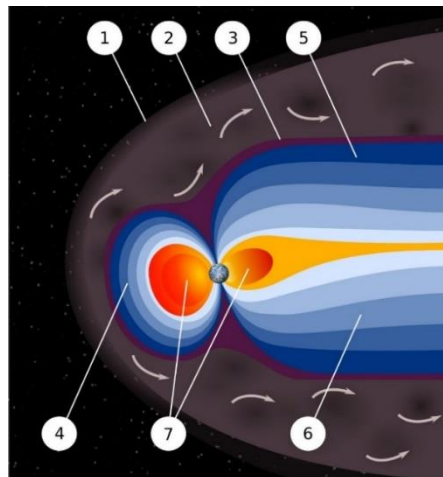


Figura 35. Diagrama magnetosferei pământului. 1) Arcul de șoc, 2) Îvelișul magnetic, 3) Pauza magnetică, 4) Magnetosfera, 5) Lobul cozii nordice, 6) Lobul cozii sudice, 7) Plasmasfera (Câmpul magnetic al Pământului) (MultiMedia telework.ro)

2.7 Interacții între componentele toposferei

Cele trei componente principale ale toposferei -hidrosfera, atmosfera și litosfera – sunt strâns legate între ele, formând împreună cu componenta vie a planetei (biosfera) un singur sistem funcțional unic, ecosfera.

Unicitatea planetei noastre constă în faptul că este singura din sistemul solar pe care există viața. Apariția vieții este consecința existenței a două elemente esențiale: apa și oxigenul din aer.

Istoria Pământului este și istoria învelișurilor sale.

2.7.1 Rolul energiei venite din cosmos asupra toposferei

De la apariția planetei și apoi neîntrerupt, Terra a primit radiații cosmice, geomagnetice și suferă diverse influențe provenite din masele solide ale sistemului nostru solar, precum și diferite emisii de energie (în tot spectrul său, nu numai în spectrul vizibil - pe care toată lumea îl cunoaște (Dixon *et al.*, 2001; Dalrymple, 1991).

Planeta se protejează de radiațiile cosmice prin prezența unei atmosfere destul de complexe, tocmai ca rezultat al tendinței biosferei de a acționa în special asupra troposferei (cu ajutorul vaporilor de apă) și stratosferei (datorită stratului de ozon). Acestea două au permis ca biota planetară să se diversifice și să fie capabilă să protejeze planeta de acțiunea acestor radiații.

Se poate deci vorbi de o gamă largă de radiații care acționează asupra planetei, dar cu care viața de pe pământ s-a obișnuit și deci nici nu le mai remarcă. Dacă ar lipsi vreuna din ele, atunci cu siguranță că i-am fi simțit imediat lipsa.

După radiațiile aflate în gama luminii vizibile, cele mai importante sunt radiațiile magnetice solare, dar care au fost de multă vreme atenuate de magnetosfera planetei noastre, astfel încât nu ne mai dăm seama că "ne lipsesc", sau că ele sunt mult atenuate.

O a doua categorie de radiații, cele provenite de la soarele nostru (cele de origine termionucleară), sunt și acestea mult atenuate de structura atmosferei planetei noastre.

2.7.2 Interacții simple

Interacții între miezul plantei și litosferă

Planeta Terra este singura care are litosfera sub forma unor plăci tari, care stau una lângă alta. Deoarece aceste plăci exercită o presiune asupra mantalei, au loc permanente mișcări orizontale și verticale, precum și coliziuni și frecțiuni între plăci, care determină o fisurare permanentă a plăcilor scoarței terestre și provoacă neîncetat cutremure cu diferite grade de intensitate.

În interiorul planetei au loc reacții nucleare, prin care se formează și se disociază neconținut diferiți atomi. Aceste reacții sunt exoterme și fac ca temperaturile din interiorul planetei să fie foarte ridicate. Mantaua este lichidă. Litosfera este solidă, dar e de grosimi diferite. Dacă la suprafață ea are o temperatură medie de cca +15°C, cu cât coborâm în adâncimea litosferei, cu atât temperatura crește, astfel că la interfața dintre litosferă și manta ea atinge 1.100°C.

La contactele dintre plăcile litosferei sunt fisuri prin care urcă din manta lava topită, care, datorită frecării plăcilor, iese adesea cu mare presiune (în aceste locuri se află vulcanii activi și gheizerulele cu apă clocotită).

Toate fenomenele energetice care au loc pe planeta Terra se datorează interacțiilor dintre efectele energiei solare și cele ale energiei interioare a Pământului.

Interacțiile litosferei cu hidrosfera

Există mai multe ipoteze privind originea apelor de pe pământ. Se consideră că apa a fost eliberată din mantaua și scoarța terestră în urmă cu circa 4 miliarde de ani. La început, volumul hidrosferei oceanice era doar de 20 miliarde de km³. Prin eliberarea de apă din manta ea a crescut treptat, astfel încât în prezent apa liberă este apreciată la 1380 miliarde de km³. Din acest volum 97% este stocată în oceanul planetar, iar ghețarilor și zăpezilor permanente le revin circa 1,7% , apei subterană îi revine 1,2%, iar restul de apă existent pe planetă (adică 0,1%) revine celorlalte componente ale hidrosferei (apa dulce de pe mediul terestru și ca stocată în organisme vii).

Vulcanii eliberează o cantitate mare de particule în atmosferă. Acestea servesc drept nucleee pentru formarea picăturilor de apă (deci a precipitațiilor). Acest lucru este dovedit de faptul că deobicei intensitatea precipitațiilor crește în urma erupțiilor vulcanice, ele antrenând praful, pulberile și alte materiale mici care sunt aruncate de vulcani în atmosferă și care dizolvă o parte din gazele eliberate de vulcani.

Litosfera nu este o limită netă pentru hidrosferă, deoarece prin fisurile ei și prin crăpăturile care apar în sol (fantele și golurile din litosferă) pătrunde apa în interiorul scoarței terestre, formând depozitele de apă subterană. Prin acțiunile directe sau indirecte ale apei, scoarța terestră are aspecte diferite și poate suferi modificări evidente. Indiferent de starea de agregare (lichidă, solidă și gazoasă), apa este unul dintre factorii modelatori externi cei mai activi ai suprafeței acesteia. Pătrunzând în fisurile sau în porozitățile rocilor, apa mijlocește câteva dintre procesele premergătoare ale eroziunii, și anume dezagregarea mecanică și descompunerea chimică. În acest mod apar grohotișurile, fenomenele carstice, scoarța de alterare etc. În ținuturile reci, o alta formă de dezagregare este determinată de înghețul apei, în urma căruia ia naștere relieful preglaciar.

Legăturile hidrosferei cu litosfera sunt multiple:

Litosfera oferă suportul pe care apa poate exista sub toate cele trei stări de agregare:

- *lichida* (în mări și oceane, cursuri de apă, lacuri, bălți și mlaștini, în porii și fisurile rocilor etc.),
- *solidă* (în ghețari, zăpezi permanente)
- *gazoasă* (în vaporii de apă din atmosferă și din roci);

Litosfera, prin dinamica sa, contribuie la modificarea conturilor apelor stagnante (a formelor și dimensiunilor acestora), iar asupra apelor curgătoare acțiunea de modificare a altitudinilor substratului terestru determină panta, traseul și viteza de scurgere (care la rândul ei influențează intensitatea proceselor de eroziune și de colmatare).

Litosfera, prin specificul său geotermic sau prin fenomene magmatice, contribuie la modificări ale temperaturii apei și chiar la trecerea acesteia din stare lichidă în stare de vaporii.

Eroziunea este procesul geologic prin care materialul litosferei și/sau solul sunt fărâmițate și transportate ape. Eroziunea duce la schimbarea reliefului, a litoralului marin sau oceanic. Materialul provenit din eroziunea ce are loc în cadrul unui bazin acvatic este transportat de apele curgătoare, iar atunci când curentul apei se reduce, în funcție de mărimea particulelor și de greutatea lor, acestea, sub acțiunea gravitației, se depun treptat pe fundul bazinului acvatic respectiv.

Sedimentarea este procesul de depunere a particulelor purtate de către ape. Acest proces apare ca urmare a anumitor forțe (gravitație, forță centrifugă sau electromagnetism) care acționează asupra particulelor solide din apa de ploaie, sau din apele curgătoare care sunt aduse la suprafața litosferei din adâncurile sale.

Colmatarea este procesul de depunere a materialului transportat de apele curgătoare, având ca rezultat ridicarea treptată a fundului unui bazin, sau a unei porțiuni dintr-o albie ca urmare a scăderii vitezei de scurgere a apelor etc. Procesul de colmatare este accelerat în cazul inundațiilor. Apele care tranzitează au un debit bogat în substanțe solide în suspensie; în plus ele duc la vale cantitățile de aluviuni antrenate din depozitele create anterior în zonele de confluență, aluviuni care, la un debit de apă normal, nu erau tranzitabile. Colmatarea constă deci în depunerea materialului erodat de ape din substratul litosferei pe care se scurg. Rezultatul procesului de colmatare constă în ridicarea a fundului bazinului respectiv, sau a unei porțiuni din albie. La final se ajunge la dispariția cursului de apă, la devierea sa pe alt traseu, sau la crearea unui teren nou, uscat. Acest teren uscat trece treptat prin următoarele faze: la început devine o zonă mlăștinoasă, apoi o zonă umedă, iar la final se creiază un teren uscat pe care cresc plante tipic terestre.

Solifluxiunea este alunecarea păturii superficiale a solului și a păturii superficiale a straturilor cutate ale litosferei. Ea se produce sub acțiunea infiltrațiilor cu apă subterană.

Hidrosfera reprezintă un agent modelator de prim ordin asupra scoarței terestre cu acțiune triplă: eroziune, transport și acumulare, mai ales în stare lichidă (dar și solidă). Apa are un rol foarte important în desfășurarea tuturor proceselor geofizice și geochimice de pe planetă. Indiferent de starea de agregare, apa este unul dintre factorii modelatori externi cei mai activi ai suprafeței acesteia. Pătrunzând în fisurile sau în porozitățile rocilor, apa mijlocește câteva dintre procesele premergătoare ale eroziunii, și anume, dezagregarea mecanică și descompunerea chimică. În acest mod apar grohotișurile, fenomenele carstice, scoarța de alterare etc. În ținuturile reci, o altă formă de dezagregare este determinată de înghețul apei, în urma căruia ia naștere relieful preglaciar.

Acțiunea hidrofizică a apei (deci acțiunea sa mecanică) este la fel de importantă ca și cea hidrochimică. Ea constă în dezagregarea rocilor prin îngheț și dezgheț, prin denudarea, șiroirea, eroziunea, transportul și depunerea aluviunilor.

Acțiunea hidrochimică se manifestă în procesele de dizolvare, care depind foarte mult de solubilitatea diverselor roci. Ele sunt mai active în sare, gips, calcare, marne și argile calcaroase. Dintre acțiunile chimice ale apei, cele mai obișnuite sunt hidratarea și oxidarea. Prin procese de hidratare iau naștere gipsul și, o serie de silicați cu importanță în agricultură. Oxigenul din apă favorizează procesele de oxidare, care sunt foarte importante în mineralizare. Dioxidul de carbon din apă provoacă descompunerea silicaților în diferite elemente (argile sau nisipuri). Tot pe această cale se transformă rocile vulcanice în roci sedimentare. Acțiunea hidrochimică a apei este și mai evidentă în timpul circulației apei, când prin evaporatie, concentrația unor săruri crește foarte mult (se apreciază că anual, în bazinele oceanice și marine se sedimentează circa 2,3 miliarde tone de sare și de carbonat de calciu). Izvoarele cu ape minerale sunt rezultatul acțiunii de dizolvare a apei asupra diverselor săruri existente în rocile pe care le străbat.

Apa contribuie la dezagregarea și alterarea scoarței terestre deoarece:

- distruge, dar și creează multe dintre formele de relief ale litosferei;
- este cel mai mare absorbant și emițător de căldură;
- este principala verigă în circuitul apei în natură;
- este principala modalitate de reducere a extremelor de temperatură care pot apărea între energia termică ce vine din adâncul pământului, energia termică ce vine de la soare și frigul extrem de puternic existent în spațiul cosmic prin care circulă planeta noastră;
- în zonele costiere rezultatul interacțiunii litosferei cu hidrosfera duce la o creștere a crustei litosferei.

Energia endogenă a Pământului care apare în straturile inferioare ale oceanului în timpul erupțiilor vulcanice subacvatice și cutremurelor ce le însoțesc provoacă modificări ale reliefului suboceanic și este agentul declanșator de tsunamiuri. În timpul erupțiilor vulcanice are loc un flux submarin de solide vulcanice și gaze în ocean. Modificările sunt asociate cu acumularea straturilor de sedimente.

Solul se poate spăla de pe litosferă sub acțiunea precipitațiilor. Solul, ajungând în apele curgătoare, este antrenat și dus la vale până în locurile în care apa curge lent; aici începe depunerea sa sub formă de sedimente minerale și organice. Sunt cazuri în care proprietățile de adsorbție ale solului pot forma un fel de „barieră” care protejează apele împotriva poluării.

Apele sunt un agent fundamental în formarea și nivelarea formelor de relief pe suprafața terestră. Apa, turbionară, umezește solul și modifică suprafața Pământului.

Interacțiunile litosferei cu atmosfera

Legăturile hidrosferei cu atmosfera sunt, de asemenea, multiple:

- Apa, există în atmosferă sub formă: solidă, de vapori și lichidă (prin picăturile care formează norii și generează ploile);
- Apa, contribuie la circuitul apei în natură;
- Principalele elemente gazoase ale aerului (oxigenul și azotul) se dizolvă în apă și împreună, contribuie la menținerea vieții.

Se estimează că, în cazul în care zăpada ar acoperi întregul Pământ, temperatura medie pe suprafața sa, care este acum de +15°C ar scădea chiar și până la -88°C, deși temperatura medie a suprafeței litosferei ar fi de +40°C în lipsa apei. Acest lucru nu se realizează deoarece vaporii de apă, sub formă de aburi, produc la nivel planetar un așa numit ”efect de seră”.

Rezultatul interacțiunii litosferei cu hidrosfera în zona de coastă determină în timp creșterea grosimii litosferei. Rolul gravitației este mare în formarea sedimentelor din litosferă, dar și a reliefului din zonele plane. Vaporii de apă din atmosferă pătrund ușor în porii și în fisurile rocilor, acționând asupra lor (pe cale fizică sau chimică).

Interacții între hidrosferă și atmosferă

Principala sursă a proceselor care au loc din punct de vedere geografic este energia soarelui. Distribuția sa inegală pe suprafața Pământului provoacă procese mari de diferențiere spațială și condiții naturale diferite din punct de vedere geografic.

Curenții de suprafață din oceane sunt puși în mișcare de vânturile predominante. Stratul superior al oceanului este un absorbant puternic de energie termică din atmosferă. În contrast, în straturile inferioare ale apei, are loc un proces de disipare a energiei termice. Deoarece capacitatea calorică a aerului este mult mai mică decât cea a apei, atunci când aerul este în contact cu suprafața apei are loc o pierdere de căldură în atmosferă, concomitent cu reducerea stratului superficial al temperaturii oceanului.

Alizeele creează sisteme de curenți care transportă apa caldă departe de Ecuator și apa rece înspre acesta. Curenții oceanici reci din apropierea țărmlui condiționează formarea deșerturilor de coastă, deoarece masele de aer din apropierea apei sunt mai reci decât aerul de deasupra. Aerul umed nu se ridică și deci nu se formează nori și nu plouă. Fără curenții oceanici calzi, mai multe regiuni ale globului ar avea o climă mai rece, deoarece curenții de aer de deasupra lor încălzesc și uscatul din apropiere. O componentă bine cunoscută a acestui sistem de transport gigantic al apei este Golfstream-ul.

Atmosfera este încălzită de lumina soarelui care cade pe suprafața pământului.

Atmosfera protejează toate lucrurile vii de pe Pământ de efectele nocive ale radiațiilor ultraviolete de la soare și razele cosmice.

Evaporația, mai intensă deasupra mărilor decât deasupra uscatului, influențează și condiționează masele de vapori din atmosferă, nebulozitatea și precipitațiile, care sunt mai abundente în climatul maritim decât în cel continental. Este cunoscut rolul de "calorifer" pe care-l joacă bazinele maritime în anotimpul rece pentru atmosferă cât și pentru zonele limitrofe de țărâm. Brizele marine de zi și de noapte sunt tot o consecință a diferenței de încălzire și de răcire a mării și a uscatului. De aceea, pe litoral, în comparație cu interiorul continentelor, toamnele sunt mai lungi și mai calde, iar primăverile mai târzii și mai reci.

Regimul termic al învelișului atmosferic este influențat direct de repartiția oceanelor și a uscatului (continentelor). Apa și uscatul se comportă cu totul diferit față de insolație. În mări și oceane apar curenți pe verticală și pe orizontală, care circulă uneori pe distanțe de mii de kilometri, care permit amestecul unor cantități foarte mari de ape, cu temperaturi diferite și respectiv omogenizarea lor.

Regimul termic al atmosferei și al pedosferei pot determina unele particularități legate de calitățile apei. La rândul ei, apa joacă un rol foarte important în clima locală, regională și la nivel planetar. Sub acțiunea razelor solare apa se încălzește mai greu decât uscatul, dar și cedează mai greu căldura acumulată. În comparație cu razele solare care se opresc la suprafața solului, cele care pătrund în apă (în râuri, lacuri, mări și oceane) pot ajunge la adâncimi foarte mari, căldura lor, distribuindu-se unei mase de apă considerabile.

Din aceste câteva exemple se poate observa că există o strânsă interdependență și interacțiune între cele două învelișuri, hidrosfera și atmosfera, ce se condiționează reciproc.

Atmosfera este un furnizor major pentru ocean de dioxid de carbon, de azot și de oxigen. În apa rece din oceane este unul dintre cei mai buni solvenți pentru dioxidul de carbon. La latitudinile mai mari acest gaz este absorbit mai intens.

Atmosfera conține o mare cantitate de apă, care se află sub formă de vapori sau sub formă de nori. Norii sunt formați din picături mici de apă sau din cristale fine de gheață. Energia latentă primită de o atmosferă cu vapori de apă, asigură mișcarea maselor de aer.

Hidrosfera lichidă este unul dintre factorii de bază care fac posibilă existența planetei și a vieții organice pe ea. Ea influențează foarte puternic toate celelalte componente ale toposferei, deoarece determină cantitatea de apă necesară în atmosferă, cauzând condensarea și sublimarea vaporilor de apă, formarea norilor și precipitațiilor atmosferice, fenomenele optice și electrice etc.

O contribuție importantă la creșterea procentului de gaze cu efect de seră din atmosferă este încălzirea suprafeței pământului - un proces care se estimează că va crește evaporarea apei de suprafață și va accelera ciclul hidrologic. La rândul său, o atmosferă mai caldă poate reține mai mulți vapori de apă.

2.7.3 Interacții între mai multe componente ale toposferei

Cele trei componente ale toposferei, hidrosfera, atmosfera și litosfera, sunt strâns legate între ele, formând împreună un singur sistem funcțional. Toate procesele lor de interacțiune pot fi împărțite în două grupe:

- substanțe cu circulație - substanțe implicate în procesele care au loc între atmosferă, hidrosferă și litosferă. Ciclul apei leagă toate, formând în ansamblu un sistem închis: ocean - atmosferă - litosferă;
- substanțe care circulă foarte lent, sau deloc - substanțe existente de obicei în litosferă, pe care omul le extrage pentru a le utiliza în procesele tehnologice inventate de el. Așa cum sunt aurul, titanul, zirconiu și multe alte elemente grele.

Mai multe detalii se vor da la capitolul Ecosfera.

3 BIOSFERA

Biosfera este învelișul planetei alcătuit din organisme vii care ocupă și interacționează fizic și funcțional cu cele patru mari componente ale topoferei: litosfera, pedosfera, hidrosfera și atmosfera (Figura 36).

Ea este rezultatul unui proces îndelungat de evoluție, început cu cca 3,8 miliarde de ani în urmă, care se continuă și acum și care a fost permanent influențată de trei factori majori: cei cosmici, de factorii biotici și factorii abiotici de pe pământ. În cursul acestei evoluții au apărut, s-au diversificat, iar acum trăiesc peste 14 milioane de specii de viețuitoare (deși de-a lungul timpului paleontologii au descoperit că dintre viețuitoarele planetei, de-a lungul eonilor, au dispărut aproape 99% dintre speciile care și-au petrecut la un moment dat viața pe planeta noastră).

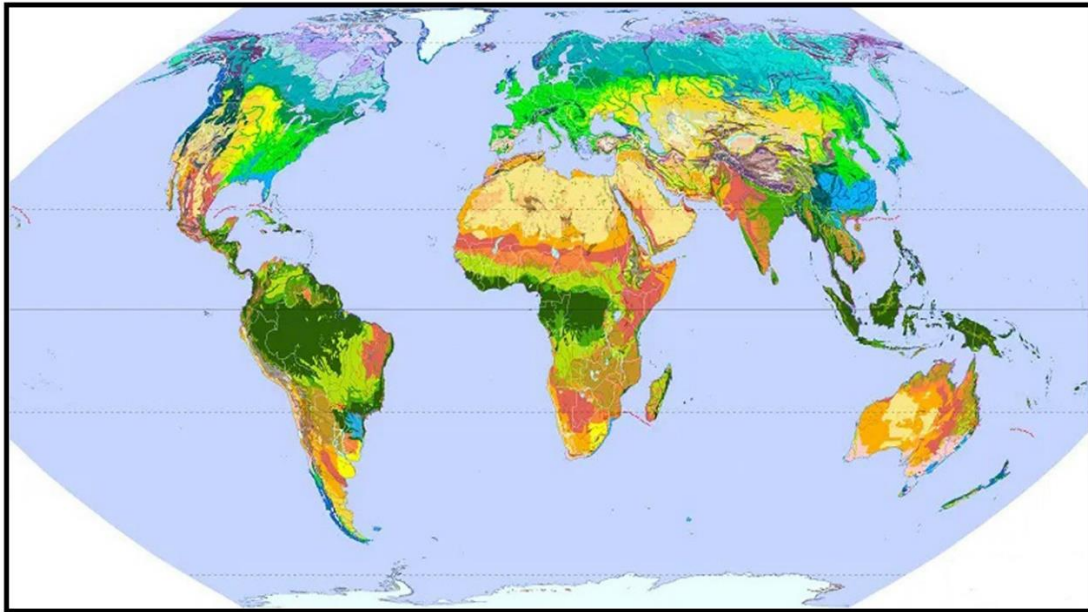


Figura 36. Biomi terestri ai planetei (<https://www.meteorologiaenred.com/ro/biomas.html>)

Lumea vie este, sub toate formele ei, extrem de diversă. Ea constă acum din miliarde de specii de organisme, fiecare reprezentate unele de o imensitate de indivizi. Aceste specii trăiesc asociate într-o gamă largă de asociații (denumite biocenozes), care integrate cu mediul lor biotic (biotopul) constituie diferite sisteme ecologice care există pe planeta noastră. Totalitatea biocenozelor formează mai multe alte supratipuri de asociații care acoperă cea mai mare parte a planetei noastre: biolandșafurile, biomi și zonele biogeografice (Botnariuc, 1967; Godeanu *et al.*, 2010; Godeanu, 2012).

Termenul de „biosferă” a fost propus de geologul austriac Eduard Suess încă din 1875. Ulterior V.I. Vernadsky a avut o contribuție importantă la dezvoltarea teoriei biosferei (Botnariuc, 2003), dar el, prin biosferă înțelegea învelișul viu al planetei care este intrinsec legat de mediul ambiant neviu, deci exact ceea ce numim în prezent ecosferă. Această confuzie se continuă din păcate și acum, ceea ce provoacă mari dispute teoretice și practice între biologi, geografi, ecologi și protecționiști ai naturii.

Criteriile de analiză a stării unui sistem viu sunt foarte heterogene. Biologia a încetat de mult a fi o știință descriptivă, iar în prezent orice organism reprezintă o unitate complexă embriologică, anatomică, fiziologică, temporală și informațională distinctă (Șerban, 1986). Probleme deosebite mai ridică particularitățile influxului nervos, coordonarea componentelor organismului și asigurarea stabilității mediului intern (pe bază hormonală și cerebrală).

Toate organismele vii există la limita a două tendințe diametral opuse: *secluziunea* (separarea de mediu a structurilor materiale specifice viului, plus crearea unui mediu intern favorabil perpetuării structurilor respective) și *integrarea* (abilitatea de adaptare la mediul ambiant, viu și neviu) și de evoluție în conformitate cu transformările neîncetate ale acestuia). Mecanismele de reglare susmenționate acționează toate în direcția menținerii în parametri optimi a tuturor funcțiilor organismelor.

Homeostazia a precedat evoluția. Ea se află aparent în contradicție cu evoluția, deoarece ea se află neîncetat în căutarea unei stări homeostatice mai adecvate, fiind capabilă să răspundă în mod optim unor factori de mediu aflați în continuă schimbare. Privită astfel, evoluția nu este decât o trecere

neîntreruptă de la o stare homeostatică la alta, stări care depind la rândul lor de integralitatea și capacitatea de autoreglare a acestor sisteme, ca și de existența lor în forme materiale specifice. Deci se poate afirma și că viața este forma homeostatată de existență a materiei. Aici se poate face o demarcație între sistemele vii (care-și mențin nealterate integralitatea și funcționalitatea, indiferent de modul în care factorii externi acționează - între anumite limite-) și sistemele nevii (a căror stare se modifică în funcție de schimbarea factorilor de mediu).

Toate procesele rezultate din capacitatea materiei vii de automenținere în forme precise, au o dublă determinare: materială și temporară.

De-a lungul eonilor, natura particulară a biosferei este principala modalitate de manifestare a materiei vii. Această caracteristică o deosebește clar de celelalte învelișuri ale pământului. Materia vie - conform tot lui Vernadsky - „se răspândește pe suprafața pământului și exercită o anumită presiune asupra mediului, ocolește obstacolele care îi împiedică progresul sau îl ia în stăpânire”. Energia produsă de viață se manifestă în transferul elementelor chimice și în crearea de noi ființe vii. Potrivit tot lui Vernadsky, *energia geochimică a vieții este exprimată în mișcarea organismelor vii prin reproducere și metabolism specific, care se desfășoară permanent în biosferă*. Înmulțirea organismelor produce „presiunea vieții” asupra celorlalte învelișuri nevii ale planetei. În acest sens, se naște o interacție complexă între organisme pentru spațiu, hrană, obținerea de energie și mai ales „pentru gaz (oxigenul liber necesar respirației)” (Botnariuc, 2003).

Timpul este cea mai frumoasă ficțiune născută de mintea omenească. Timpul nu este de sine stătător, nici nu este cuprins în structura fenomenelor fizice sau chimice care se petrec în Univers. El este doar rezultatul experienței umane, o concluzie izvorâtă din constatarea secvențialității și repetitivității fenomenelor naturale. Dacă vrem să stabilim succesiunea corectă a evenimentelor modului de desfășurare a vieții pe Terra, trebuie să recurgem la unități relative.

”A fi în viață - a remarcat Vernadsky - înseamnă a fi organizat” (Vernadsky, 1986).

3.1 Apariția și evoluția biosferei

Problematica apariției și evoluției biosferei a preocupat cercetătorii din domeniul biologiei de foarte multă vreme.

Dacă la început prevala ideea creaționistă, a creării vieții în câteva etape de către o divinitate, treptat au apărut voci care puneau la îndoială acest lucru și credeau că viața a apărut pe pământ din momentul în care s-au ivit condițiile propice realizării acestui proces pe baze naturale.

A existat și părerea că germeii primordialii au venit pe pământ din cosmos, fie în mod natural (aduși întâmplător de meteoriți sau de alte corpuri solide venite din cosmos), sau că planeta noastră a fost însămânțată în mod intenționat de către entități mai evoluate decât noi care au venit de pe alte planete, unde viața apăruse mai demult, iar umanoizii de pe aceste planete erau deja capabili pentru a crea forme de viață cu caracteristici bine stabilite. Aceste idei erau determinate de faptul că viața de pe planeta noastră posedă, încă de la început anumite caractere foarte bine determinate, care nu aveau mai multe variante (așa cum se întâmplă dacă viața ar fi apărut spontan aici pe pământ). Dintre acestea menționăm faptul că toți compușii organici din lumea vie se rotesc în lumina polarizată numai spre stânga (sunt levogiri), pe când chimiștii au constatat că mulți compuși organici sintetizați în laborator se pot roti și spre dreapta (sunt dextrogiri). De ce oare viața are numai compuși levogiri? De ce nu există în natură și forme dextrogire? Și dacă au existat forme dextrogire, cum de au dispărut absolut toți?

Energia luată de viețuitoare din mediu este controlată de o singură substanță (unica) – adenozin trifosfatul (ATP) etc. Se pot pune și aici aceleași întrebări ca în situația prezentată mai înainte.

Altă întrebare este de ce viața se bazează numai pe o varietate extraordinară de compuși ai carbonului și nu și pe compuși ai altor elemente, așa cum este siliciul? Desigur că dezbaterile pe aceste aspecte au fost multiple, iar răspunsurile pro și contra nu se vor termina niciodată.

Noi ne alăturăm ideilor după care planeta noastră s-a format acum cca 4,5 miliarde de ani. La început atmosfera Pământului a fost de tip reducător, iar gravitația Pământului era foarte slabă. Mai mult, suprafața planetei primea de la soare radiații UV foarte puternice, iar atmosfera conținea foarte mult dioxid de carbon - care crea efectul de seră. Ori acestea două au asigurat multă vreme o temperatură ridicată pe Pământ. Ca urmare a temperaturii ridicate, apa se afla în marea sa majoritate sub formă de vapori, care formau nori groși și denși. Cu timpul, pe măsura răcirii planetei, vaporii s-au condensat și apa a căzut din atmosferă pe suprafața planetei sub formă de ploi nesfârșite, fapt ce a dus la formarea oceanului planetar.

Deoarece scoarța pământului era subțire, sub acțiunea reacțiilor termonucleare din pământ, oceanul primar la început ar fi avut o temperatură ridicată. În plus, chiar compoziția chimică a apelor sale era mult diferită de cea actuală. În apă erau dizolvați mulți bicarbonați de fier, calciu și mangan și cantități foarte reduse de sulfati și fosfați. Chimismul apelor era puternic influențat și de impactul cu meteoriții și asteroizii metalici ce bombardau tânăra planetă și care au determinat o creștere a concentrației în ape a anumitor elemente, unele dintre ele devenind catalizatori în procesele chimice prebiologice. În oceanul planetar sau în surse foarte umede de emisii de substanțe și gaze din litosfera primitivă a apărut viața.

În prezent este bine stabilit că organismele vii fac schimburi permanente de substanță și energie cu mediul lor înconjurător. Mai mult, toate transmit descendenților propriile lor caracteristici cu o înaltă fidelitate - și totdeauna prin aceleași mecanisme biochimice -; și toate au capacitatea de autoorganizare, autoperfecționare și de adaptare la mediu (toate acestea dovedind existența unei informații biologice permanente, transmisibile prin ADN-ul lor de la un descendent la altul).

Commoner (1980) constată încă din 1972 pe baza cercetărilor chimiștilor și biochimiștilor că toate organismele vii sunt alcătuite aproape întotdeauna din patru elemente: carbon, hidrogen, oxigen și azot. Acestea se găseau predominant în atmosfera și litosfera primordială a planetei. Trăsătura caracteristică a oricărui compus organic este aceea că legăturile dintre atomii de carbon sunt tetravalente și sunt dispuse în o catenă (care poate fi dreaptă, ramificată sau ia o formă inelară, fiind formată din 6 atomi de carbon). În cadrul acestor rețele carbonul include și alți atomi, cum sunt cei de sulf, fosfor, sau cei ai unor alte elemente. Aceste combinații posedă dispuneri spațiale caracteristice fiecărui compus organic.

Chimia compușilor organici se caracterizează prin o uimitoare varietate și complexitate care nu se mai întâlnește la combinațiile altor elemente chimice și care stă la baza unei ramuri importante a chimiei, chimia organică.

Să ne gândim la numeroasele moduri de a privi mediul ambiant. Mai întâi avem de a face cu complexitatea lumii spațiale; există apoi multitudinea de ființe vii aflate în mediu, fiecare cu comportamentul său specific. Mai există o multitudine de procese biochimice care acționează înăuntrul fiecărui organism viu, dar care mediază atât interacțiunea sa cu alte organisme, dar și pe cea cu mediul neviu. În lumea reală toate elementele mediului sunt legate între ele.

După Commoner (1980) toate ființele vii au apărut din învelișul neviu al Pământului. Trebuie să recunoaștem că viața este o formă foarte puternică de activitate chimică, care, odată ivită pe pământ, a schimbat rapid fața acestuia.

Fiecare vietate este strâns legată de ambianța ei fizică și chimică, astfel încât, aceasta schimbându-se, puteau apărea noi forme de viață adecvate noilor condiții. Viața naște viață și astfel noile forme apărute într-un mediu favorabil se puteau înmulți și răspândi până când ajungeau să ocupe fiecare colțisor al mediului aflat la îndemâna lor. Fiecare viețuitoare depinde de mulți factori, fie indirect, prin elementele limitative fizice și chimice ale mediului, fie direct, ca urmare a necesităților lor de a obține hrană și adăpost. În organismul fiecărei vietăți de pe pământ există o altă rețea – la propria scară - tot atât de complexă ca și sistemul ambiantal – care este alcătuită din numeroase molecule complicate, între care se țin o multitudine de reacții chimice pe care se bazează proprietățile vitale ale întregului organism (Commoner, 1972).

Deoarece noi oamenii am fost învățați să abordăm doar fenomene care sunt mult mai simple, puțini oameni de știință sunt suficient de pregătiți pentru a face față acestui grad de complexitate. De aceea suntem ispitiți să reducem totul la o serie de fenomene simple, separate, adesea liniare, în speranța că suma lor va reprezenta cumva întregul. Existența crizei ambientale actuale ne previne că aceasta este doar o iluzie (Commoner, 1972).

Acum se știe că aici, pe pământ, compușii organici au derivat din constituienții simpli ai atmosferei primordiale prin procese geochimice simple. Datorită lor au apărut compușii organici care stau la baza celor care au generat viața.

Doi cercetători, Oparin și Haldane, în mod independent, dar aproape concomitent, au emis o ipoteză care, cu timpul s-a dovedit a fi viabilă (Șerban, 1986). Ei au presupus că viața a apărut dintr-o "supă de materie organică", care s-a format în apele oceanului planetar la câteva sute de milioane de ani după formarea planetei noastre. În prima etapă s-au format molecule organice simple. Cu timpul s-au declanșat reacții chimice tot mai complexe care au dus la apariția unor macromolecule. Acestea s-au asamblat - spontan - în molecule precum proteinele și acizii nucleici prin reacții de polimerizare (care

acum sunt efectuate de către enzime specializate). Atunci însă rolul lor a fost efectuat de către, argile, de suprafața unor minerale, sau pur și simplu sub acțiunea oscilațiilor termice. Macromoleculele rezultate s-au asociat mai departe în structuri capabile de autosusținere și autoreproducere.

Deși scenariul privind originea vieții pe Pământ, propus de Oparin și de Haldane, era în linii mari asemănător, între cele două concepte existau totuși unele diferențe. În timp ce Oparin pune accentul în teoria sa pe generarea de proteine în oceanul primar și pe procese metabolice primitive de tip heterotrof, Haldane acordă un rol primordial acizilor nucleici și considera că metabolismul primelor forme de viață ar fi fost unul de tip autotrof. Mai târziu Haldane a sugerat că ARN ar fi putut avea un rol central în originea vieții. Conceptul supei primordiale a simplificat cumva problema apariției vieții la un eveniment esențial unic - apariția moleculelor; și apoi totul a depins de șansă, viața fiind privită ca un "frozen accident" (Ghiorghită *et al.*, 2019).

Conform lui Oparin, moleculele organice complexe din supa primitivă s-au autoorganizat formând structuri tot mai specializate, pe care el le-a numit coacervate. După un timp ele au început să se complexeze și mai mult, devenind în cele din urmă organisme vii (Oparin, 1960).

Ipoteza originii materiei vii a fost reluată în laboratoare. Primii care au realizat compuși organici cu caractere similare vieții au fost Miller și Urey. Urey a realizat în 1952 un dispozitiv experimental relativ simplu, în care s-a încercat reconstituirea condițiilor din vremea de început a planetei noastre (Ward *et al.*, 2015).

Pentru aceasta a folosit un balon din sticlă cu volumul de 5 litri în care a introdus gaz metan, amoniac și hidrogen. Acesta era conectat la un alt balon din sticlă, cu un volum de 0,5 l și care era plin pe jumătate cu apă. Apa din balonul mic a fost încălzită, pentru a produce evaporarea ei. Vaporii de apă puteau ajunge, prin intermediul unui tub din sticlă, în balonul cel mare. Aici ei au realizat un sistem care producea descărcări electrice continue, care simulau fulgerele din atmosfera terestră primitivă. Balonul mare era conectat la un sistem de răcire, care producea condensarea substanțelor gazoase nou obținute. Lichidul astfel obținut era colectat mai departe într-un tub de sticlă în formă de U (Figura 37). După o zi, soluția colectată căpătase culoarea roz, iar după o săptămână soluția s-a colorat în roșu intens. Analizele efectuate de Miller (și supervizate de Urey) au dus la identificarea a 5 aminoacizi. Ulterior Miller a realizat o altă versiune a propriului său experiment în care a inclus și gaze rezultate în urma activității vulcanice. În 2008, o analiză efectuată de către o echipă de cercetători americani care au reluat experimentele lui Miller și Urey (dar au folosit și eşantioane rezultate în experimentele lui Miller din anii 1950). Acești cercetători au identificat 22 de aminoacizi care erau creați astfel în mod spontan!

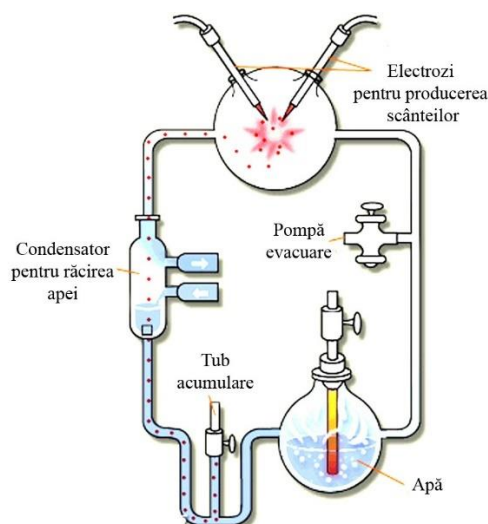


Figura. 37. Experimentul Miller-Urey (https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&sca_esv=583612193&q=Experimentul+Miller-Urey&tbm)

În 1986, Walter Gilbert, a emis ipoteza conform căreia codul genetic pe Terra a apărut mai întâi sub forma moleculelor de proto-ARN, iar apoi, în urma unor procese evolutive, au apărut moleculele de ADN. Experimente ulterioare au confirmat și ele această ipoteză (Smith *et al.*, 2000).

În 1922 Thomas Carell, a demonstrat că la baza apariției moleculelor de proto-ARN au stat niște molecule organice cu legături chimice puternice care ar fi putut supraviețui condițiilor primordiale, și anume niște nucleotide care se puteau atașa la aminoacizi cu legături chimice mult mai puternice decât cele care apar în mod normal între aminoacizi și moleculele de ARN. Carell a imaginat un experiment în care două lanțuri ARN aveau plasate la unul din capete nucleotidele susmenționate, la care erau legate câte un aminoacid. Unul dintre lanțurile ARN era donor, iar celălalt era acceptor. Inițial cele două lanțuri ARN erau conectate între ele. Prin încălzire, legătura chimică între aminoacidul și nucleotida de pe ARN-ul donor se rupea, astfel încât pe ARN-ul acceptor s-au cuplat acum cu 2 aminoacizi. Prin răcirii și încălziri succesive ale sistemului, de ARN-ul acceptor se atașau tot mai multe molecule de aminoacizi, formându-se astfel o peptidă (adică un fragment de proteină).

Continuându-se experimentele s-a reușit ulterior să se obțină peptide compuse din până la 13 aminoacizi, iar experimente ulterioare au identificat peste 80 de aminoacizi, inclusiv 12 aminoacizi proteinogeni (Ghiorghită *et al.*, 2019). Prin aceste experimente s-a dovedit că ar fi fost posibil ca viața pe Terra să fi apărut spontan, în condițiile de mediu existente pe tânăra planetă, în urmă cu circa 3,8 miliarde de ani (Smith *et al.*, 2000).

Revenind la supă primordială imaginată de Oparin și Haldane, ipotezele merg pe faptul că în oceanul primordial, în această supă au apărut macromolecule organice care aveau două caracteristici, care stau și acum la baza vieții: realizarea proceselor metabolice (deci un schimb permanent de materie sub acțiunea unei energii preluate din mediu) și procesul de reproducere a structurii și capacităților metabolice a acestor macromolecule (deci capacitatea de autoreproducere). Aceste "macromolecule vii" primordiale își realizau procesele metabolice "hrănindu-se" cu supă organică imaginată de Oparin și Haldane, aflată în apele oceanului primordial (Botnariuc, 1967).

Dintre ipotezele privind originea vieții, cei mai mulți specialiști sunt adepți ai abiogenezei, a formării compușilor organici din compuși anorganici. *"Din combinarea unor sintoni, a gazelor și vaporilor de apă din atmosfera primară a Pământului sau a gazelor provenite din vulcanismul submarin (în zona izvoarelor hidrotermale alcaline) au rezultat compuși organici simpli: aminoacizi, baze azotate, carbohidrați, acizi grași, hidroxiacizi etc. La suprafața oceanului planetar s-a format o așa-zisă "supă organică", la formarea căreia ar fi contribuit și compușii organici de origine extraterestră. Anumite nișe de pe Terra, cum ar fi bazinele acvatice mici formate după apariția uscatului, fosele subacvatice hidrotermale etc., ar fi asigurat concentrarea compușilor organici, iar unii factori fizici, cum sunt argilele sau unele minerale s-ar fi constituit în catalizatori ai unor reacții mult mai complexe. În urma acestor reacții au apărut cărămizile vieții - proteinele, acizii nucleici, lipidele etc., care au format agregate moleculare ce s-au separat de mediu printr-o membrană (constituită din acizi grași), dând naștere la protocelule (coacervate, proteinoizi ș.a.)"* (Ghiorghită *et al.*, 2019).

Și tot ei continuă: *"Toate organismele de pe Pământ descind dintr-un ancestor comun - Last Universal Common Ancestor (LUCA), apărut în urmă cu cca 3,8 miliarde ani (3,8 Ga). Din LUCA au derivat două ramuri de organisme vii: una a condus spre bacterii, iar cealaltă spre arhee și eucariote"*(Ghiorghită *et al.*, 2019).

Deoarece oxigenul liber lipsea, energia de care aveau nevoie macromoleculele pentru a efectua reacțiile chimice, și-o obțineau prin procese anoxice, adică prin procese fermentative.

Primele forme de viață au apărut atunci când unele macromolecule au început să își realizeze propriul lor metabolism, adică au început să își ia din mediul lor ambient numai acele substanțe cu care, datorită preluării din mediu a unor anumite forme de energie, și-au sintetizat compușii organici necesari desfășurării propriului lor metabolism. În acest fel supă organică primordială a constituit "hrana" acestor macromolecule, iar procesele fermentative anoxice au reprezentat primul proces generator de energie pentru funcționarea acestor macromolecule (să le zicem macromolecule vii, sau protoorganisme). Precizăm de pe acum că procesele fermentative sunt generatoare de dioxid de carbon.

Fermentația anoxică a rămas activă, există în o mare varietate de forme la multe ființe vii. Primele macromolecule - și apoi primele organisme vii - au consumat majoritatea supei organice primordiale și, de nevoie, și-au căutat o altă modalitate de obținere a energiei necesare desfășurării proceselor de supraviețuire. Așa au apărut mecanisme chimice mai eficiente care se bazau pe utilizarea energiei luminoase folosind procesele de fotosinteză. Trecerea la obținerea unei cantități mari de energie pentru desfășurarea proceselor biologice a dus la dezvoltarea explozivă a eucariotelor, deci a plantelor și apoi

a organismelor consumate de acestea, animalele. Plantele fotosintetizante și animalele au populat la început apele oceanului planetar; mult mai târziu ele au trecut în mediile terestru și subteran.

Novikov (2012) consideră că abiogeneza pe Terra a trecut prin trei etape: *DNA world*, *RNA world* și *Protein world*. Selecția a acționat atât asupra abiogenezei – în sensul promovării celor mai stabile macromoleculă, cât și a biogenezei (a organismelor cu grad ridicat de independență față de mediu). Abiogeneza s-a desfășurat în condiții de deshidratare, iar sursa de energie pentru evoluția chimică pe Pământ a fost temperatura. DNA world s-a întins pe aproape întregul Hadean - în condiții extreme, când temperatura era ridicată (DNA fiind cel mai stabil dintre polimeri), RNA world a apărut în a doua jumătate a Hadean-ului și a făcut legătura dintre DNA world anhidră și Protein world (în Archean) - care necesita apă (Ghiorghită *et al.*, 2019).

Datorită proceselor metabolice, masa macromoleculor vii creștea și devenea prea greoaie pentru a-și asigura funcționarea normală a propriului metabolism. De aceea la un moment dat a apărut procesul de diviziune a macromoleculor prea mari în două mai mici, apoi chiar în mai multe fragmente, care, la rândul lor, își continuau procesele metabolice specifice și creșteau până la o mărime optimă pentru funcționalitatea lor fiziologică. Așa au apărut primele procese fiziologice, adică metabolismul și înmulțirea.

Prin apariția structurilor precelulare s-a produs un grad mai ridicat de independență a reacțiilor biochimice față de mediu, iar complexitatea mai mare a sistemului biologic a asigurat o influență crescută a mutațiilor asupra fenotipului și implicit o eficiență sporită selecției naturale. Viața nu poate fi concepută fără prezența și interacțiunea celor două mari categorii de polimeri – *acizii nucleici* și *proteinele*, separate de mediu printr-o membrană lipidică, mecanism care a asigurat creșterea, reproducerea și perpetuarea sistemului, evoluția lui spre complexificare sub acțiunea selecției naturale. Pentru că ADN-ul este o structură mai complexă decât ARN-ul, înclinăm să credem că la început, în etapa precelulară de apariție a vieții, ultimul era acidul nucleic care deținea informația genetică.

Se crede că ulterior ADN-ul, cu structura sa dublu catenară (apărut posibil dintr-un astfel de ARN), a devenit o macromoleculă mult mai stabilă, care a preluat majoritatea informației genetice, deoarece se putea replica cu o mai mare ușurință; el a preluat ulterior sarcina de "dirijor" al activității celulare, sarcină pe care o îndeplinește prin intermediul ADN-ului. Deși unii autori sunt de altă părere, nu excludem nici posibilitatea ca cei trei "actori" celulari de bază - ADN-ul, ARN-ul și proteinele - să fi apărut concomitent (Ghiorghită *et al.*, 2019; Brack, 1991; Fox, 1973).

Protobionții posedau însușirile importante ale unei celule primitive și aveau o membrană lipidică, un metabolism simplu, ARN cu proprietăți catalitice și de autoreplicare, care-i permiteau să se detașeze de suportul mineral și să trăiască liber.

Și acum organismele vii au ca unitate de bază celula, unitate ce îndeplinește mai multe funcții: metabolism, creștere/reproducere, dezvoltare, comunicare chimică, evoluție. Toate organismele vii au în constituția lor ADN, ARN și proteine (funcțiile acestor macromoleculă fiind aceleași în toată lumea vie). Ele au în comun 3 tipuri de ARN și 34 proteine ribozomale, iar codul genetic este universal. Toate acestea constituie tot atâtea argumente că ele descind dintr-un ancestor comun. Cum vârsta ancestorului universal este aproximată la peste 3 miliarde de ani, înseamnă că înaintea LUCA au existat formațiuni vii mai primitive care ar fi evoluat prin aceleași mecanisme ca și celulele moderne.

Nu se știe dacă a fost ancestorul universal heterotrof sau autotrof. Dacă admitem că viața a luat naștere din "supa organică prebiotică", atunci el trebuie să fi fost heterotrof. Pascal *et al.*, (2006) apreciază că primele organisme apărute pe Pământul timpuriu erau organisme chemolitotrofe, cu respirație anaerobă și foloseau probabil hidrogenul molecular pentru procurarea energiei metabolice (cum e cazul bacteriilor termofile și arheobacteriilor actuale) (Ghiorghită *et al.*, 2019).

Primele urme de viață pe Terra (depistate prin geochimia izotopică) au fost descoperite în Groenlanda și Canada. Primele fosile certe pe pământ (stromatoliții – descoperiți la Warrawoona-Australia), datează de cca 3,45 miliarde de ani.

Dezvoltarea și apoi diversificarea macromoleculor vii a dus la apariția primei crize ecologice: aceste protoorganisme au redus treptat substanțele organice sintetizate spontan pe cale anorganică, deci cele care constituiau supa primordială. Pentru ca viața să continue, a fost nevoie ca unele macromoleculă să își procure hrana nu din supa anorganică, ci prin ingerarea și consumarea unor macromoleculă vii de mici dimensiuni. Așa a apărut predatorismul. Și nu numai atât, dar acest predatorism a devenit treptat

tot mai selectiv (macromoleculele mari nu consumau orice molecule organice mici pe care le întâlneau, ci își alegeau anumite macromolecule pe care le preluau și le metabolizau).

În momentul în care cantitatea de supă organică primordială s-a redus mult, macromoleculele vii au intrat în criză de resurse (rezerva geochimică de material organic) și de surse mai eficiente de obținere a energiei pentru desfășurarea normală a proceselor lor metabolice și pentru înmulțire. De nevoie, protoorganismele au fost nevoite să inițieze un sistem propriu de obținere de energie. Pentru aceasta au preluat din lumina solară energia necesară pentru convertirea dioxidului de carbon și a unor substanțe anorganice în molecule simple de materie organică proaspătă, pe care apoi o complexau pentru a-și obține compușii macromoleculari proprii. Astfel au apărut primele organisme capabile de realizare a fotosintezei. De atunci perpetuarea vieții pe pământ a fost legată tot mai mult de această sursă permanentă de energie - cea venită pe pământ de la soarele sistemului nostru planetar.

Trebuie remarcat modul în care se desfășurau procesele biochimice: la început ele erau liniare, foarte asemănătoare celor cunoscute în chimia anorganică și cea organică simplă. Cu vremea ele au devenit ciclice, s-au tot complicat, iar mai târziu, conform proceselor "descoperite" de alte științe (mai ales de cibernetică, de informatică și de inteligența artificială), evoluția lumii vii a devenit din una ciclică, în una tot mai complexă și mai diversificată, cea de tip spiralat. Aceste procese nu numai că se complică mereu, dar se și perfecționează neîncetat (Soran *et al.*, 1985; Godeanu *et al.*, 2022).

Acum s-a constituit interdependența dintre procesele vitale, dezvoltarea interrelațiilor dintre lumea vie și cea nevie, transformarea repetată (aproape la nesfârșit) a materialelor care stau la baza vieții în cicluri și procese tot mai complexe de interdependență.

Investigațiile moderne au arătat că varietatea vieții de pe planeta noastră este rezultatul unui proces evolutiv care a apărut în urmă cu aproximativ 3,8 miliarde de ani (Levine *et al.*, 1994; Purves *et al.*, 1992; Starr *et al.*, 1987; Avise, 2000; Botnariuc, 2003; Fox *et al.*, 1974; Margulis *et al.*, 2000; Neagu *et al.*, 2002; Godeanu *et al.*, 2010) și care nu s-a dezvoltat doar „în sens vertical”, pornind de la formele cele mai simple spre cele din ce în ce mai complexe, ci și „pe orizontală”, în sensul diversificării crescânde a formelor vii ca rezultat al unei utilizări tot mai eficiente a resurselor, adică în sensul unei adaptări din ce în ce mai bune la condițiile mediului (aflat permanent în continuă schimbare).

Botnariuc (2003) distinge 10 momente care trebuie considerate deosebit de importante în modul în care a avut loc evoluția vieții (Godeanu *et al.*, 2010):

1. apariția și diversificarea procariotelor;
2. trecerea proceselor metabolice de la respirația anaerobă la reacțiile respiratorii oxifile;
3. apariția simbiozei;
4. apariția fotosintezei;
5. apariția eucariotelor unicelulare;
6. apariția procesului sexual;
7. apariția eucariotelor pluricelulare;
8. diversificarea nivelurilor de organizare la eucariotele pluricelulare;
9. cucerirea și apoi diversificarea formelor de viață în mediul terestru;
10. tendința spre viața socială.

La aceste etape, putem adăuga încă câteva, dintre care cea mai importantă este însă apariția omului, care a creat antroposfera.

Este de subliniat faptul că formele primitive actuale coexistă cu formele mai evoluat, că toate ființele vii, de-a lungul timpului, s-au adaptat la schimbările și la relațiile tot mai complexe cu mediul biotic și abiotic (Bavaru *et al.*, 2007; Bisby, 1995; Margulis *et al.*, 2000; Mustață *et al.*, 2004; Purves *et al.*, 1992; Godeanu *et al.*, 2010).

Aceste momente vor fi prezentate mai departe, subliniind implicațiile lor asupra evoluției vieții pe pământ.

Apariția și diversificarea funcțională a procariotelor (Godeanu *et al.*, 2010)

Despre primele organisme vii se cunosc foarte puține lucruri, deoarece nu au lăsat urme fosile. Primele au fost găsite în roci vechi sedimentare și metamorfice cu vechimi de circa 3,8 miliarde de ani. Din acel moment și până astăzi, prezența celor mai simple organisme, cele fără nucleu bine definit (organismele procariote) este menționată în diferite formațiuni geologice. Similar rezultatelor investigațiilor actuale asupra organismelor procariote, ne putem da seama că acestea au apărut și au cucerit toate habitatele vii acvatice, de la cele mai comune până la cele existente în condiții extreme (ape calde ce depășesc

200°C, ape hipersaline (ape cu cantități mari de substanțe minerale), sau ape care conțin diferiți compuși toxici. Ele pot trăi la presiuni de mii de atmosfere, se dezvoltă în absența oxigenului, populează habitate cu un conținut ridicat în dioxid de carbon sau amoniac, ori se dezvoltă în prezența unor concentrații ridicate de acizi anorganici).

Până la apariția primelor forme vii mai complexe, pe o perioadă de aproximativ 2 miliarde de ani, procariotele au fost singurele viețuitoare pe planeta noastră (Margulis *et al.*, 2009; Mustăță *et al.*, 2005, 2011).

Din punct de vedere morfologic, diversitatea lor de mărime și formă este foarte redusă: se cunosc doar forme cocoide, de bacili, spirili și vibrioni, iar reproducerea lor se bazează în exclusivitate pe simpla diviziune celulară (puținele excepții sunt semnalate la unii reprezentanți ai cianobacteriilor).

În ceea ce privește procesele lor metabolice, procariotele actuale sunt foarte diversificate, ele fiind capabile să utilizeze orice materie organică (vie sau nevie) sau orice materie anorganică existentă pe Terra (cu condiția ca acestea să fie levogire!) (Margulis *et al.*, 2000).

Această diversitate metabolică extraordinară nu este înregistrată la alte tipuri de organisme (cu excepția unor eucariote unicelulare). Ele sunt capabile să folosească fiecare compus natural ca materie primă pentru construirea propriului corp sau ca sursă pentru a obține energia necesară metabolismului lor. Procariotele realizează oxidarea și reducerea sulfului, nitrificarea și denitrificarea, fixează azotul liber (atmosferic), pot oxida o mare varietate de compuși care aparțin unui număr mare de elemente chimice etc. De-a lungul timpului, diferite specii de procariote au fost specializate pentru a descompune practic toate substanțele organice naturale existente (deci numai pe cele levogire), chiar și pe cele mai rezistente, cum ar fi rășinile, celuloza, lignina, uleiul vegetal etc., iar acum s-au adaptat ca să atace și o gamă foarte largă de substanțe organice sintetizate în laborator de oameni. În prezent, aproape toate procesele de degradare a substanțelor organice pot fi realizate prin activități bacteriene (sunt unele excepții – niște protoctiști fungici). Am putea concluziona că și în prezent, fără intervenția bacteriilor, ciclurile biogeochimice care asigură viața pe planeta noastră nu s-ar putea desfășura.

Organismele procariote folosesc toate formele de energie pe care le pot prelua din mediul înconjurător: din materie anorganică (organisme litotrofe), din materie organică rezultată din sinteza anaerobă (prin chimiosinteză) sau din procese aerobe (prin fotosinteză), din substanțe organice vii (prin organe digestive), sau din substanțe organice moarte (de către organisme heterotrofe) (Botnariuc, 2006b).

Organismele procariote au în prezent o gamă extraordinară de forme de respirație: pot fi chimiotrofe, chimioautotrofe, fotoheterotrofe, fotoautotrofe, anaerobe (obligate sau facultative) etc. Ele sunt capabile să degradeze direct sau în trepte succesive orice tip de substanțe organice levogire, chiar și cele mai greu de degradat, și sunt capabile să sintetizeze o mulțime de substanțe, multe dintre ele fiind de mare interes pentru omenire.

Datorită diversității și mobilității lor metabolice, procariotele s-au adaptat la toate mediile, trăind chiar și în, sau pe toate celelalte ființe vii, fie ajutându-le (pot trăi simbiotic cu ele) fie folosindu-le în interes propriu.

Trecerea proceselor metabolice de la respirația anaerobă la cea aerobă (Godeanu *et al.*, 2010)

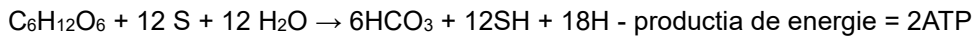
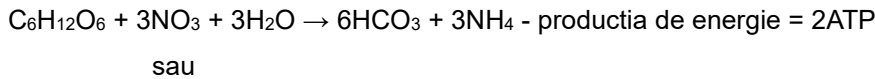
Procesele respiratorii permit organismelor vii să obțină energia necesară activităților lor curente din degradarea unor substanțe organice sintetizate anterior. În general, respirația are două scopuri: mai întâi să elibereze electronii necesari proceselor catabolice (diviziunea substanțelor organice sintetizate anterior), și apoi să creeze molecule de ATP (adenozin trifosfat), care este un compus capabil să stocheze energie și să realizeze conversia acesteia la nivel celular, deci punând la dispoziția organismelor energia necesară pentru desfășurarea normală a tuturor proceselor lor metabolice.

Respirația necesită existența unui electron acceptor terminal. Pentru marea majoritate a procariotelor, ea are loc la nivelul membranei celulare și constă în oxidarea moleculei de substanță organică în absența oxigenului, producând substanțe organice simple (precum etanol sau acid lactic) și ATP.

Procesele metabolice au trecut, în timp, de la respirația anaerobă, bazată exclusiv pe reacții chimice similare cu cele care au loc în ciclul respirator Calvin-Benson, la cele care se desfășoară în prezența unui gaz oxidant, oxigenul, prin reacții chimice care au loc în ciclul Krebs (Blankenship, 2010). Acesta produce mai multe molecule de ATP, astfel încât, la final, toată substanța organică este redusă la dioxid de carbon și apă.

Respirația anaerobă se desfășoară după cum urmează:

- **Respirația anaerobă** are loc astfel:



- **Respirația aerobă** are loc după cum urmează: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ - productia de energie = 36ATP

În tabelul 8 și în figura 38, prezentăm modalitățile de funcționare a celor două tipuri de respirație.

Tabelul 8. Eficiența energetică a respirațiilor anaerobă și aerobă (Wikipedia, 2022 - modificat)

Parametrul	Respirația anaerobă	Respirația aerobă
Eficiența respirației (%)	1	19
Schimbul total de energie (Kcal)	56	686
ATP sintetizat pornind de la glucoză	2	36
Energia stocată în fosfați (Kcal)	14	252
Eficiența energiei recuperate din toată energia eliberată (%)	25	37

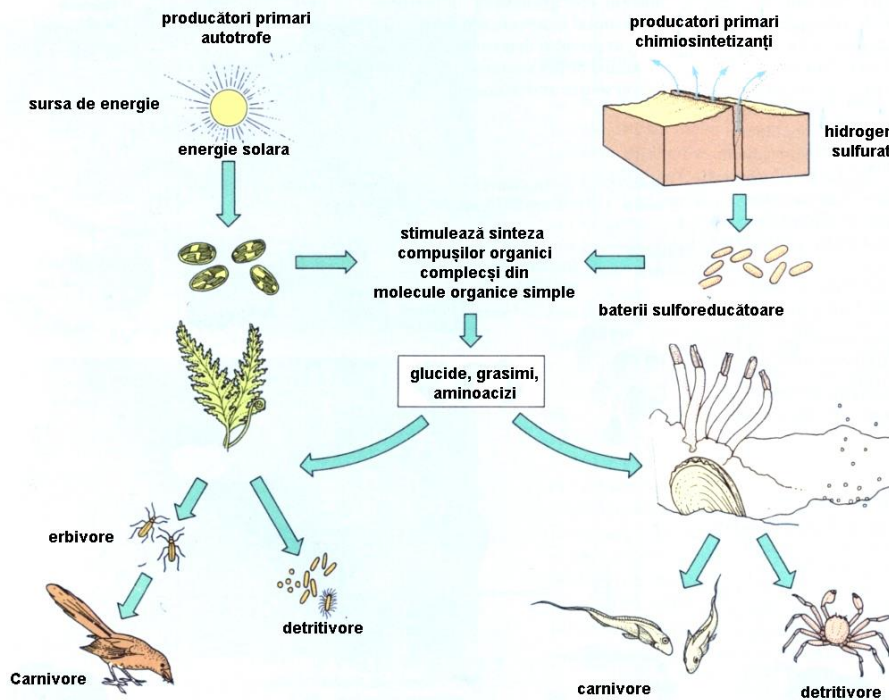


Figura 38. Comparare între cele două feluri de realizare a producției primare (Levine, 1994)

Trecerea la respirația aerobă a determinat creșterea semnificativă a cantității de energie disponibilă pentru funcționarea organismelor vii (Tabel 8), o cantitate de energie necesară din ce în ce mai ridicată, de-a lungul evoluției lumii vii (Figura 39).

Avantajele respirației aerobe au fost atât de importante, încât aceasta a permis extinderea diversității eucariotelor aerobe pentru ca ele să își realizeze mult mai ușor și mai eficient obținerea energiei necesare proceselor metabolice și locomoției. Cu toate acestea procesele anaerobe nu au dispărut, deoarece Ciclul Calvin-Benson este prezent și acum în multe procese respiratorii.

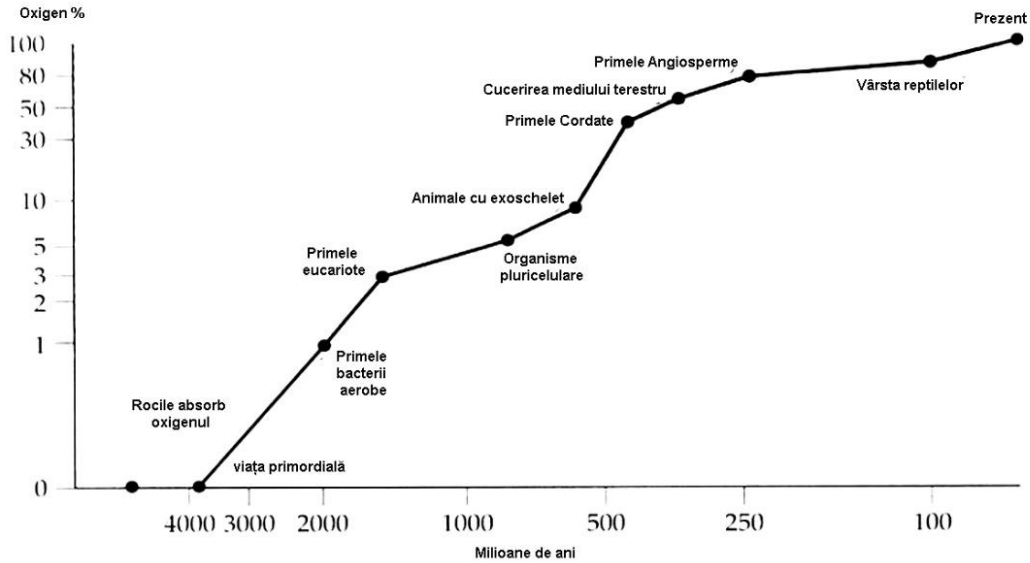


Figura 39. Procentul de oxigen din atmosfera pământului la care trăiesc diverse organisme (Purves *et al.*, 1992, modificat).

Apariția simbiozei (Godeanu *et al.*, 2010)

În cursul derulării proceselor vitale ale diferitelor eucariote, multe dintre acestea au realizat o interconectare relațională între două specii, proces care facilitează supraviețuirea ambilor parteneri, fiecare dintre ei depinzând – mai mult sau mai puțin evident – de una dintre activitățile celuilalt partener. De exemplu, o spirochetă atașată la un capăt de un bacil sau de o celulă cocoidă, permite mult mai multă mișcare partenerului, acesta primind la rândul său substanțele necesare traiului din partea celui de al doilea. În alte cazuri, un procariot mai mare include (prin învaginare) un procariot mai mic care este capabil să trăiască în cel mare și totodată să producă substanțe organice folosind procesul de fotosinteză; partenerul mai mare este în acest caz aprovizionat cu substanțe organice gata preparate, iar procariotul mai mic nu este fagocitat și înghițit, și menținut în viață într-o formațiune specială din corpul partenerului mai mare, unde primește nutriții necesari și este – concomitent - protejat pentru a nu fi consumat de alte procariote prădătoare. Astfel, pornind de la un simplu ajutor reciproc s-a ajuns la o convietuire obligatorie, avantajoasă, ambilor parteneri - simbioza (Botnariuc, 2006).

Fenomenul de simbioză a permis o mai bună utilizare a nutrienților și a resurselor energetice. Dacă la început această simbioză era limitată doar la procariote, ulterior acest proces s-a extins și a trecut la forme mult mai complexe și mai variate în cadrul tuturor regnurilor apărute ulterior. Simbioza dintre un eucariot și diferite tipuri de procariote (care apar acum sub formă de cili, mitocondrii sau cloroplaste) a condus la apariția celulelor eucariote multifuncționale (Margulis, 1982; 1992).

Simbioza a dus la apariția lichenilor – un grup taxonomic important, rezultat din interacțiunea obligatorie a unor ciuperci cu bacterii fotosintetice sau cu unele alge verzi (Figura 40). Există și diferite forme de simbioză temporară (detalii mai multe se dau în cap.3.4., Interacții între componentele biosferei).

Ca o consecință a interdependenței diferiților simbionți, apare un nou proces evolutiv, „evoluția laterală” (adică o formă de diversificare a unor specii aflate pe același palier evolutiv). Botnariuc (1992, 2006a) a considerat polifilia ca o caracteristică principală a procesului evolutiv al vieții. Așadar, s-a dezvoltat un proces început la nivelul procariotelor și care a devenit ulterior o trăsătură evolutivă importantă în cadrul tuturor regnurilor de eucariote. Acest proces este denumit ”proces de coevoluție”.

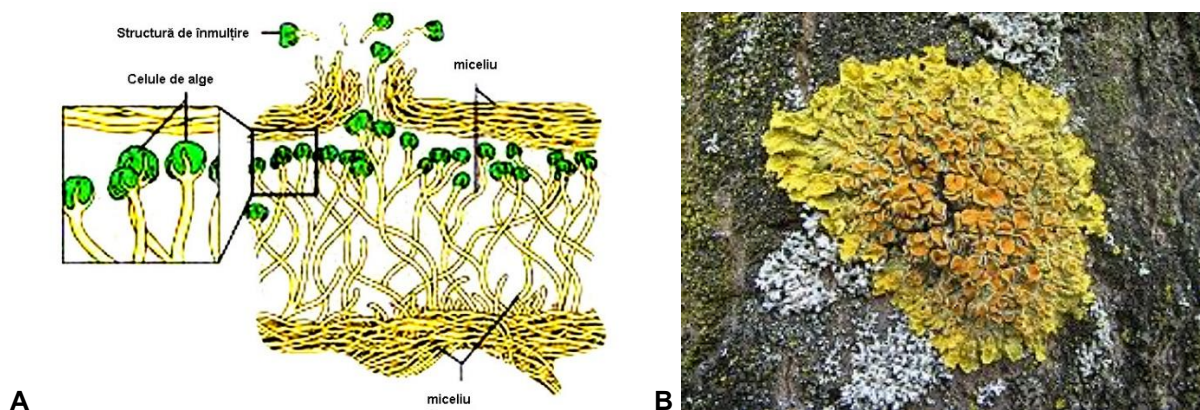


Figura 40. Licheni structura celulară (A) și aspectul plantei (B)
 (<https://mppss.ru/ro/lishainiki-vidy-osobennosti-stroeniya-razmnozheniya-i-pitaniya/> și
<https://ro.wikipedia.org/wiki/lichen>)

Apariția fotosintezei (Godeanu *et al.*, 2010)

Primele organisme procariote au fost cele osmofile, apoi cele fagotrofe, hrana lor constând în substanțe organice dizolvate și coloidale, toate fiind produse prin reacții chimice simple. La un moment dat, procariotele fagotrofe, tot înmulțindu-se, cantitatea de materie organică din mediul acvatic natural pe care o foloseau ca hrană, a devenit insuficientă. Ca urmare, asimilarea hranei necesare unei bune funcționări a proceselor metabolice a fost împiedicată de carența alimentelor primare. În această „criză”, unele dintre organismele procariote au abordat o nouă modalitate de a-și produce mai rapid și totodată mult mai eficient propria materie; au trecut la sintetizarea propriilor lor materiale pornind de la un compus comun și abundent în atmosfera primitivă, dioxidul de carbon, folosind în acest scop și o substanță existentă în cantități mari, apa. Pentru această sinteză a fost necesară o sursă nouă de energie. Din cauza faptului că cea obținută prin chimiosinteză era insuficientă, au creat un nou sistem, bazat pe utilizarea energiei luminoase, cea solară. Așa a apărut fotosinteza.

Gama lungimilor de unde sub care ajunge pe Terra energia solară este foarte largă, ea mergând de la câțiva nanometri, la kilometri (Purves *et al.*, 1992) (Figura 41). Organismele vii au devenit capabile să folosească radiațiile aflate între 400 și 700 de nanometri, adică lumina vizibilă, situată în gama de radiații ultraviolete și până la cele infraroșii. Aceste radiații au culori diferite la diferențe mici de lungimi de undă (Figura 41). Mai mult, organismele vii au creat un set de substanțe fotosensibile, pigmentii clorofilieni, capabili să utilizeze energia luminoasă aflată numai în domeniul anumitor lungimi de undă. Viețuitoarele au creat următorii pigmenti: clorofila, ficocianina, ficoeritrina, pigmentii carotenoizi, xantofilele și luteinele (Levine *et al.*, 1994) (Figura 42).

Varietatea lor este determinată de caracteristicile apei de a împiedica – în funcție de adâncimea sa – pătrunderea unei lumini cu o lungime de undă specifică și, de tendința organismelor de a realiza o fotosinteză tot mai eficientă. Ca urmare, pentru diferite lungimi de undă există anumiți pigmenti care posedă doar aici eficiențe maxime (Figura 42).

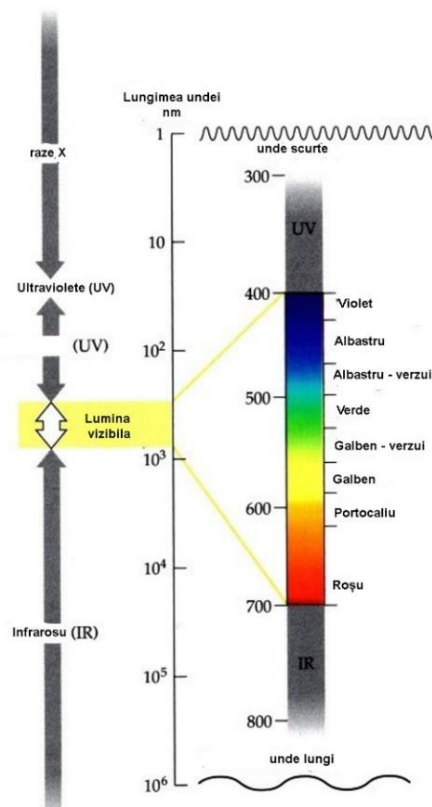


Figura 41. Lungimile de undă ale radiației solare și zona undelor luminoase (Purves și Orians, 1992)

Datorită faptului că organismele terestre fotosintetizatoare au apărut ceva mai târziu, ele au folosit predominant doar două tipuri de pigmenți clorofileni, cei care folosesc o bandă mai largă de utilizare a energiei luminoase, adică clorofila a (capabilă să lucreze la lungimi de undă de 400 – 450 nm) și clorofila b (capabilă să lucreze la lungimi de undă de de 650 – 700 nm), adică în lumină albastră – verde și în cea portocalie – roșie, reprezentând limitele extreme ale luminii vizibile) (Figura 43).

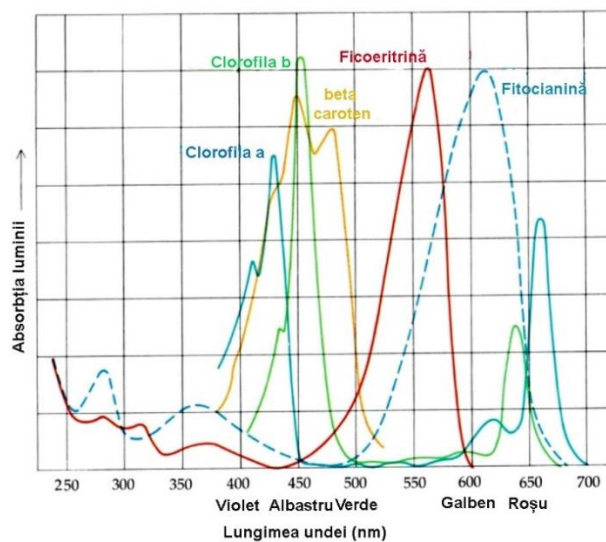


Figura 42. Eficiența absorbției energiei luminoase de către diferiții pigmenți clorofileni (Purves și Orians, 1992)

În oceanul planetar, combinarea activității diferiților pigmenți fotosintetici atinge acum o eficiență de 35-85%, eficiența maximă înregistrându-se la lungimile de undă situată între 450 și 500 nm (Figura 43).

Sinteza substanțelor organice sub influența energiei luminoase este facilitată de o coenzimă apărută la procariote în urmă cu aproximativ 3,2 miliarde de ani: coenzima NADP (nicotinamidă adenin dinucleotid fosfat) conținută în nucleotide. Datorită acțiunii acestei coenzime, se sintetizează nu numai carbohidrați simpli (care stau la baza tuturor celorlalte substanțe organice), dar permit și producerea de ADP (adenozin difosfat) și ATP (adenozin trifosfat), ultimul fiind cel mai important stocator de energie (Purves *et al.*, 1992).

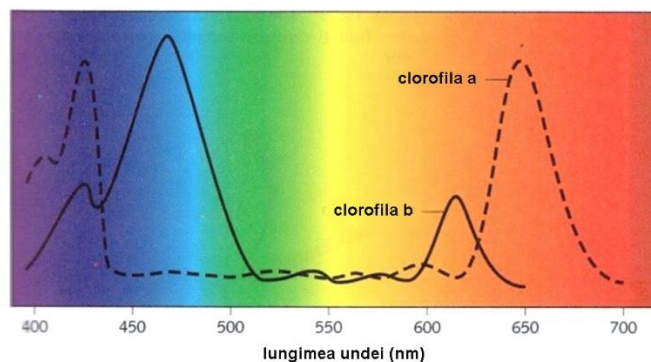


Figura 43. Rata fotosintezei datorată acțiunii clorofilei a și b (Purves și Orians, 1992; modificat)

Ca o consecință a capacității de a obține ușor energie în mediul acvatic (la toate lungimile de undă ale luminii vizibile), eficiența fotosintezei este, în medie, de doar 0,2 – 6%. Acest nivel pare a fi foarte scăzut, dar se dovedește a fi suficient (sau mai bine zis cel mai economic) pentru a asigura aportul de energie necesar pentru toate tipurile de organisme fotosintetizatoare. Experimentele efectuate pe alge (căci ele sunt primele organisme fotosintetizatoare) au arătat că acestea, dacă sunt menținute sub lumină permanentă, fotosintetizează mult mai mult decât le este necesar. Ca urmare substanțele organice fotosintetizate în exces sunt eliminate în mediu și se dizolvă în apa în care algele trăiesc, crescând astfel concentrația în substanțe organice dizolvate în apa din jurul lor (mediul lor de viață).

Așa se explică eficiența fotosintezei, care, deși este aparent redusă, este suficientă pentru ca plantele fotosintetizatoare să acopere planeta cu o pătură vegetală bogată și foarte diversificată.

Consecințele procesului de fotosinteză sunt numeroase: pe de o parte, organismele vii nu mai sunt dependente de producerea chimică a substanțelor organice, ele putându-se autoîntreține. Pe de altă parte, deoarece procariotele autotrofe se înmulțesc mai ușor, ele constituie hrana principală pentru o mulțime de organisme procariote heterotrofe. Deoarece organismele fotosintetizatoare produc oxigen în timpul sintezei substanțelor organice, acesta este folosit parțial de către producători, pentru a-și realiza propria respirație aerobă. Excesul de oxigen este eliminat în mediu, adică în apa oceanului planetar; acest extra-oxigen atomic a dus la formarea moleculelor de oxigen (O_2), care au declanșat supraoxigenarea straturilor superioare de apă din ocean. După ce oxigenul dizolvat în apă a ajuns la saturație, moleculele de oxigen excedentare sunt eliminate în aerul din atmosferă. Concomitent are loc eliminarea din apă și a hidrogenului sulfurat, a dioxidului de carbon și a metanului. Aceste trei gaze, dar în principal oxigenul, au modificat, cu timpul, compoziția chimică a atmosferei. Pe parcursul mileniilor următoare, oxigenul molecular produs de organismele fotosintetizante a devenit - ca pondere - al doilea gaz din atmosfera planetei noastre (Soran, Borcea, 1985).

O altă consecință a creșterii cantității de oxigen în mediul acvatic, este că foarte multe organisme care au trecut la respirația aerobă, au devenit din ce în ce mai numeroase, populând mediul acvatic care acum este bine oxigenat. Organismele care și-au menținut tipul de respirație anaerobă s-au retras treptat în habitatele în care concentrația de oxigen este scăzută, sau trăiesc în zone în care unele reacții chimice consumă rapid oxigenul. Aici mediul devine anoxic, în care pot trăi numai viețuitoarele care efectuează chemosinteze, sau care au o respirație anoxică.

Sub acțiunea oxigenului liber s-au accelerat procesele chimice oxidative. O parte din moleculele de oxigen bivalent, sub acțiunea razelor cosmice au format în atmosferă molecule de ozon, care, în timp, au realizat un scut puternic împotriva radiațiilor ultraviolete, radiații care sunt nocive pentru organismele vii. Ca urmare, cantitatea de radiații ultraviolete venite de la soare a scăzut sub 5% față de nivelul anterior, ceea ce a facilitat evident trecerea ulterioară a organismelor vii din mediul acvatic în cel terestru și, mai târziu, acoperirea suprafeței tuturor continentelor de pe planetă cu plante autotrofe fotosintetizante.

Apariția organismelor fotosintetizatoare a determinat o structură mai complexă a lanțurilor trofice, care acum au la bază nu doar organismele osmotrofe și chimiotrofe, ci pe cele fotoautotrofe.

Diversificarea procariotelor (Godeanu *et al.*, 2010)

Revenind la examinarea primei etape a procesului de diversificare a biosferei, se pot observa consecințele trecerii la respirația aerobă, a apariției simbiozei și a fotosintezei.

Deoarece sunt foarte puține fosile cunoscute din Precambrian, iar cea mai mare parte a rocilor formate atunci au fost profund metamorfozate, nu putem decât să deducem consecințele proceselor care au avut loc și să presupunem calea către nivelul actual de diversificare a procariotelor (Margulis *et al.*, 2000; Neagu *et al.*, 2002).

Înainte de apariția organismelor eucariote, viața de pe Terra era reprezentată numai de procariote microscopice care locuiau în oceanul planetar (posibil și în apele salmastre sau bazinele cu ape temporare situate în vecinătatea oceanului). Unele dintre acestea consumau prin osmoză substanțele organice dizolvate în apă sau pe cele care erau prezente în stare coloidală. Altele erau „prădători” (adică se hrăneau cu procariote mai mici, pe care le capturau prin mișcări amoeboidale / sau prin formarea unor învaginări în o zonă specială a corpului denumită pseudostom, prin care preluau procariotele ce le serveau drept hrană și apoi le digerau în niște vacuole specializate pentru digestie, vacuolele digestive. O categorie de procariote au rămas autotrofe (își produceau substanțele nutritive necesare existenței lor).

Procariotele s-au dezvoltat prin diversificarea modului de degradare a materiei organice moarte. Această evoluție a fost realizată nu de o singură bacterie, ci se efectua prin crearea unor lanțuri și rețele de consumatori (care formau o succesiune de bacterii funcțional diferite). În acest fel puteau descompune secvențial substanțe organice extrem de complexe. În același mod au fost atacate ulterior și majoritatea substanțelor organice sintetizate de bacteriile fotosintetizante.

Deși parazitismul și simbioza există și la procariote, aceste două moduri de nutriție s-au dezvoltat cel mai mult după apariția eucariotelor, care sunt mai mari și mai ușor de abordat (Margulis *et al.*, 2009; Mustață *et al.*, 2004; Neagu *et al.*, 2002).

În ceea ce privește relația dintre organismele anaerobe și cele aerobe, acestea nu s-au exclus reciproc, ci au coexistat, fiecare dintre ele ocupând nișe ecologice specifice și locuri diferite în lanțurile și rețelele trofice care se constituiau mereu și se tot complexau în biocenozele din care făceau parte. Procariotele nu sunt nici organisme primitive, nici „fosile vii”, pentru că ele au evoluat permanent, adaptându-se la toate modificările caracteristicilor mediului, fie el abiotic, sau biotic. Chiar și în prezent procariotele sunt cele mai versatile forme de viață, cele mai bine adaptate la schimbările produse acum de diferite activități distructive umane (a se vedea adaptabilitatea bacteriilor patogene la antibioticele create pentru a le distruge și la apariția atât de rapidă a bacteriilor notosomiale!). Mai mult, bacteriile anaerobe sunt principalele organisme care realizează degradarea materiei organice moarte, eliberând energia stocată în acestea; ele reprezintă și acum treapta fundamentală în buna desfășurare a ciclurilor biogeochimice de pe planeta noastră.

Apariția și diversificarea eucariotelor unicelulare (Godeanu *et al.*, 2010)

Pe baza datelor fosile, se consideră că primele eucariote, cele unicelulare, au apărut în urmă cu aproximativ 2 miliarde de ani, tot în oceanul primordial. Ele erau foarte mici (de dimensiuni microscopice) și nu aveau un înveliș rigid. Așa se explică absența lor în rocile sedimentare (Botnariuc, 2003; Neagu *et al.*, 2002).

În ceea ce privește trecerea de la procariote la eucariote, teoria general acceptată în prezent este așa numita teorie simbiotică elaborată de Lynn Margulis (1982). După părerea sa celula eucariotă a luat naștere din una procariotă, deoarece ADN-ul lor a fost protejat de o membrană protectoare (care s-a grupat în partea centrală a celulei), dar și prin includerea în citoplasma celulei, prin simbioză, a unui număr de procariote mici, foarte specializate, care au devenit flageli, mitocondrii sau cloroplaste (Figura 44). Este posibil ca și alte structuri celulare să apară în același mod (ca de exemplu tilacoizii sau aparatul Golgi).

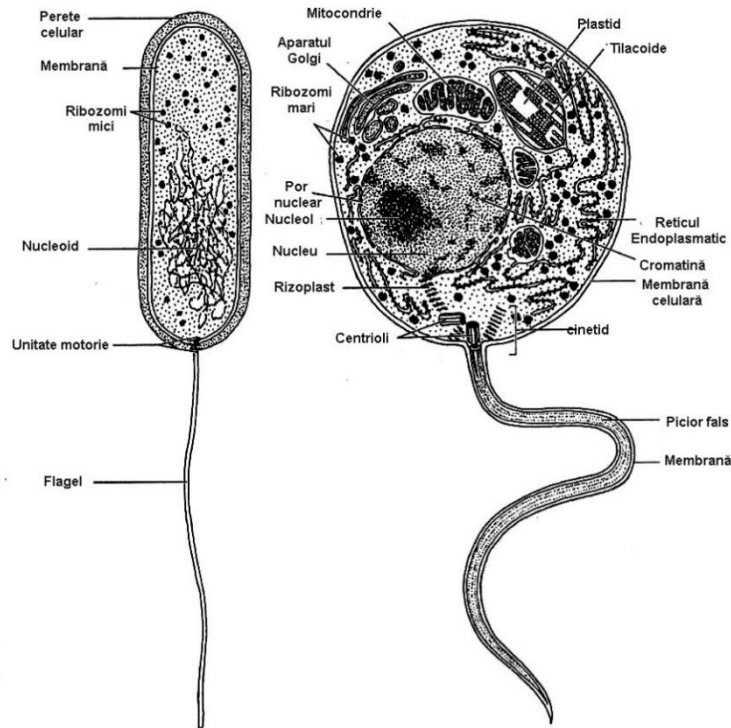


Figura 44. Schema unei celule procariote și a unei celule eucariote (Margulis și Schwartz, 2000).

Noile organisme reprezintă saltul foarte important care a determinat îmbunătățirea sistemului de stocare a informațiilor, dar și pe cea a multiplelor procese simbiotice intercelulare. În acest fel noile organisme au dobândit noi potențialități, foarte importante pentru metabolismul lor. În același timp, s-au diversificat enorm caracteristicile lor morfologice, modalitățile de nutriție sau cele de locomoție. La aceste procese adaptative se adaugă un nou mecanism de transmitere mai exactă a informației biologice către descendenți prin apariția și diversificarea formelor de reproducere sexuală.

La fel ca procariotele și eucariotele unicelulare trăiesc aproape în toate mediile posibile, se adaptează neconținut după nevoile activităților lor specifice și adesea, deși își păstrează caracteristicile morfologice (așa cum se observă în sedimentele rămase sub formă de fosile în rocile sedimentare din acea perioadă geologică în care au trăit - de exemplu, există „nămol cu globigerine”, „nisip cu foraminifere” sau „mâl cu radiolari” - etc). Mai mult, legat de evoluția ulterioară a formelor vii, anumite eucariote unicelulare au devenit paraziți foarte specializați pe plante și animale (deci pe niște eucariote care au apărut mult mai târziu pe Terra). Ca și procariotele, și eucariotele unicelulare au evoluat continuu. Nu știm cât de primitive sunt formele actuale, cât de mult, când și în ce fel au evoluat pentru a ajunge la starea lor actuală de dezvoltare.

În ceea ce privește celulele de protociste (de eucariote unicelulare), acestea se găsesc astăzi într-o multitudine de forme și prezintă toate caracteristicile fiziologice ale eucariotelor pluricelulare: în interiorul celulelor lor apar formațiuni specializate pentru nutriție, excreție, reproducere, există sisteme de locomoție foarte variate și totodată foarte specializate (dar care sunt foarte versatile), există zone cu o mare sensibilitate care reacționează la diferiți stimuli (cum ar fi vibrații, lumină, mișcare, temperatură), există forme care trăiesc în condiții aerobe sau anaerobe; pot avea endo- sau exoschelete (lorici, plăci, teci, discuri, cocoliți, tricochiști, axopode, microtubuli etc.), dezvoltă o scară largă de forme de mișcare (prin flageli simpli sau penați, cili sau ciri) și prezintă o capacitate mare de supraviețuire și autoprotecție în caz de apariție a unor condiții nefavorabile din mediul în care trăiesc (perioade de secetă, temperaturi extreme etc), deci își creează spori, chiști de rezistență etc.

Apariția și diversificarea procesului sexual la eucariotele unicelulare (Godeanu *et al.*, 2010)

Toate procariotele au un tip de reproducere unic – prin diviziune celulară (simplă sau multiplă). De la separarea ADN-ului intracelular de restul componentelor celulare (după apariția nucleului), rolul acestuia este foarte bine și clar stabilit: în el sunt grupate toate componentele celulare care servesc la transmiterea către descendenți, cu o fidelitate cât mai ridicată, a informației genetice a speciei.

Reproducerea asexuată continuă să existe la marea majoritate a eucariotelor unicelulare. Ea se prezintă sub o mulțime de forme, cum sunt sporularea, diviziunea binară, înmugurirea și partenogeneza (Margulis, 2009; Purves *et al.*, 1992).

Concomitent cu modul de reproducere asexuată, acum 1,1 miliarde de ani a apărut reproducerea sexuată. Cromozomii a doi indivizi ai aceleiași specii efectuează recombinări ale ADN-ului lor nuclear, care sunt transferate descendenților lor sub formă de ADN recombinat. În acest fel a rezultat un surplus de informații foarte exacte și specifice, deosebit de utile pentru specia respectivă. Procesul sexual a evoluat enorm și se prezintă acum într-o varietate extraordinară de forme. Se poate spune că după apariția sa, el a suferit o adevărată explozie a modalităților în care are loc (Margulis *et al.*, 1986; Mooney *et al.*, 1996) și care nu se regăsește la celelalte regnuri de eucariote pluricelulare – plante, ciuperci sau animale - la care ulterior a avut loc - cel mult - un proces de. simplificare și de specializare).

Cele mai frecvente forme de reproducere sexuată la prototiste sunt: izogamia (la chitridiomycete, alge verzi, alge brune, labirintulide, granuloreticulate, diatomee, plasmodiofore), anizogamia (la diatomee, alge roșii, alge brune), oogamia (la oomicete, alge verzi, xenofiofore), apogamia (la alge brune), heterogamia (la alge roșii), sau conjugarea (la ciliate, diatomee și unele alge verzi) (Levine *et al.*, 1994, Purves *et al.*, 1992, Starr *et al.*, 1987).

Apariția și diversificarea eucariotelor pluricelulare (Godeanu *et al.*, 2010)

Organismele eucariote pluricelulare au apărut în urmă cu aproximativ 600 – 570 milioane de ani, ca urmare a tendinței de a rămâne nedespărțite un număr de organisme unicelulare fiice (fie sub formă de agregate, de sfere sau de filamente). Ele au evoluat de la reprezentanți a mai multor încrângături de eucariote unicelulare, care au continuat să-și perfecționeze caracteristicile genetice, morfofiziologice și ecologice (Margulis *et al.*, 2009; Mustață *et al.*, 2003; Botnariuc, 2003).

Dacă la prototiste fiecare celulă era un organism care își realiza singură toate nevoile legate de supraviețuire și reproducere, la eucariotele pluricelulare diferitele funcții fiziologice se realizează de către grupări de celule specializate (care formează astfel anumite organe). În urmărirea proceselor filogenetice la eucariotele pluricelulare, se poate observa cum celulele componente încep să se diferențieze pentru anumite funcții (ca celule cu rol în reproducere, în digestie, pentru excreție, cu rol nervos etc.).

Dacă la eucariotele multicelulare primitive, o singură celulă este capabilă să regenereze un nou individ folosind un proces asexuat; la eucariotele evoluat regenerarea se poate face doar la nivelul unui organ (sau a unui grup de organe bine definite). Studiile embriologice au arătat că, treptat, odată cu diviziunea celulară, pornind de la potențialul multiplu al primelor celule, specializarea acestora crește permanent (Levine *et al.*, 1994).

Trecerea la organismele pluricelulare este rezultatul procesului de creștere a eficienței proceselor metabolice. Se accentuează rolul celulelor cu rol senzorial și al celor care transmit informația; de asemenea, crește rolul celulelor protectoare. Apar celule cu funcții speciale – de producere a unor substanțe de autoapărare, pentru stocarea substanțelor nutritive sau pentru producerea de energie. Un rol foarte important revine celulelor care transmit descendenților informațiile genetice (specifice exclusiv speciilor respective în celulele reproducătoare); la formele de plante și animale cele mai evoluat, aceste celule sunt protejate și deservite de celule specializate care formează organele de reproducere.

Din multitudinea de specii aparținând prototistelor, trecerea la organismele multicelulare s-a făcut pe trei căi diferite; așa s-a ajuns la apariția a trei regnuri de organisme pluricelulare: Plantae, Fungi și Animalia.

Dintre prototistele fotoautotrofe, unele și-au făcut drum spre starea de multicelularitate prin formarea de taluri foarte puțin diferențiate morfologic și fiziologic (așa sunt unii reprezentanți ai încrângăturilor de Prototista Chlorophyta, Rhodophyta și Phaeophyta). La urmașii acestora reproducerea sexuală este destul de primitivă. Toate eucariotele pluricelulare fotoautotrofe sunt organisme care trăiesc și acum în medii acvatice dulcicole sau în medii umede (Briggs *et al.*, 1997).

Odată cu trecerea de la locuirea în habitate acvatice la habitate uscate, corpul lor a suferit modificări majore, care, în parte, au determinat evoluții spectaculoase. Din ele au apărut reprezentanți ai regnului Plantae: primul, ferigile (încrângătura Pteridophyta), au apărut în mezozoic, iar plantele cu flori (încrângătura Anthophyta) – în Cretacic și Cuaternar. Se presupune că evoluția către starea pluricelulară a fost realizată la început de organisme apropiate de algele verzi (Margulis *et al.*, 2009, Mustață *et al.*, 2004; Botnariuc, 2003).

Din organismele protoctiste heterotrofe osmotrofe (mai precis – din Chitridiomicete) s-au dezvoltat trei încregături de ciuperci. Diferențierea acestor noi grupe de organisme autotrofe nu a fost realizată la fel de „exploziv” ca în celelalte grupe de eucariote multicelulare heterotrofe (animalele), deoarece trecerea la starea pluricelulară nu a avut ca rezultat o creștere a diversității morfologice și fiziologice, ci a uneia biochimice.

Un alt grup de organisme heterotrofe care s-a dezvoltat spre starea multicelulară este cel având o nutriție holozoică și care se caracterizează prin mobilitate. Această modalitate de hrănire a presupus diferențierea celulelor pentru a forma un aparat digestiv distinct, iar reproducerea sexuală s-a specializat, ea având loc doar prin copulare. Majoritatea specialiștilor consideră că reprezentanții regnului Animalia derivă din formele coloniale ale unor protoctiste asemănătoare cu cele care fac acum parte din încregătura Zoomastigota (și mai ales reprezentanți ai clasei Choanoflagellata). Ele seamănă cu coloniile de *Proterospongia haeckeli* (Margulis *et al.*, 2000). Inițial aceste colonii au fost homonome, de tip *Sphaeroteca*, apoi celule de tip *Proterospongia*, care au dus la apariția spongierilor (Mustață *et al.*, 2004; Margulis *et al.*, 2009). Din aceste colonii cu celule slab specializate au derivat metazoarele planuloide ancestrale, cu sau fără celom, iar din ultimele au apărut mai târziu protostomienii și deuterostomienii. Concomitent cu această diversificare a animalelor, au apărut foarte multe fluctuații morfologice, organe din ce în ce mai specializate pentru diferite funcții. S-au înregistrat însă (la mai multe genuri și specii) și unele forme de regresie morfofiziologică determinate de modul de hrănire parazitar. În prezent în regnul Animalia apartenența la o anumită clasă sau încregătură poate fi determinată numai prin urmărirea ontogeniei acestora. Reproducerea sexuală, s-a diversificat și ea. Acum reproducerea sexuată prezintă o multitudine de forme (spre exemplu structuri copulatorii din ce în ce mai complexe și mai sofisticate, așa cum sunt în prezent piesele copulatorii la insecte și la chelicerate). Mai mult, procesul de reproducere sexuată a fost îmbunătățit prin apariția unor celule senzoriale specifice și – în unele cazuri – organismele au început să producă și compuși chimici (atractanți) pentru sensibilizarea și atragerea reprezentanților sexului opus.

Apariția în regnul Animalia a unor planuri diferite de structură și diferențiere celulară (Godeanu *et al.*, 2010)

Studiile embriologice au arătat că la animalele bilateral simetrice care aveau trei straturi de celule embrionare, celulele care constituie mezodermul au evoluat în trei direcții principale (Purves *et al.*, 1992; Levine *et al.*, 1994). Această evoluție ontogenetică a determinat evoluția animalelor pe trei planuri structurale fundamentale, planuri care există și astăzi (Figura 45).

1. La una dintre aceste direcții mezodermul a rămas ca mase celulare, din care s-au format organele interne – aparatele digestiv, excretor, reproducător și sistemul nervos. Ele sunt grupate în așa numitele organisme de tip acelomat și se găsesc la reprezentanții încregăturilor de Platyhelminți, Gnatostomulide, Ortonectide și la unii dintre Nemerțieni.
2. La altele, celulele mezodermice se formează în spații libere (goluri) umplute cu hemolimfă; la aceste organisme există un schizocel. În cazul în care între ectoderm și endoderm apare o cavitate plină cu hemolimfă, în care se dezvoltă celule mezodermale, apare un pseudocel, în care sunt situate organe interne. Un astfel de tip de organisme pseudocelomate sunt unii Nemerțieni, la Nematode, Nematomorfe, Rotifere și Gastrotrichi, precum și la reprezentanții altor încregături mai mici.
3. În cazul în care mezodermul formează o cavitate generală în care sunt cuprinse toate organele interne, apare o cavitate celomică. De aceea animalele care au o astfel de cavitate se numesc Coelomate. Organismele în care celulele care formează cavitatea celomică provin din regiunea orificiului bucal sunt incluse în grupul protostomienilor celomati. Toate organismele în care s-au format celulele care formează cavitatea celomică din învaginările laterale ale endoteliului posterior formează grupul deuterostomienilor celomați (Figura 45).

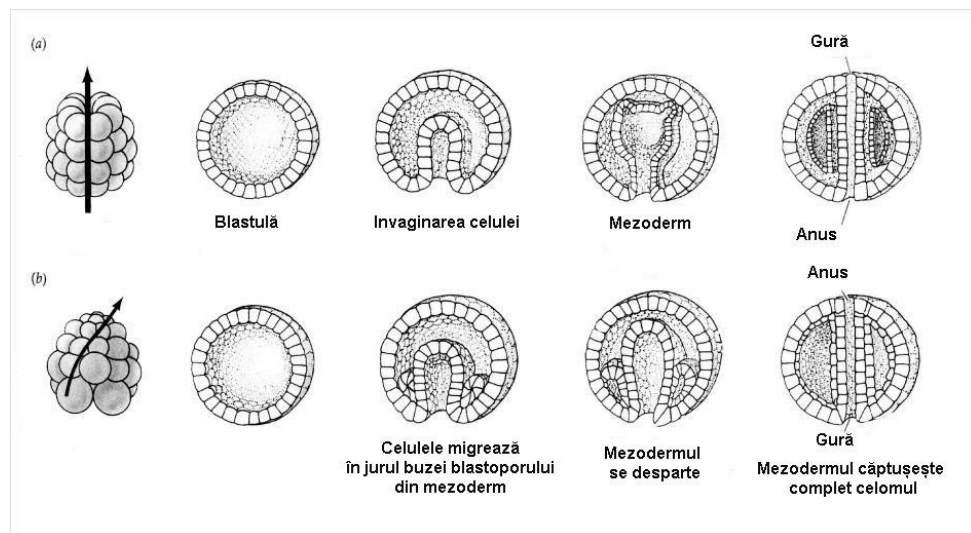


Figura 45. Primele etape ale dezvoltării embriologice primare la deuterostomieni (a) și protostomieni (b) (Purves *et al.*, 1992; modificat)

Apariția și diversificarea eucariotelor multicelulare (Godeanu *et al.*, 2010)

În prezent toți reprezentanții regnului Plantae trăiesc fixați de un substrat și prezintă pigmenți fotoasimilatori de tip clorofilian; ei produc amidon – care este un compus de stocare - și au pereți celulari de obicei de natură celulozică. Primii reprezentanți ai acestui regn au apărut în urmă cu aproximativ 400 de milioane de ani, când organismele autotrofe au început să cucerească mediul terestru (numai macrofitele real acvatice s-au reîntors în apă, iar majoritatea lor trăiește acum în mediul dulcicol). Ca organisme terestre, au trebuit să-și creeze structuri de rezistență antigravitaționale pentru a ieși din substrat, care să fie capabile să reziste la mișcările aerului (vânt) și la orice tip de precipitații atmosferice. Ele și-au creat structuri de protecție capabile să facă față acțiunii fizice a tuturor factorilor climatici.

Toate plantele formează organe pentru gametii de reproducere sexuală în gametangii. Zigotul rezultat din fecundare permite dezvoltarea embrionului, care este protejat de gametofitul feminin. În încrengăturile mai primitive stadiul de gametofit este dominant. Stadiul de sporofit evoluat este dominant la încrengăturile mai evoluat (Mustață *et al.*, 2004; Briggs *et al.*, 1997).

Reprezentanții actuali ai regnului Fungi sunt organisme heterotrofe a căror alimentație se bazează pe osmoză. Ei sunt consumatori de substanțe organice (în principal materie organică în descompunere (necromasă), dar sunt și specii care utilizează substanțe organice din organisme vii (pe care le parazitează). Adevăratele așa zise ciuperci sunt organisme aerobe, care secretă exoenzime utilizate pentru dizolvarea extracelulară a alimentelor, pe care apoi le absorb prin osmoză. Peretele celular al ciupercilor conține chitină, iar sporii lor sunt totdeauna lipsiți de flageli. Toate celulele ciupercilor au 2 nuclee (nu există ciuperci uninucleate). Reprezentanții acestui regn au apărut cu aproximativ 500 – 450 de milioane de ani în urmă, în Ordovician. Ciupercile cele mai primitive sunt protoctistele din încrengăturile Myxomycetes, Oomycetes și Hyphochitridiomycetes.

Toate ciupercile multicelulare se reproduc atât asexuat cât și sexual (prin două tipuri de conjugare – fie cea a hifelor, fie prin fuziune nucleară). În ambele cazuri rezultă spori, care pot avea fie o origine mitotică, fie o origine meiotică. Din spori apar hife noi; agregarea lor formează un miceliu. În perioada de reproducere o parte din aceste micelii se unesc, formând organe specifice de fructificare. Toate ciupercile au un ciclu de dezvoltare similar, în care descendenții lor nu au un stadiu embrionar (Groombridge *et al.*, 2000; Margulis *et al.*, 2009; Mustață *et al.*, 2004).

Apariția și diversificarea reprezentanților regnului Animalia a avut loc în mediul acvatic. În mediul terestru au trecut doar formele cele mai dinamice ale câtorva clase de Protostomieni și Deuterostomieni.

Cercetările paleontologice au evidențiat faptul că apariția organismelor pluricelulare a dus la așa-numita explozie a diversității biologice din Cambrian (Purves *et al.*, 1992). Această explozie a apărut după o extincție majoră a organismelor primitive care a avut loc în urmă cu aproximativ 500 de milioane de ani (Figura 46). Cam atunci au apărut toate grupurile majore de animale. În Cambrianul inferior (acum

aproximativ 570 – 770 milioane de ani) au apărut metazoarele diblastice, iar la scurt timp după acestea (acum aproximativ 540 milioane de ani) au apărut metazoarele triblastice (Mustață *et al.*, 2004).

Această evoluție nu a avut loc nici uniform, nici lent, ea fiind stimulată de câteva momente cruciale care au condus la biodiversitatea actuală. Ea a fost realizată în ciuda unor vicisitudini importante mai mult sau mai puțin cunoscute, care au determinat mai multe extincții în masă a multor grupe de organisme (Figura 46). Aceste dispariții accentuate nu numai că au pus în pericol existența vieții pe Terra la momentul respectiv, dar au influențat puternic și cursul evoluției ulterioare îndreptându-se pe căi noi (care pot fi considerate ca salturi progresive). Ele au permis evoluția numai a celor mai adaptate forme de viață la noile condiții de mediu, deci numai a acelor forme care au fost cele mai eficiente în utilizarea energiei și procurarea substanțelor necesare propriei biosinteze.

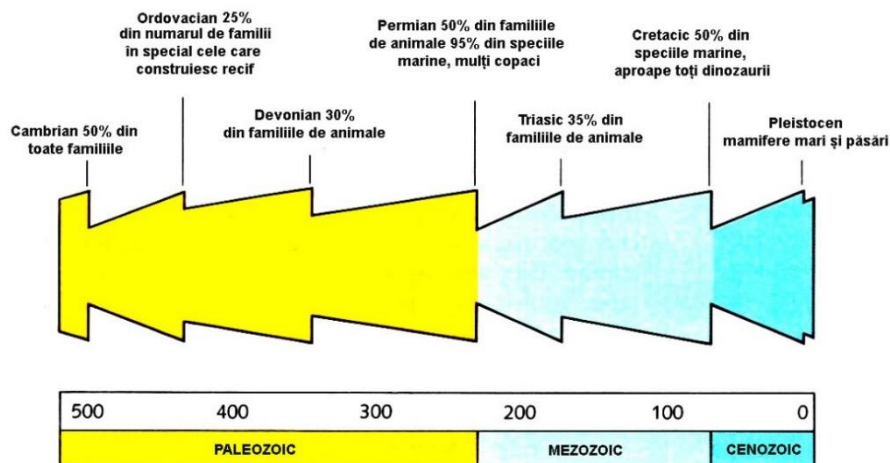


Figura 46. Cele șapte extincții în masă ale animalelor de-a lungul erelor geologice (Purvis și Orians, 1987, modificat).

Cele mai vechi eucariote multicelulare heterotrofe aparțin regnului Animalia. Se consideră că primele animale au apărut în urmă cu aproximativ 1,5 miliarde de ani, în Proterozoic. Reprezentanții acestui regn se caracterizează printr-o mare diversitate a modului de reproducere sexuală, prin diferite tipuri de ouă și forme de segmentare a acestora, diferite modalități de realizare a gastrulației, prin forme variate de evoluție ulterioară a celulelor embrionare, iar apoi printr-o mare diversitate a căilor de dezvoltare embrionară (bazată pe postulatul lui Baier, fondatorul embriologiei, că „ontogenia repetă filogenia”) (Figura 47) și existența la indivizii adulți a diferitelor forme de simetrie a corpului lor.

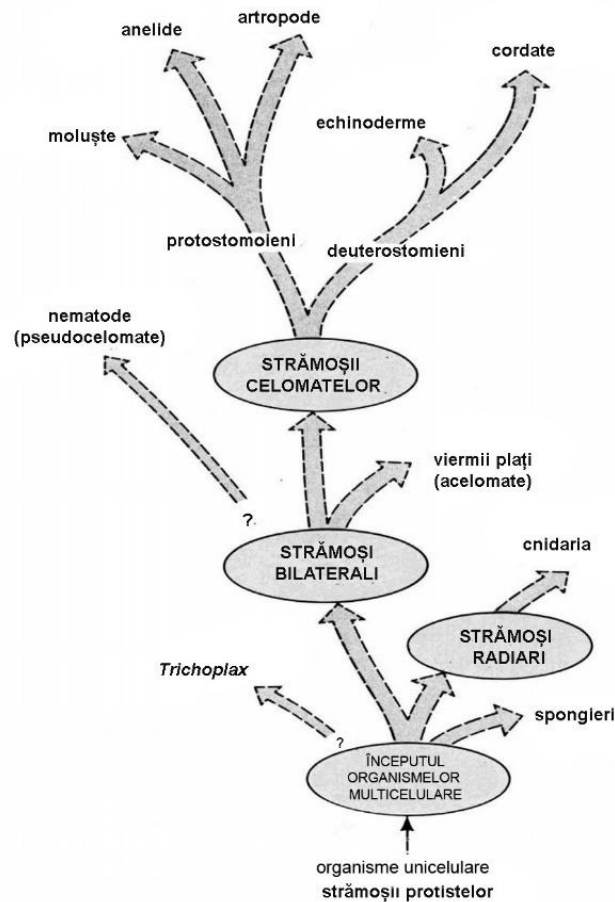


Figura 47. Evoluția regnului animal bazată pe simetria corpului și pe specificul dezvoltării spațiului dintre ectoderm și endoderm (Starr și Taggart, 1987, modificat)

Animalele au trei tipuri de simetrie:

- disimetrică – care poate fi homopolară sau heteropolară;
- bilaterală – care poate fi: în plan sagital (dorso – ventral) în plan lateral (stânga – dreapta) și în plan transversal (anterior – posterior),
- radială – care poate fi pentaradială (la Echinoderme), hexaradială (la unii Cnidari), sau octoradială (la alți Cnidari).

La animale heterotrofia a stimulat diversificarea formelor de hrănire, începând cu apariția unor modalități foarte variate de captare a hranei, continuând cu crearea unor tipuri diferite de aparat digestiv și, uneori, chiar revenirea la tipul de hrănire osmotic (ca în formele parazitare ale platelmințiilor și la unele dintre chelicerate sau mandibulate). La fel ca aparatul digestiv, animalele au astăzi o mare varietate de tipuri de aparate respiratorii și de excreție.

Animalele posedă sisteme de relație specializate, care permit:

- să posedă sisteme de detectare a calității factorilor vii și nevii din mediul lor de trai – organe sensibile;
- să posedă sisteme pentru transmiterea informației de la organele de simț la sistemul nervos;
- să posedă sisteme adecvate pentru realizarea reproducerii – existența unor indivizi cu sexe distincte/separate, dar și a unora care sunt hermafrodite;
- să posedă modalități pentru a se proteja de eventualii prădători – existența unui schelet interior sau a unuia exterior, sau să secrete substanțe repulsive sau otrăvitoare etc.

Cucerirea mediului terestru (Godeanu *et al.*, 2010)

Până în urmă cu 500 – 450 de milioane de ani, viața se desfășura doar în mediul acvatic marin. De la un moment dat, toate biotopurile ecosistemelor marine erau ocupate de diferite asociații de organisme. În mări curgeau râurile, dar apele lor nu aveau sărurile existente în apele marine, săruri care sunt indispensabile traiului pentru organismele marine. Această absență a sărurilor minerale a reprezentat pentru o perioadă îndelungată de timp un obstacol osmotic greu de depășit, dar, prin adaptarea treptată a diverselor organisme marine eurioice la viața din apele salmastre, acest obstacol a fost până la urmă depășit (Botnariuc, 2003, 2006b; Briggs *et al.*, 1997; Margulis *et al.*, 2009).

O zonă de ecoton importantă a fost reprezentată de bazinele și mlaștinile cu ape sărate din vecinătatea mărilor și a oceanelor. În timpul furtunilor, și mai ales dacă acestea aveau loc concomitent cu mareae mari, apele sărate marine, împreună cu flora și fauna litorală au pătruns

în aceste habitate. După întreruperea contactului cu apele marine, nivelul apei acestor bazine și mlaștini a scăzut semnificativ, dar nu în totalitate, astfel încât organismele aduse de apele marine au fost obligate să găsească oportunități de supraviețuire până la venirea unor noi ape din mare, timp în care bălțile și bazinele cu apă paramarine rămăneau pe loc, iar nivelul apelor din ele scădea (prin evaporare, sau prin infiltrare lentă în substrat).

De aceea organismele ajunse aici trebuiau fie să treacă la respirația atmosferică și să-și protejeze corpul de uscare, fie să se îngroape în noroiul sărat, sau să moară. În masa organismelor vegetale și animale moarte din aceste bazine cu apă puțin adâncă, sau din habitatele umede, bacteriile degradante au fost primele care au găsit condiții favorabile pentru a se dezvolta.

Ele au contribuit la formarea unui nămol bogat în substanțe organice, iar apoi au participat la transformarea acestuia într-un mediu favorabil protecției organismelor acvatice împotriva uscării și pentru evitarea radiației solare directe.

În aceste mlaștini semisărate s-a instalat treptat o floră și o faună caracteristică, care la început era un mediu semilichid sau foarte umed, iar apoi un mediu terestru umed, care mai târziu a devenit tot mai uscat. Așa a apărut o biotă vegetală și animală, care ar putea trăi în mediul aerian pentru o perioadă mai mult sau mai puțin lungă, dar care la început revenea mereu, cel puțin în anumite perioade ale vieții lor (în special pentru reproducere), în mediul acvatic.

Acest mediu aerian impunea multor organisme să treacă la respirația atmosferică (care se făcea fie prin organe specializate pentru respirația atmosferică, fie prin piele); în ceea ce privește plantele, mediul aerian le-a determinat să creeze la exteriorul lor sisteme de protecție împotriva uscării, scoarța.

Pentru creșterea plantelor în mediul terestru a fost necesară o diferențiere în vederea creării unor sisteme de creștere antigravitaționale (în apă nu era nevoie, masa corpului plantei balansându-se în apele puțin adânci din apropierea malurilor, ca urmare a mișcărilor valurilor).

Toate organismele care au părăsit mediul acvatic au în prezent gameți și stadii embrionare și larvare care se dezvoltă fie într-un habitat acvatic natural, iar dacă nu au găsit, acest mediu l-au creat chiar ele (în ouă la reptile și păsări, iar la mamifere în placenta există lichid amniotic).

Plantele și-au fixat rizoizii în nămol, iar apoi aceștia s-au transformat treptat în actualele rădăcini care permit fixarea individului și suportă ridicarea corpului lor în afara apei, deci în mediul aerian.

Ulterior, acești rizoizi s-au transformat în rădăcini care le servesc nu numai pentru fixarea de substrat, ci și pentru aprovizionarea din substratul pe care cresc cu o parte din sărurile minerale necesare procesului de sinteză a propriilor lor substanțe organice.

Aceste rădăcini pot absorbi, prin osmoză, și substanțe organice simple care, pe cale metabolică, sunt apoi incluse în propria lor materie vie.

Cu cât s-au colmatat mlaștinile, nămolul organic de pe fund, a pierdut apa, a devenit mai tare și, amestecat cu nisipul rezultat în urma prăbușirii rocilor, produsă de apă sau de vânt, s-a transformat în sol. Ulterior, modalitățile de formare a solului au fost îmbunătățite, astfel încât acum ele formează un înveliș al planetei, pedosfera (a se vedea capitolul 4. Ecosfera).

Primele organisme care au colonizat habitatele terestre și semiterestre au fost plantele. Deoarece în natură nimic nu se pierde, în urma plantelor, au ieșit din apă consumatorii lor – organismele fitofage și necrofage.

Dintre acestea, un rol mai important l-au jucat mandibulatele necrofage și consumatoare de frunze, de polen și de nectar (deci insectele). Între plantele cu flori și insectele polenizatoare s-a stabilit un proces de coevoluție, care, perfecționându-se necontenit, este prezent și astăzi.

Desigur, au ieșit după ele din habitatul acvatic și semiacvatic prădătorii animalelor fitofage, apoi s-au constituit primele biocenoze în mediul terestru, care, cu timpul, au devenit din ce în ce mai complexe, ele fiind precursori ai biocenozelor terestre complexe actuale.

Ocuparea mediului terestru de către viețuitoare a determinat apariția unor modificări morfologice și fiziologice legate de traiul în atmosferă (respirație, locomoție, rezistență la curenții de aer și la precipitații). În acest fel s-au constituit niște asociații vii foarte diferite de cele existente în habitatele acvatice. A avut loc treptat o extindere a vieții în zone tot mai uscate, pe măsură ce solul s-a perfecționat și diversificat.

Solurile tinere erau caracterizate prin condiții de mediu foarte variate, care au cerut organismelor noi adaptări. Dintre acestea, trebuie menționat în primul rând crearea și adaptarea la traiul plantelor în sol, el devenind substrat și totodată bază trofică pentru plante.

Mediul terestru a fost populat de reprezentanți ai celor mai avansate grupe de viețuitoare: dintre organismele fotosintetizatoare în special de mușchi, ferigi, conifere și plante cu flori, iar dintre animale – de anelide, moluște, chelicerate și mandibulate (dintre protostomieni) și numai de craniate (dintre deuterostomieni). Ciupercile au apărut și s-au dezvoltat numai în mediul terestru, pe necromasa produsă de celelalte organisme terestre.

În prezent, mai puțin de 5% din reprezentanții încrengăturilor care există pe Terra trăiesc în habitatul terestru. Cu toate acestea, acest habitat a permis o dezvoltare extraordinară a multor specii, astfel că în prezent, din cele 1,9 milioane de specii cunoscute, aproape 1,5 milioane sunt formele terestre.

Tranziția de la viața individuală la cea socială (Godeanu *et al.*, 2010)

Dintre organismele vii, cea mai mare parte a speciilor sunt reprezentate de indivizi care trăiesc ca ființe izolate și care stabilesc relații cu alți reprezentanți ai aceleiași specii doar în perioadele de reproducere – și nu întotdeauna pe cale directă (poate fi și prin intermediul apei, vântului sau al altor organisme).

Cercetătorii au observat rudimente ale vieții sociale la protocistii coloniali autotrofi, la unele animale – cnidarii - și acum, mai ales, la mandibulate și craniate.

În ultimele decenii s-au dezvoltat diferite investigații sociobiologice. Ele au evidențiat forme foarte variate de viață socială la reprezentanții unor cefalopode - sepii și caracatițe-, la insecte), dar și la unele craniate (păsări și mamifere). Acest mod de viață, permite o anumită diviziune a muncii și desfășurarea unei vieți mai eficiente, atât din punct de vedere material, cât și energetic. Viața socială creează oportunități de diferențiere funcțională și reproductivă și favorizează dezvoltarea instinctelor, comunicării și a inteligenței (iar la om și a conștiinței).

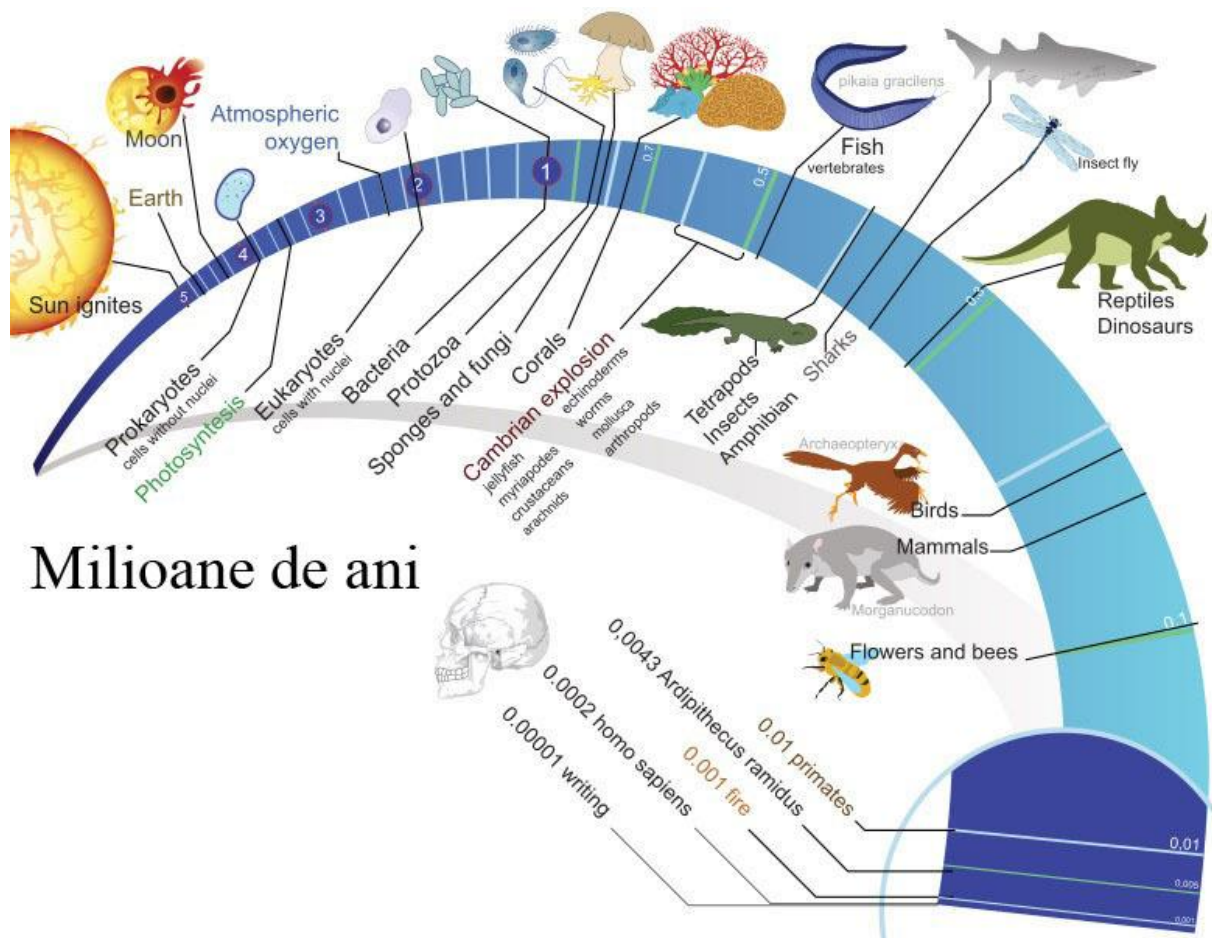
Acest nou mod de viață se consideră că poate oferi perspective extraordinare pentru viitorul acestei planete.

Omul, datorită modului său de viață conștientă, își dă seama și de lucrurile care sunt favorabile vieții la nivel planetar. El poate determina, voluntar sau involuntar, o stimulare a dezvoltării formelor eurioice și a celor cosmopolite, iar acum el creează noi organisme. De aceea apreciem că actuala extincție antropică va tulbura într-adevăr foarte puternic biota planetară. El va avea un rol important pe mai departe în evoluția vieții atât pe căi noi, cât și în condiții noi.

Sintetizăm în tabelul 9 și figura 48 cele expuse în acest capitol. Sperăm că ele nu mai au nevoie de alte comentarii.

Tabelul 9. Tabel cronologic al modului în care viața a apărut și s-a diversificat pe Terra

Perioada	Ce procese au avut loc în cursul erelor geologice
4,54 miliarde de ani	Formarea planetei Terra
4,4 miliarde de ani	Formarea litosferei și a hidrosferei
4,28 miliarde de ani	Apar primele urme de viață (primele pseudoprocariote)
3,8 miliarde de ani	Apar primele celule ale organismelor vii primitive în apele planetei, la temperaturi de +40 - +80°C
3,7 – 3,45 miliarde de ani	Apar primele stomatolite și chemosinteza anoxică
2,45 miliarde de ani	Apare biosinteza pe bază de oxigen
2,4 miliarde de ani	Intensificarea procesului de producere a oxigenului și eliberarea sa în atmosfera primitivă. Fotosinteza capătă rolul principal în biosinteza de substanță vie; are loc prima glaciație la nivel planetar (glaciația huroniană)
2,2 miliarde de ani	Apariția protoctistelor eucariote
2,1 miliarde de ani	Apar primele organisme pluricelulare
1,5 miliarde de ani	Apariția sexualității
575 miliarde de ani	Dezvoltarea explozivă a vieții în Ediacarian
500 miliarde de ani	Apariția animalelor chordate
480 miliarde de ani	Apariția plantelor terestre
475 miliarde de ani	Marea extincție dintre Ordovician și Silurian
400 miliarde de ani	Apariția insectelor, a plantelor angiosperme și a sarcopterigienilor
370 miliarde de ani	(animalele pulmonate)
365 miliarde de ani	Marea extincție din Devonian
360 miliarde de ani	Apariția animalelor tetrapode
330 miliarde de ani	Glaciația Karoo, apariția amfibienilor
252 miliarde de ani	Apariția animalelor amniote
230 miliarde de ani	Marea extincție dintre Permian și Triasic
220 miliarde de ani	Apariția reptilelor dinosauriene
200 miliarde de ani	Extincția din Triasic; apar primele mamifere
150 miliarde de ani	Marea extincție dintre Triasic și Juristic
135 miliarde de ani	Apariția păsărilor
66 miliarde de ani	Apariția plantelor gimnosperme
0,01 miliarde de ani	Marea extincție dintre Cretacic și Paleogen
0,0002 miliarde de ani	Apariția primatelor
40 000 ani	Apare Homo sapiens
	Apare viața socială umană



Milioane de ani

Figura 48. Schema cronologiei, dezvoltării și diversificării vieții pe Terra (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Timeline_evolution_of_life.svg)

3.2 Factorii determinanți ai evoluției și diversității lumii vii

3.2.1 Modalitățile de evoluție a lumii vii

La nivelul lumii vii se pot distinge mai multe feluri de evoluție: informațională, energetică, fiziologică, morfologică, populațională și socială, geografică și ecologică. Să urmărim diferitele forme prin care acestea s-au manifestat (Godeanu și Popa, 2022):

- A. **Evoluția informațională** va fi prezentată la capitolul 4.1.1. de la Ecosfera
- B. **Evoluția energiei** va fi prezentată la capitolul 4.1.1. de la Ecosferă.
- C. **Evoluția fiziologică la nivelul organismelor vii** (Godeanu și Popa, 2022)

Evoluția fiziologică apare după ce au demarat evoluțiile informațională și cea energetică. Ea este cea de a treia formă de evoluție ca importanță și vechime.

Se pot distinge patru etape principale (Tabelul 10):

Etapa 1 –procesele fiziologice difuze au loc îndeosebi în organismele cele mai primitive, la unele procarote, dar ele există acum și la multe eucariote (spre exemplu modul de funcționare al celulelor embrionare și a celulelor stem).

Aceste procese fiziologice sunt nediferențiate sub aspect morfologic. Datorită lor nu numai că organismele care le folosesc funcționează perfect cât timp organismul este viu, dar ele pot rămâne active uneori multă vreme după ce un individ situat pe un nivel superior de evoluție a murit (numai așa se explică de ce, spre exemplu la oameni, pot fi prelevate organe de la indivizi aflați în moarte clinică, pentru a fi transplantate la alți indivizi). Această situație este cu atât mai facilă cu cât organismele se află pe o treaptă mai inferioară de evoluție (Atenție! Acest fenomen are loc deoarece la preluarea organului, se preia și nivelul în care este informația biologică respectivă de la individul donator).

Evoluția fiziologică s-a desfășurat la început la nivel precelular (modificările biochimice au avut loc chiar în sferulele de macromolecule organice care s-au format în supa primordială). Aici au apărut primele forme de absorbție, metabolism (reacțiile biochimice intraindividuale) și excreta, iar apoi, după ce mărimea lor a atins o masă critică, a avut loc reproducerea acestor macromolecule prin diviziune. Sub aspect biologic, tot în această perioadă a început diferențierea acestor macromolecule din punct de vedere funcțional.

O situație deosebită apare la unele macromolecule, care, intrând în alte formațiuni organice precelulare vii, s-au comportat ca niște paraziți. Ele au dat naștere la viruși, care, prin specializare și selecție regresivă, "traiesc" acum pe diferite procariote sau eucariote.

Etapa 2³ – procese fiziologice desfășurate în organite specializate în cadrul unei celule. Din momentul în care materia vie a trecut la viața unicelulară, procesele fiziologice au condus la specializări noi intracelulare, respectiv diferențierea unor organite care îndeplinesc activități fiziologice precise. În acest fel a crescut exponențial eficiența celor mai multe procese fiziologice: mitocondriile pentru gestionarea influxurilor de energie, vacuolele digestive și excretoare pentru realizarea metabolismului la nivel celular, cloroplastele pentru fotosinteza de substanță organică primară, etc. Ceva mai târziu a apărut nucleul, cu rol în protejarea ADN-ului destinat păstrării și stocării informațiilor și transmiterii informației genetice a fiecărei specii la urmași și ribozomi (pentru protecția ARN-ului). De abia acum au apărut celulele eucariote.

La nivelul celulelor eucariote au apărut organitele de mișcare și formațiunile celulare cu rol senzitiv care sunt semnalizatoare și transmițătoare a senzațiilor legate de influența factorilor de mediu asupra acestor celule. Asemenea organite pot fi observate în prezent cel mai bine la ciliate.

La nivelul eucariotelor unicelulare apar și se perfecționează specii distincte de producători, consumatori și descompunători, primele specii cu capacitatea de a desfășura o viață socială, precum și cele cu sisteme de apărare.

Etapa 3 – cea în care procesele fiziologice ajung să se desfășoare la nivel de celule sau de organe (sau sisteme de organe) strict specializate.

Etapa 4 – la speciile care au o viață socială la nivel de familie anumite procese fiziologice ajung să fie realizate numai de anumiți indivizi. La insectele sociale (furnici, termite, albine) există indivizi specializați care posedă caractere morfologice și fiziologice deosebite (a se vedea tabelul 10). Această supraspecializare morfo-fiziologică nu există la vertebrate, deși și aici a apărut modul de viață social - dar el se manifestă sub alte forme (spre exemplu la lupi, când aceștia trăiesc în haite, masculul dominant se reproduce numai cu o femelă –singura care face pui, iar celelalte femele din haită au grijă de puii femelei dominante).

Mustață, consideră că toate caracterele fiziologice și morfologice, odată dobândite, se perpetuează din punct de vedere funcțional, sub o formă sau alta, de-a lungul evoluției tuturor formelor de viață (Mustață, 2005, 2011, 2015; Mustață și Mustață, 2011).

³ Din acest moment evoluția fiziologică are loc concomitent cu evoluția morfologică.

Tabelul 10. Principalele etape ale evoluției fiziologice a organismelor vii (Godeanu *et al.*, 2022)

Grad de complexare	Tipuri de procese	Tipuri de organisme
Etapa 1. Procesele fiziologice au loc în toată celula în mod difuz	- toate activitățile fiziologice necesare traiului pe timp nedefinit	protoorganisme, procariote, unele grupe de eucariote unicelulare
Etapa 2. Procesele fiziologice au loc în organite	- componente intracelulare specializate pentru a îndeplini anumite funcții A- la toate celulele (membrana internă și / sau externă), flageli, cili, ciri, citoschelet, nucleu, nucleol, centriol, citoplasmă, vacuole (digestive, excretoare, pulsatile), ribozomi, mitocondrii, reticul endoplasmatic (neted, rugos), aparat Golgi, lipozomi. B- la celule specializate [microfibrile (la celulele musculare), neurofibrile (la celulele nervoase), corpusculi Nissl (la celulele nervoase), cloroplaști (la celulele fotosintetizante), microtubuli (la celulele locomotoare, la ciliate, la flagelate)]	eucariotele unicelulare și pluricelulare
Etapa 3 A. Procesele fiziologice au loc în celule specializate	Celule nervoase, reproducătoare, osoase, musculare, fotosintetizante, excretoare, producătoare de substanțe de rezervă (substanțe biologic active, grăsimi), substanțe veninoase etc	plante, animale
Etapa 3 B. Procesele fiziologice au loc în sisteme de organe	Celule grupate pentru a realiza anumite procese fiziologice - frunze, tulpini, ramuri, rădăcini (la plante) - branhiile, creier, ficat, glande endocrine (genitale, timus, glanda pineală, suprarenale etc), inimă, intestin, ovar, pancreas, plămâni, splină, stomac, testicul, uter, vezică (biliară, urinară) etc. (la animale)	eucariotele pluricelulare (plante, animale)
Etapa 3 C. Procesele fiziologice au loc în sisteme de organe	circulator, digestiv, endocrin, excretor, limfatic, locomotor (musculos, osos), nervos, reproducător, respirator.	animalele pluricelulare
Etapa 4 Procesele fiziologice au loc în indivizi specializați	- la insecte pe cale morfologică și fiziologică (lucrătoare, soldați, rezervor de hrană, masculi, regină) - la vertebrate pe cale etologică	insectele sociale vertebrate

D. Evoluția morfologică a organismelor vii (Godeanu și Popa, 2022)

Evoluția morfologică este cea mai cunoscută, deoarece, până la descifrarea codurilor genetice, ea a stat (și mai stă din punct de vedere practic și în prezent) la baza celui mai vechi domeniu al biologiei, taxonomia.

Această evoluție constă în perfecționarea caracterelor morfologice externe și interne (adult și / sau unele dintre stadiile lor juvenile) (Figura 49).

Evoluția morfologică este cea care de la început a stat la baza conceptului de specie ca unitate clară, distinctivă a tuturor tipurilor de organisme. Pe baza stabilirii caracterelor morfologice, biologii au ajuns să distingă o specie de alta, apoi să le analizeze caracteristicile fiziologice, etologice și ecologice (la nivel populațional).

Din punct de vedere morfologic se disting următoarele etape (Figura 49):

- 1. Etapa de plasmodiu** – organisme lipsite de membrană celulară care pot avea cel mult o interfață de schimb de substanțe și energie cu mediul lor ambiant;
- 2. Etapa de celulă** – când apare o structură distinctă - membrana - care separă corpul viu de mediul său ambiant;

3. Etapa existenței la nivelul celulei a celor 3 componente esențiale: a unei membrane, a unei citoplasme și a unui nucleu, fiecare cu funcții fiziologice clare;
4. Etapa existenței în interiorul celulei a unor organite cu rol de realizare a unor anumite pro-cese fiziologice;
5. Etapa de adaptare a morfologiei externe a corpului la varietatea și fluctuația condițiilor de mediu.
6. Etapa de creiere a unor sisteme de organe interne - la organismele pluricelulare;

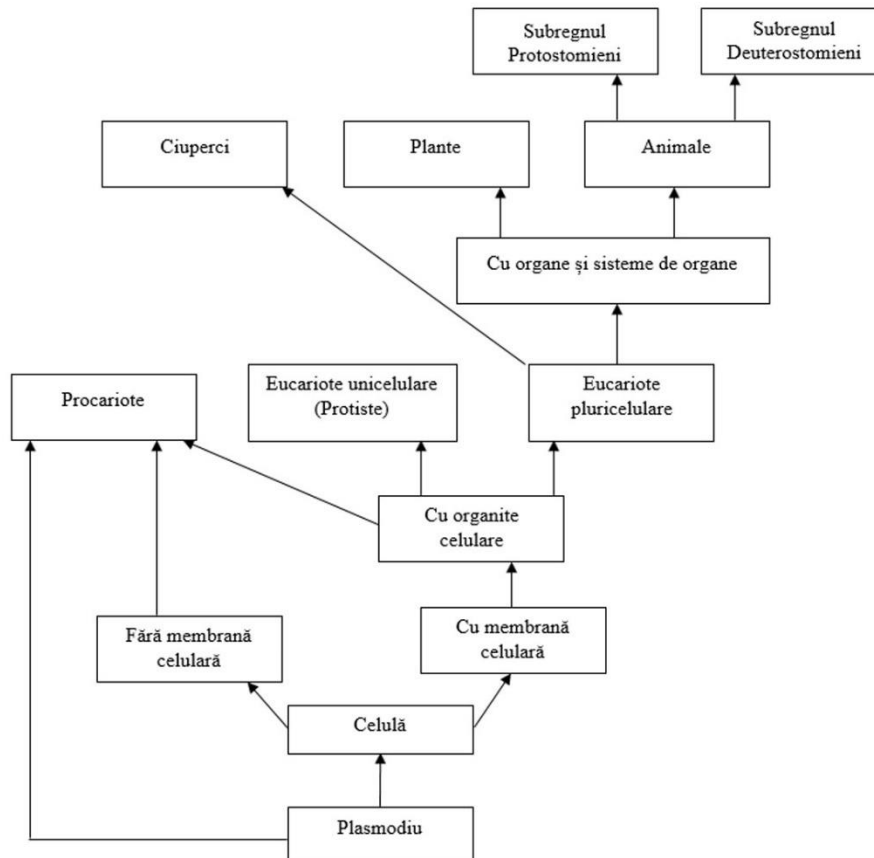


Figura 49. Evoluția morfologică a organismelor vii și principalele lor regnuri (Godeanu *et al.*, 2022)

Evoluția morfologică se continuă și în prezent, ca parte a evoluției ecologice, la toate nivelele sale de organizare suprapopulațională (Mustață, 2009, 2015). Modul în care această evoluție morfologică va evolua este greu de apreciat, deși au existat încercări de previziune.

E. Evoluția populațională și cea socială (Godeanu și Popa, 2022)

Privind tiparele de organizare intraspecifică la diferitele viețuitoare actuale, se poate constata că ea trece prin mai multe situații, care se complexează de-a lungul evoluției lumii vii (Tabelul 11).

La procariote există numai stadiile de indivizi separați, sub formă de grupări amorfe, în șiraguri, sau formând diferite forme zoogleale.

La eucariotele unicelulare există o mare diversitate de tipare, de parcă organismele vii s-au dezvoltat și diversificat exponențial în toate direcțiile: indivizi izolați, indivizi coloniali, indivizi grupați câte 2, 4, 6, 8, 16 sau mai mulți (grupări care pot lua forme radiale, plate sau sferice, indivizi care formează șiruri lungi care sunt uniți numai la doua capete etc).

Tabelul 11. Moduri de organizare a vieții la organismele vii (Godeanu și Popa, 2022)

Modul de viață	Tipul de organizare
Individuală	* Indivizi nediferențiați sexual * Indivizi de sexe diferite
În grupe ale aceleiași specii	* Grupe de indivizi de aceeași vârstă * Grupe de indivizi de vârste diferite
În grupe de indivizi din specii diferite	* Grupe multispecifice temporare * Grupe multispecifice permanente * Grupe monospecifice - simple - specializate * Grupe cu o anumită organizare ierarhică
Familială	* Familii cu indivizi nespecializați, de sexe și vârste diferite * Familii cu indivizi specializați cu activități distincte

La unele eucariote multicelulare (fungi) imediat după stadiul de morulă, apar indivizi singuri și indivizi cu miceliile subterane în formă de rețea, din care se ridică deasupra solului formațiunile de fructificare - care dau impresia de singularitate (în realitate este vorba de "roți" de fructificații ale unor ciuperci din aceeași specie, care au un singur miceliu subteran comun). La fel sunt organizate și ciupercile parazite (se pare că asemenea rețele de rădăcini subterane sunt și la multe specii de plante).

La plantele superioare există indivizi singulari sau, cel mai adesea, grupați în asociații caracteristice (fitocenoze). Pot exista și grupări de indivizi monospecifice (păduri de alge marine, de fag, de stejar), grupări de indivizi plurispecifice (majoritatea pădurilor și a asociațiilor vegetale de plante ierboase din mediul terestru). La unele plante gameții masculini și femeieni sunt pe același individ, dar sunt și specii care posedă numai indivizi monogami.

La animale există cea mai mare diversitate de forme în care aceste viețuitoare pot trăi. Există forme hermafrodite, care au un mod de viață singular (indivizii de sexe diferite care se caută cel mult în perioada de reproducere, pentru a realiza reproducerea încrucișată). La unele specii este o gamă foarte largă de forme de asociere (de la cele care formează grupări numai în perioadele de reproducere, la cele care formează familii monoparentale sau biparentale sezoniere sau permanente, asociații uni- sau plurispecifice, grupări de indivizi de aceeași vârstă sau de vârste diferite etc.). Formele cele mai evoluate de grupare apar în familii distincte, care au indivizi diferențiați pentru anumite activități. De exemplu la termite sunt indivizii reproducători și lucrătoare, la furnici sunt pe lângă cele constatate la termite și soldați și chiar indivizi cu rol de depozit de hrană, la lupi gruparea de indivizi este constituită din indivizi de sexe diferite, la unele păsări care trăiesc în familii uniparentale există sisteme de agregare a cuiburilor pentru perioada de reproducere, iar familiile pot fi sezoniere sau stabile pe toată viața. Și exemplele pot continua. Acest sistem de diferențiere și specializare a grupării de indivizi se complică pe măsură ce organismele se află tot mai sus pe scara evolutivă.

Formele de viață socială reprezintă modalitatea superioară de trai a viețuitoarelor.

Forma superioară de grupare este cea multispecifică, determinată de obținerea hranei, sistemul de grupare în biocenoze, care devin caracteristice în cazul în care se constituie în anumite condiții determinate de mediul abiotic, creându-se astfel sistemele ecologice de bază, ecosistemele (a se vedea capitolul evoluția ecologică).

F. Evoluția ecologică va fi prezentată la capitolul 4.2 de la Ecosferă

3.2.2 Marile salturi în evoluția sistemelor vii

Formarea ierarhiei sistemelor vii s-a produs prin evoluția modalităților prin care s-a manifestat viața și prin procesele vitale în trei mari categorii de sisteme ierarhice: individuale (organisme), multiindividuale (specii, biocenoze) și multicenotice (biopeisajul, bioregiunea, biozona, biosfera) (Doniță, 2022; Godeanu și Popa, 2022, Doniță *et al.*, 2020).

Ca urmare a acestor forme de evoluție, s-a realizat actuala ierarhie a sistemelor vii.

Variabilitatea extraordinară a moleculelor pe bază de carbon au determinat prima diversificare a materiei, cea chimică. O dovadă că este așa, este capacitatea științei moderne de a crea, în mod artificial, o infinitate de compuși organici cu proprietăți diferite – de la plastice și polimeri, până la uluitoarea diversitate a produselor farmaceutice și a celor biochimice.

La nivelul macromoleculor organice materia, sub acțiunea informației a făcut al doilea salt al diversificării: a apărut un proces nou, denumit de biologi metabolism, compus din două mecanisme cu funcții opuse, asimilația și dezasmilația, prin care macromoleculor luând din mediul înconjurător diferiți compuși chimici, se autoreplică, cresc și își modifică compoziția.

După apariția metabolismului au apărut primele sisteme individuale, unicelulare (procariotele).

De la asimilație și dezasmilație (deci de la modul de autoîntreținere a acestor sisteme individuale), s-a trecut la creșterea și ulterior la divizarea acestora. Pentru a se menține structura moleculară, a apărut stabilitatea și sistemul de protecție în fața existenței unor condiții variabile a factorilor de mediu ambiental. El reprezintă al treilea salt - denumit de ecologi autecologie (autecologia macromoleculor organice, a microorganismelor probiotice).

Ca urmare a menținerii și înmulțirii acestor sisteme individuale s-au format cenoze, care preluau selectiv din mediu compușii necesari autoîntreținerii și supraviețuirii lor - și care tot odată returnau în mediul înconjurător substanțele de dezasmilație. Aceste cenoze au căpătat o calitate nouă - nu numai că suportau și se adaptau condițiilor de mediu în care se aflau, ci au început să modifice mediul ambiant din punct de vedere fizico-chimic. Este deci vorba de prima acțiune a sistemelor vii dotate cu metabolism asupra mediului. Acesta este al patrulea salt.

Aceste procese chimice erau la început liniare (de tip cauză-efect). Ele au dus implicit la schimbarea profundă a proceselor informaționale legate de macromoleculor organice, ca și la interacțiunile acestora cu mediul ambiant.

Ulterior procesele informaționale și cele materiale devin ciclice și încep să se caracterizeze prin autoperfecționare, fenomen care este caracteristic numai materiei vii. Acesta este al cincilea salt.

Toate procesele evolutive sunt caracterizate prin o succesiune de momente scurte, explozive, care sunt urmate de perioade lungi de perfecționare, în timpul cărora diversitatea care a avut loc se stabilizează și se cizelează.

Văzută global, viața s-a complexat neîncetat, iar procesul de evoluție a viului s-a accelerat treptat, mai evident în ultimele 600 milioane de ani (după ce s-a trecut de la procariote la eucariote). Concomitent a avut loc perfecționarea modalităților de perpetuare a vieții, timp în care procesele informaționale din materia vie au devenit factorul coodonator al tuturor proceselor vii și nevii la nivel planetar.

În cursul evoluției lor viețuitoarele au mers în sensul eficientizării modului de procurare, prelucrare și - la final - de returnare a materialelor extrase din mediu.

Nivelele de organizare a materiei vii pe care le recunoaștem în prezent sunt: celula, specia (prin populațiile sale), biocenoza, biolandșaftul, bioregiunea, biomul și biosfera (Figura 50). Primele două nivele constituie etapa biologică, individuală, de organizare a materiei vii și sunt studiate de toate ramurile biologiei. Nivelele superioare speciei au apărut după ce organismele vii, organizate în forme clar dependente de factorii abiotici, sunt studiate atât de biologi, cât și de specialiști din alte domenii ale științelor naturii (îndeosebi de ecologi și geografi). Aceste nivele de organizare a materiei vii se află în etapa ecologică de organizare a materiei vii (cea de integrare a viului cu neviul) (Botnariuc, 1976; Ceapoiu, 1988; Cogălniceanu, 2007) (Figura 50 și 51).

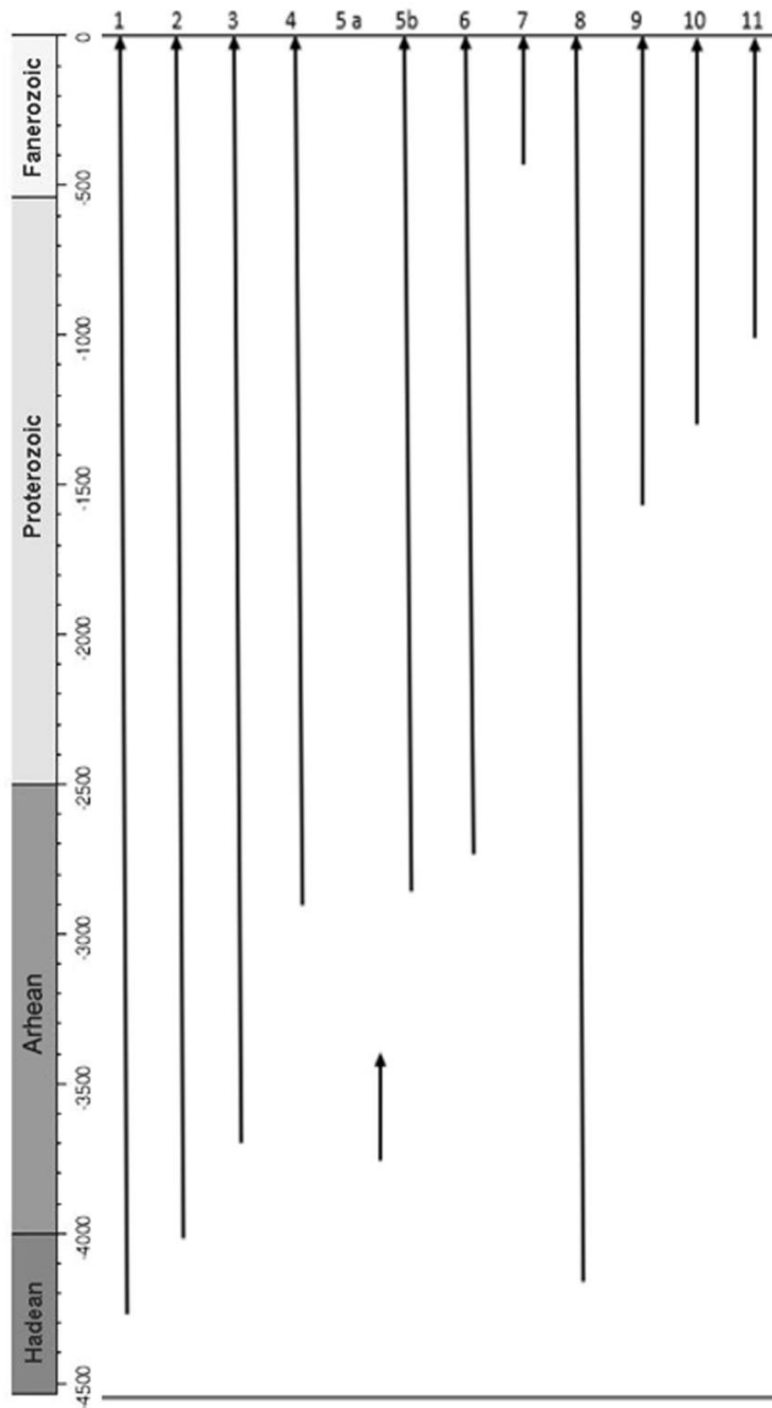


Figura 50. Marile salturi în evoluția sistemelor vii: 1- apariția și dezvoltarea proceselor metabolice, 2- apariția și diversificarea organismelor unicelulare, 3- apariția și diversificarea organismelor unicelulare eucariote, 4- apariția și evoluția organismelor eucariote pluricelulare, 5- formarea primelor tipuri de ecosisteme / cenoze (5a-asociative și 5b-expansive), 6- diversificarea evoluției filogenetice, 7- homeostazia biosferei, 8-Viața în mări și oceane, 9-Viața în apele dulci, 10-viața în mediul terestru, 11- viața în mediul subteran (Godeanu și Popa, 2022)

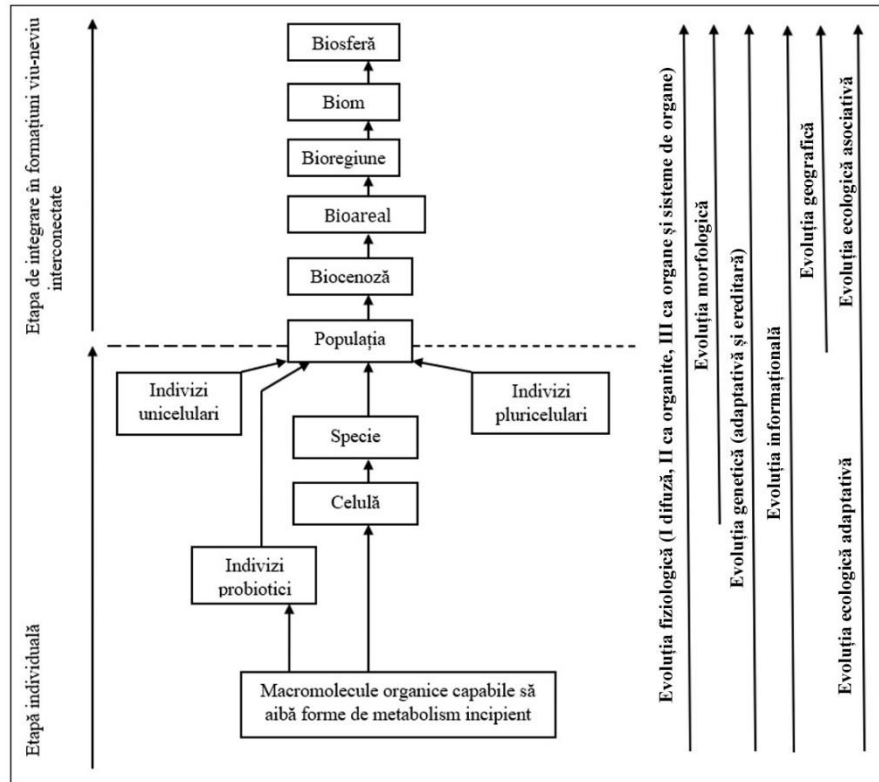


Figura 51. Diferitele forme ale evoluției materiei vii de-a lungul timpului pe principiile teoriei sistemice aplicate în ecologie (Godeanu *et al.*, 2022, modificat)

3.3 Starea actuală a biosferei

De cercetarea organismelor vii din cele mai multe puncte de vedere se ocupă o știință de acum devenită "veche" și care este foarte complexă, **Biologia**. Ei, i se adaugă cercetările care se efectuează în alte domenii teoretice sau aplicate, cum sunt paleontologia, biogeografia, bioastronomia, ecologia, etologia, biosociologia, bioeconomia, ocrotirea naturii, dar și medicina, agronomia, zootehnia, piscicultura, silvicultura și multe altele.

Cu toate acestea încă nu este cunoscută pe deplin starea actuală a biosferei, deoarece, pe de o parte nu s-au întreprins studii speciale în acest sens, iar pe de altă parte, deoarece factorii perturbatori (naturali, antropici sau cei sinergici) sunt foarte numeroși și extrem de diferiți. În prezent cel mai important pentru noi, oamenii, scriem cu tot regretul, îl au satisfacerea nevoilor, dar mai ales a intereselor economice și personale imediate. Omenirea a creat așa numita antroposferă, care este o ecosferă artificială, dar reală, la nivel planetar, creată prin acțiunile egocentrice ale oamenilor. Despre ea se va discuta mai pe larg în cadrul capitoului 4. Ecosfera.

Ce putem menționa acum, este faptul că în prezent se poate vorbi de două tipuri de biosfere: una, naturală, care s-a creat, s-a dezvoltat și s-a diversificat de-a lungul a 3,5 miliarde de ani, iar cea de a doua, este cea creată de om pentru satisfacerea nevoilor lui, care este acum în curs de organizare și care a demarat în urmă cu cca 6.000 ani.

Aceasta este o biosferă artificială și constă din lumea organismelor pe care omul le-a creat sau modificat în scopul satisfacerii nevoilor lui de hrană (agricultura și zootehnia), de creare a unor medii artificiale (sau artificializate) cum sunt așezările umane și parcurile industriale, în care sunt crescute diferite soiuri de plante agricole, animale domestice, ciuperci hrănitoare sau utilizate în scopuri medicale (pentru a obține antibiotice) și chiar microorganisme (destinate satisfacerii unei game largi de interese strict umane, ca de exemplu artistice, culturale, medicale, sau, din păcate, militare).

Din ecosfera naturală au trecut - sau au fost trecute - permanent în antroposferă o gamă largă de organisme care au găsit aici surse mai variate de hrană și care concurează în acest scop cu interesele oamenilor. Ele sunt în prezent în plină expansiune. Deoarece acestea contravin intereselor umane, ele

sunt considerate "dăunătoare"; de aceea omul a creat o gamă tot mai largă și totodată tot mai variată de biocide sintetice, mai ales dextrogire, al căror efect pe termen lung – atât pentru omenire, cât și pentru antroposferă este necunoscut.

Ce se poate ști acum cu certitudine, este faptul că capacitatea de redundanță și de reziliență a biosferei naturale este tot mai grav afectată, că se discută în lumea științifică de existența unor dereglări cu efecte încă necunoscute, ale căror consecințe sunt imprevizibile pentru stabilitatea biosferei și a ecosferei planetare naturale. Despre acestea se tot discută, se fac planuri, dar din păcate, prevalează întotdeauna interesele economice și politice pe termen scurt, fapt ce duce la permanenta amânare a deciziilor care au ca scop refacerea echilibrului dintre biosferă și toposferă, deci a întregii ecosfere de pe planeta noastră (Godeanu *et al.*, 2020; Godeanu *et al.*, 2021; Godeanu *et al.*, 2022). Vom reveni cu detalii la capitolul 4.3. Antroposfera.

3.3.1 Diversitatea formelor de viață pe Terra

Variatatea componenței viețuitoarelor care alcătuiesc biosfera (din punct de vedere al numărului de specii, al morfologiei și fiziologiei lor) este extrem de ridicată. Viața este reprezentată de multe tipuri de organisme, de la plante, animale sau ciuperci, care pot fi observate cu ușurință în natură, până la multitudinea de creaturi minuscule, în mare parte necunoscute, pe care le cunoaștem sub numele de alge, protozoare, bacterii sau arhee.

Microbiomul (derivat din cuvintele grecești *micro*, care înseamnă „mic” și *biotikos*, care înseamnă „aferent vieții”) este un sistem masiv format din trilioane de microorganisme. Incredibil, aproximativ 40.000 de specii de bacterii, 300.000 de specii de paraziți, 65.000 de specii de protozoare și între 3,5 milioane și 5 milioane de specii de ciuperci locuiesc acum în mediul din jurul nostru (și multe dintre ele trăiesc în sau pe corpul uman). Această lume complexă a microorganismelor este însoțită continuu de o mulțime de viruși, care servesc ca un fel rețea de comunicare pentru bacterii, paraziți, protozoare și ciuperci. Și, după cum vom descoperi în curând, acești viruși au fost întotdeauna aici pentru a ne ajuta, nu pentru a ne împiedica. Cu alte cuvinte, ele afirmă viața, nu induc moartea!

Calcululele referitoare la numărul estimat de specii care trăiesc în prezent pe planeta noastră au fost efectuate de mulți autori, dar ele nu pot fi considerate decât foarte aproximative. Procariotele sunt cu mult mai multe și aproape imposibil de estimat, nici măcar cu o mare aproximație, ele diferențiindu-se nu numai morfologic, ci mai ales funcțional (deci numai din punct de vedere fiziologic și biochimic). De aceea probabil că ele sunt - cel puțin - la fel de multe ca eucariotele, dar toate sunt microscopice iar diferențierea unora de altele se face după criterii taxonomice total diferite. Ele sunt primele ființe vii apărute, s-au adaptat permanent la schimbările factorilor de mediu abiotici și biotici, astfel încât ele sunt cele mai vechi și tot odată, chiar și acum, cele mai bine adaptate ființe vii de pe planeta noastră.

Ființele vii pot fi găsite în orice tip de habitat de pe Pământ – în mediul subteran, pe uscat, în lacuri, râuri și oceane, de la nivelul oceanului până pe munții cei mai înalți, iar sub formă de spori sau semințe, și în atmosferă, și la mii de metri în aer (pe altitudine). Deși toate aceste organisme sunt foarte diferite unele de altele, toate au două lucruri în comun: toate descind dintr-un strămoș comun și toate sunt organisme vii.

Principalii compuși chimici care intră în componența ființelor vii

Când atomii, unitățile de bază ale tuturor elementelor chimice, se combină în compuși chimici, ei formează molecule. Toate organismele au multe tipuri diferite de molecule, de la apă și săruri simple până la molecule organice complexe (deci pe bază de compuși ai carbonului), cum ar fi carbohidrații, grăsimile, proteinele și acizii nucleici. Spre exemplu, numai hemoglobina, deci proteina care transportă oxigenul în sânge, conține atomi a 6 elemente diferite - carbon, hidrogen, oxigen, azot, sulf și fier.

Complexitatea moleculelor din ființele vii este dată de capacitatea atomilor de carbon de a lega diferitele tipuri de atomi în proporții diferite și în combinații extraordinar de variate.

Alte trei elemente întâlnite în mod obișnuit, oxigenul, hidrogenul și azotul, sunt, de asemenea, importante în structura și pentru funcționarea viețuitoarelor. În corpul uman, de exemplu, aceste elemente, împreună cu carbonul, reprezintă aproximativ 96% din greutatea corpului.

Oxigenul și hidrogenul sunt foarte importante în procesele oricărui organism pentru obținerea și utilizarea energiei necesare desfășurării proceselor metabolice. Apa, un compus alcătuit din un atom de oxigen și doi de hidrogen, joacă și ea un rol foarte important în absolut toate procesele vieții. Cantități mari de azot se găsesc în proteine sau în mulți compuși organici.

Fosforul este indispensabil vieții. El intră în compoziția multor molecule, cum ar fi adenzin trifosfatul (ATP), care joacă un rol cheie în transferul de energie și acizii nucleici din ADN-ul, care transportă informațiile genetice. Fosforul este o componentă critică a oaselor și cartilajului la vertebrate și în exoscheletele unor nevertebrate.

Funcțiile de bază ale organismelor vii

Pentru a fi considerat ca fiind un organism viu, el trebuie să îndeplinească următoarele funcții principale:

1. Mișcarea - Ființele vii au capacitatea de a se mișca fără ajutor din exterior, cel puțin în anumite perioade ale vieții, iar în celulele lor multe din componentele existente (organitele celulare) trebuie ca să circule de-a lungul întregii lor vieți. Mișcarea poate consta în fluxul de material în interiorul organismului sau să se manifeste la exterior (ca întreg sau ca părți ale organismului).

2. Sensibilitatea - Ființele vii răspund la varietatea stimulilor existenți în mediul din jurul lor. Plantele verzi cresc spre soare, anumite microorganisme se strâng formând mingi minuscule când ceva le atinge, iar ființele umane clipesc când lumina le intră în ochi.

3. Respirația - Toate organismele vii trebuie să fie capabile să elibereze energia stocată în moleculele alimentare printr-un proces chimic cunoscut sub numele de respirație celulară. În respirația aerobă, oxigenul este preluat și se eliberează dioxid de carbon. În organismele unicelulare, schimbul acestor gaze cu mediul are loc prin membrana celulară a organismului. În organismele pluricelulare, schimbul de gaze cu mediul este ceva mai complex și implică de obicei un tip de organ special adaptat în acest scop, organul sau aparatul respirator. Animalele multicelulare trebuie să respire oxigen, care din plămâni trece prin difuzie în fluxul sanguin al corpului. Sistemul arterial transportă oxigenul necesar respirației către toate țesuturile și celulele corpului, unde are loc procesul de oxidare a compușilor organici și rezultă dioxidul de carbon, un "deșeu" celular care trebuie transportat înapoi în plămâni și apoi eliminat în aer.

Plantele respiră și ele, dar oxigenul intră prin niște fante cutanate (stomate), apoi circulă dizolvat în suc intercelular, difuzează prin pereții celulelor în interiorul acestora; aici are loc procesul de oxidare a compușilor chimici, iar apoi, dioxidul de carbon rezultat, reia drumul prin care a venit oxigenul și este eliminat prin stomate (sau este refolosit în procesul de fotosinteză). Anumite tipuri de bacterii și arhee folosesc un tip de respirație celulară, numită respirație anaerobă, în care rolul oxigenului este îndeplinit de alți reactanți. Respirația anaerobă poate folosi ioni de dioxid de carbon, de nitrati, nitriți sau sulfati și permite organismului să trăiască într-un mediu anoxic.

4. Nutriția - Ființele vii au nevoie de energie pentru a supraviețui. Energia este obținută din nutrienți sau alimentele cu care organismele vii se hrănesc. Plantele verzi, algele, dar și anumite arhee și bacterii pot produce hrană din apă și dioxid de carbon prin fotosinteză. Plantele leguminoase pot produce proteine și prin preluarea azotului furnizat de bacteriile care trăiesc în nodulii de pe rădăcinile plantelor. Animalele, ciupercile, protozoarele, multe arhee și bacteriile trebuie să obțină hrană dintr-o sursă externă. Ele fac acest lucru în moduri diferite, toate acestea depinzând de adaptări fizice specifice fiecărui tip de organism. Indiferent de modul în care nutrienții sunt obținuți – sau, în cazul organismelor autotrofe, fabricați – fiecare organism va utiliza nutrienții în mod specific lui. Unii dintre nutrienți pot fi folosiți pentru reparații structurale, o altă parte poate fi folosită pentru a furniza energie, de care organismul are nevoie pentru a funcționa.

5. Creșterea - Ființele vii cresc realizând componente ale corpului lor din materiale noi și / sau reciclând permanent o parte din componentele lor mai vechi. Un tip special de creștere determină regenerarea structurilor vii deteriorate din varii motive. Arbuștii și copacii remediază rănilor acoperindu-le cu scoarță mai tânără și adăugând noi straturi de lemn. Crabilor le cresc picioare noi când își pierd, din varii motive,

cele vechi. Ființele umane își pot regenera pielea și țesuturile deteriorate din cauza unor diferiți factori, sau pot chiar repara oasele fracturate.

6. Înmulțirea - Când viețuitoarele se reproduc, ele crează organisme noi, similare cu cele din care au provenit. Acest lucru este valabil chiar și pentru cele mai simple microorganisme, care se pot reproduce prin simpla diviziune în alte două. Fiecare individ nou este capabil să se miște, să se hrănească, să crească și să îndeplinească toate celelalte funcții ale viețuitoarelor din care au provenit. Acest tip de reproducere se numește asexuată, deoarece poate fi efectuat fără a avea nevoie de un partener de sex opus. Există și alte forme de reproducere asexuată. Aceasta se întâlnește cel mai frecvent printre așa-numitele organisme inferioare, cum ar fi bacteriile și multe tipuri de protozoare și ciuperci. Ele sunt numite „inferioare” nu pentru că sunt neimportante sau simple, ci mai degrabă pentru că au evoluat mai devreme decât organismele complexe „superioare”, care se reproduc numai pe cale sexuată (adică prin schimb de material reproductiv între doi parteneri de sexe diferite, posesori de gene aproape similare). Menționăm faptul că sunt și organisme ”superioare” capabile să se reproducă asexuat (anumite plante, unele amfibii sau reptile).

7. Excreția- Toate organismele vii creează, în cursul desfășurării proceselor lor metabolice, deșeuri. Cele mai multe deșeuri provin din alimentele ingerate și nedigerate. Altele rezultă în cursul unor activități pe care le desfășoară indivizii vii cât timp trăiesc. Dacă aceste deșeuri ar rămâne în viețuitoare, ele ar putea intoxica organismul, ori ar putea provoca boli sau moartea lor. De aceea organismele vii trebuie să posede o modalitate de a elimina deșeurile. Procesul de eliminare a deșeurilor din organism se numește excreție.

Celula – componenta de bază a oricărei ființe vii

Celulele sunt elementele fundamentale, obligatorii ale lumii vii. Toate ființele vii sunt constituite din una (sunt unicelulare) sau mai multe celule (sunt pluricelulare). În interiorul celulelor au loc toate funcțiile de bază ale organismelor vii. Activitățile celulelor sunt controlate de informația biologică, care este reprezentată de materialul genetic al celulei - ADN-ul acesteia, care se află concentrat în nucleu. În celule, toate funcțiile de bază au loc în niște formațiuni specializate – organitele celulare (Figura 52). Spre exemplu fotosinteza este realizată în cloroplaste, digestia și înlăturarea toxinelor în lizozomi, obținerea energiei de funcționare a celulei în mitocondrii, sinteza proteinelor în ribozomi și în reticulul endoplasmatic, excreția în aparatul Golgi ș.a.m.d.

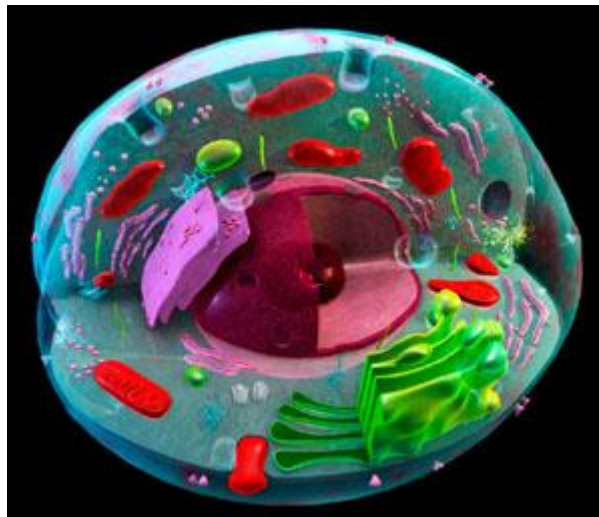


Figura 52. O schemă cu organitele din interiorului unei celule la eucariote (<https://www.descopera.org/celula-un-mic-univers/>)

Specializarea ființelor vii

Organismele unicelulare pot avea în interiorul celulei lor părți specializate, cum ar fi flagelii sau cilii, care sunt folosite pentru locomoție, hrana pătrunde în corp printr-un pseudostom, iar în corp este digerată în vacuole digestive; resturile nedigerate sunt eliminate prin vacuole excretoare, procesele de control al sensibilității la lumină se realizează prin pete oculare, fotosinteza se efectuează în cloroplasti ș.a.

Organismele pluricelulare au țesuturi și organe în care celulele sunt ele însele superspecializate. Așa sunt rădăcinile, frunzele și florile la plante, iar sistemele digestiv, respirator, excretor, nervos și organele de simț sunt exemple de organe care realizează funcțiile de bază ale organismelor animale.

Specializarea este dusă chiar și mai departe, de la nivel de organe, la viețuitoare întregi. Cactușii trăiesc numai în medii extrem de dure (foarte uscate, deșertice, dar, pentru a trăi, ele stochează în corpul lor multă apă; în schimb plantele acvatice submerse nu pot trăi decât în apă multă; dacă nu o au, se usucă. În mări și oceane sunt pești care trăiesc numai în masa apei (sardinele), iar alții numai pe substraturi dure (guvizii). Termitele consumă celuloza din lemn prin simbioză cu unele protozoare strict specializate care trăiesc în gușa lor, iar unele furnici creează camere în care cresc ciuperci pe material vegetal în descompunere, ciuperci cu care ulterior ele se hrănesc. Și exemplele pot continua.

O formă de specializare mult mai largă este adaptarea organismelor la mediul lor de viață. Fiecare ființă vie este adaptată la mediul înconjurător - la apa marină sau oceanică, la apă dulce, la ori în pământ, sau chiar la viața în sau pe alte organisme. Pe parcursul celor 3,8 miliarde de ani de când ființele vii trăiesc pe Pământ, ele s-au adaptat la tot felul de condiții în procesul cunoscut sub numele de evoluție prin selecție naturală. Astăzi există milioane de combinații diferite între organisme și mediul înconjurător. Cine nu se adaptează, pierde.

Gheorghe Mustață a emis în 2015 o nouă lege a evoluției: "Evoluția nu își șterge urmele, ci le păstrează funcționale" (Mustață, 2015). El consideră că evoluția este un proces istoric alcătuit din o serie de procese evolutive proprii, care se desfășoară pe diferite paliere, după legi și reguli stricte, în funcție de condițiile ecologice în care trăiesc organismele respective. Evoluția biologică se realizează prin o complicare și o specializare a structurilor și proceselor biologice. Elementele sale de bază rămân fixate în genomul tuturor speciilor, ele suferind în continuare adaptări noi, adaptative, dar rămân principial funcționale și se regăsesc la toate organismele care trăiesc azi (Mustață, 2015).

3.3.2 Clasificarea lumii vii ⁴⁾

Timp de secole, oamenii de știință au împărțit viețuitoarele în două regnuri - plante și animale. Majoritatea organismelor clasificate în regnul vegetal aveau clorofilă și celuloză. Regnul animal era format din specii care nu aveau clorofilă sau celuloză și se hrăneau cu alte viețuitoare. Acest sistem de clasificare a fost oficializat în secolul al XVIII-lea de către biologul Carl Linnaeus.

Sistemul lui Linne s-a bazat pe asemănări în structura corpului și a fost finalizat cu mai mult de o sută de ani înainte de lucrările lui Charles Darwin, a cărui teorie a evoluției a arătat că asemănările și diferențele dintre organismele puteau fi privite ca un produs al evoluției naturale.

Pe măsură ce biologii din secolul al XX-lea au aflat mai multe despre microorganisme și ciuperci, ei au recunoscut necesitatea unui sistem de clasificare diferit care să se bazeze pe relațiile evolutive dintre organisme. Sistemul taxonomic cu cinci regnuri a început să fie adoptat în anii 1970. Pe lângă plante, animale și ciuperci, a fost delimitat încă un alt regn, Protista.

La sfârșitul anilor 1970, folosind tehnologia moleculară pentru a examina relația evolutivă dintre mai multe grupuri de procariote, cercetătorii au remarcat că un grup avea diferențe distincte în codul său genetic care îl deosebeau de celelalte procariote. Așa s-a constatat că există și o altă formă de viață viață, nerecunoscută anterior, și care a fost denumită Archea.

În prezent majoritatea biologilor consideră că archea este una dintre cele trei ramuri distincte ale vieții care s-au format la începutul dezvoltării vieții pe Pământ. Cele trei ramuri principale, numite domenii, sunt Archaea, Bacteria și Eukarya (domeniul Eukarya cuprinde toate eucariotele, și anume Protista, Fungi, Plantae și Animalia) (Godeanu *et al.*, 2010).

⁴ Vezi și ultima parte de la finalul capitolului 3.2.2.

La baza clasificărilor organismelor vii stă specia, cu subunitățile ei (subspecia și infraspecia) și supraunitățile ei (familia, ordinul, clasa, încregătura și regnul) (Figura 53).

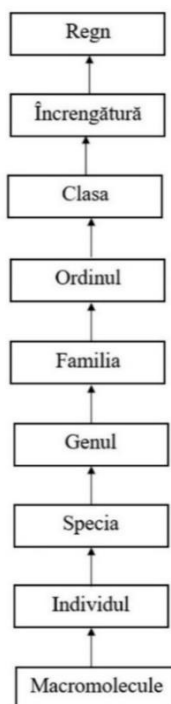


Figura 53. Sistemul modern de clasificare taxonomică a organismelor vii (Godeanu *et al.*, 2022)

Specia este unitatea distinctivă pentru toate tipurile de organisme actuale și fosile. Ea este rezultatul evoluției lumii vii sub influența factorilor de mediu și a relațiilor lor interspecifice. Ea se constituie în o sinteză selectivă a tuturor informațiilor care s-au acumulat în un anumit fel în materia pe care au structurat-o (Simpson, 1951; Zawadsky, 1961; Mayr, 1957 1982; Ghiselin, 2002; Botnariuc, 1967; Doniță *et al.*, 2020; Godeanu *et al.*, 2010, 2021, 2022).

În o altă lucrare am afirmat că „*Specia este reprezentată de o multitudine de indivizi care au aceleași particularități biochimice, genetice, morfologice, fiziologice și comportamentale, care trăiesc în aceleași condiții de mediu și formează populații în care trăiesc și se reproduc. Pentru biologi, specia este o categorie taxonomică compusă din indivizi identici din multe puncte de vedere (vezi mai sus definiția speciei). Pentru ecologi specia este reprezentată de populații compuse din indivizi din aceeași specie, caracterizate printr-o fidelitate pronunțată față de traiul în anumite biocenoze, care trăiesc în condiții de mediu specifice, cu care realizează o unitate ierarhică specifică, numită ecosistem.*” (Doniță *et al.*, 2019). Taxonomia este un sistem de clasificare creat de oameni, în scopul ordonării viețuitoarelor în un mod cât mai apropiat de evoluția lor naturală de-a lungul istoriei planetei noastre.

De la începuturile sale taxonomia s-a bazat pe aspectele morfologice externe și interne. Genetica a apărut de abea în secolul XIX. Evoluția morfologică se menține și acum, alături de clasificarea pe baze genetice, la procariotele unicelulare și la eucariotele uni- și multicelulare (mai puțin la organismele degradatoare – ciupercile unicelulare – la care mecanismele fiziologice și-au menținut rolul cel mai important).

În timp, taxonomia a fost capabilă să facă ordine în varietatea de forme de viață existente pe planetă, prin gruparea diferitelor tipuri de indivizi similari în specii și unități taxonomice superioare (Figura 52). Deci, taxonomia a apărut din necesitatea de a distinge diferitele ființe vii prin metode morfologice, fiziologice, ecologice, iar acum și prin metode genetice (Heywood, 1995; Margulis *et al.*, 2000 (Figura 53); Cavalier-Smith, 2007 (Figura 55); Adl *et al.*, 2019 (Figura 56)).

Sistemul Linean original a fost modificat în timp după cum urmează (Tabelul 12):

Tabelul 12. Principalele schimbări în clasificarea lumii vii

Linnaeus, 1735	Haeckel, 1866	Whittaker, 1969	Woese et al., 1990	Cavalier-Smith, 1998	Cavalier-Smith, 2015
2 regnuri	3 regnuri	5 regnuri	3 domenii	2 domenii, 6 regnuri	2 domenii, 7 regnuri
(netratat)	Protista	Monera	Bacteria	Bacteria	Bacteria
			Archaea		Archaea
		Protista	Eucarya	Protozoa	Protozoa
				Chromista	Chromista
Vegetabilia	Plantae	Plantae		Plantae	Plantae
		Fungi		Fungi	Fungi
Animalia	Animalia	Animalia		Animalia	Animalia

În figurile 54 - 57 evidențiem rapiditatea cu care s-au schimbat clasificările lumii vii în primele două decenii ale secolului XXI.

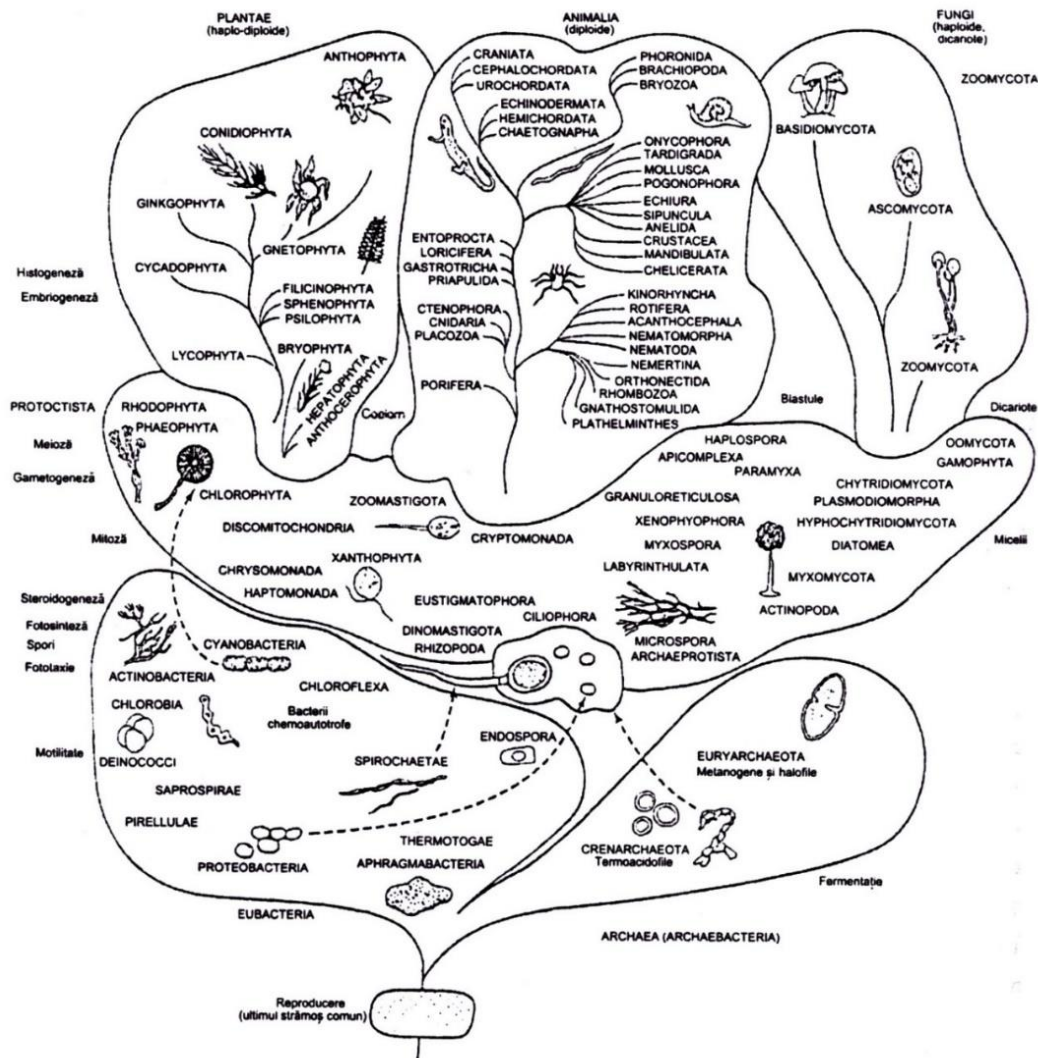


Figura 54. Clasificarea lumii vii (Margulis et al., 2000)

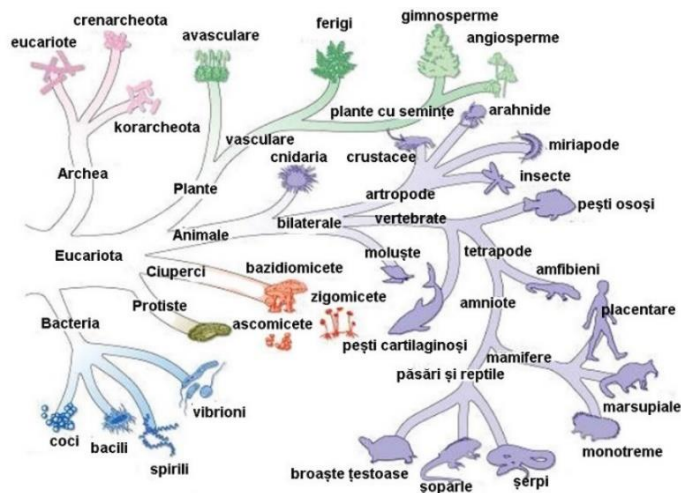


Figura 55. Schema clasificării lumii vii (Encyclopaedia Britannica, 2015)

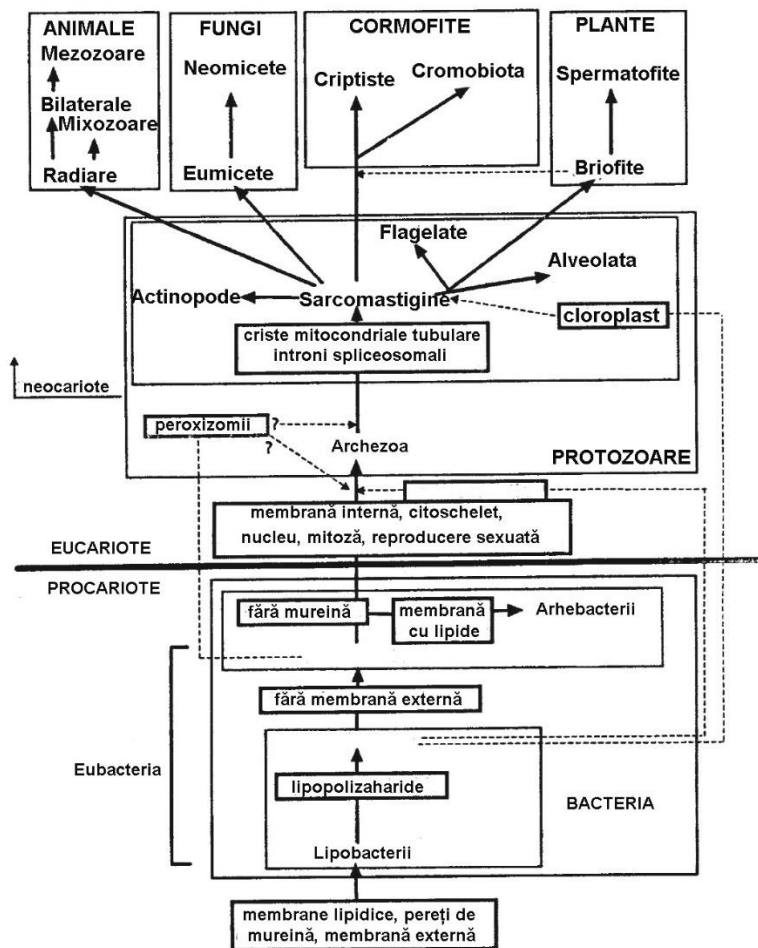


Figura 56. Clasificarea lumii vii pe baze genetice (Cavalier-Smith, 2007)

În 2019 Adl, împreună cu mulți colaboratori, bazați pe ultimele cunoștințe din domeniul geneticii, au realizat o revizie modernă a filogeniei și sistematiei tuturor organismelor vii actuale de pe planeta noastră (Figura 57).

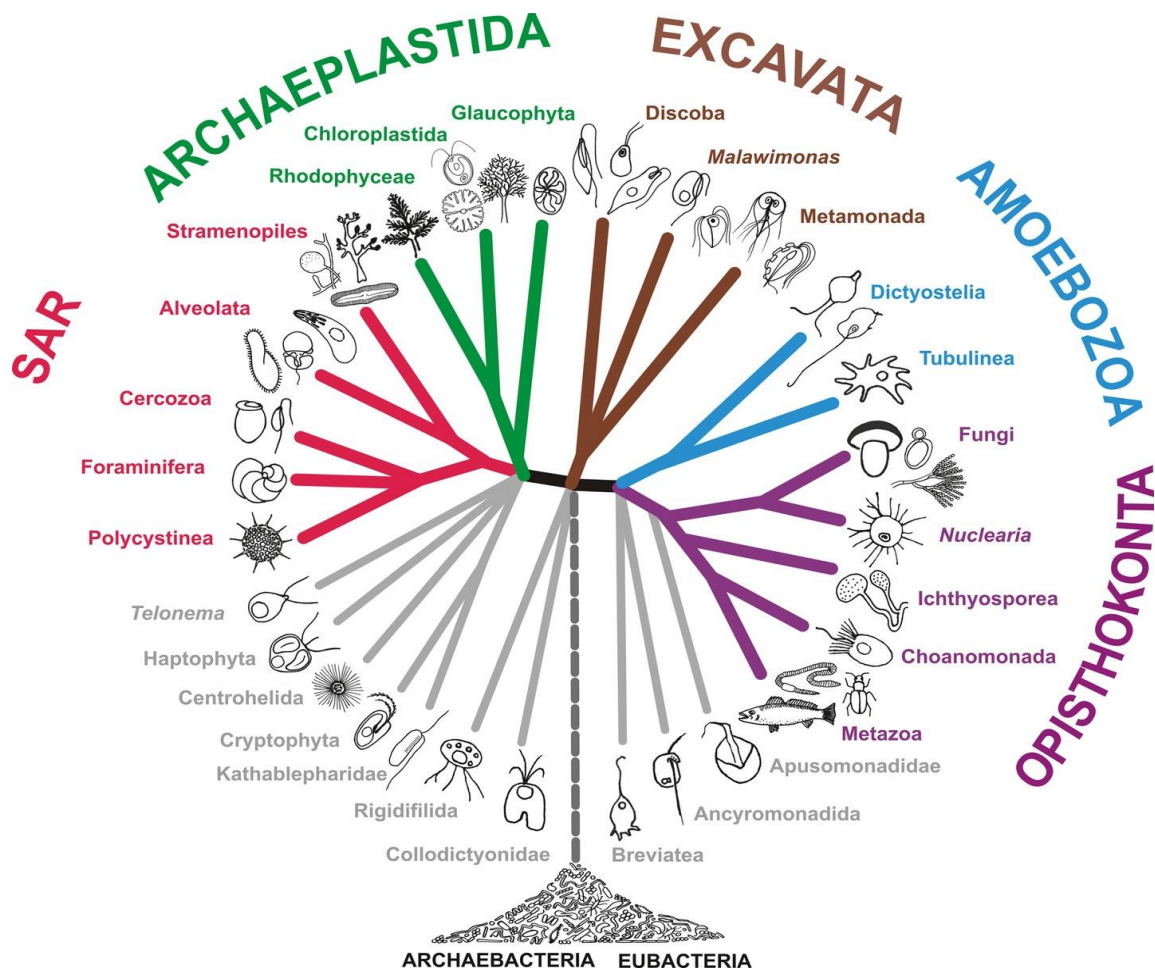


Figura 57. Clasificarea filogenetică actuală a eukariotelor (Adl et al., 2019)

Prezentăm mai jos câte o scurtă caracterizare a principalelor domenii ale lumii vii.

Archaea – Organismele din grupul Archaea sunt procariote unicelulare. Aspectul lor extern este similar cu cel al bacteriilor, dar diferă de ele din punct de vedere genetic și biochimic. De exemplu, peretele celular al arheelor nu conține peptidoglican, iar modul în care ele procesează ADN-ul este mai complex. Deși multe arhee trăiesc într-o mare varietate de habitate, inclusiv în oceane și în sol, o caracteristică notabilă a unor specii este că pot prospera în medii care sunt mortale pentru toate celelalte tipuri de viețuitoare (Figura 58).

Multe arhee se întâlnesc numai în fosele adânci de pe fundul oceanului (în venturile oceanice) sau în izvoarele termale, unde temperaturile depășesc cu mult +93°C. Alte specii extremofile de arhee trăiesc în bazine cu apă foarte acidă sau sărată. Arheele metanogene trăiesc în medii precum noroiul de mlaștină sau în rumenul vitelor (unde nu există oxigen) iar pH-ul este de 2 sau 3. Ele preiau dioxidul de carbon și hidrogenul din mediu și creează gaz metan (ca produs secundar al metabolismului lor). Arheele ocupă acele habitate în care există mari similitudini cu unele dintre condițiile timpurii de pe Terra, cum ar fi izvoarele de apă fierbinte, sau în habitatele care au o atmosferă lipsită de oxigen. Capacitatea arheelor de a se dezvolta în condiții atât de extreme sugerează că s-au adaptat la ele cu mult timp în urmă, iar modelul codului lor genetic a sugerat că ele au fost probabil printre cele mai primitive forme de viață de pe Pământ. Arheele sunt capabile să pună la dispoziția plantelor azotul din atmosferă. Spre deosebire de bacterii, nu a fost găsită nicio specie de arhee care să folosească clorofila pentru fotosinteză și nu a fost identificată nicio arhee care să provoace boli la oameni.

Arheele sunt greu de identificat și studiat deoarece majoritatea nu pot fi cultivate în culturi de laborator. Cu toate acestea, progresele în tehnicile ADN fac posibilă analiza lor direct din mediu, pentru a li se identifica ADN-ul și ARN-ul.



Figura 58. Diverse tipuri de Archee

Bacteriile (Bacteria) - sunt procariote unicelulare (organisme ale căror celule sunt fără nucleu sau sunt lipsite de organite distincte). Practic, toate bacteriile au un perete celular rigid, care conține un peptidoglican. Formele tipice ale celulelor bacteriene sunt de coci, bacili, filamente și spirili. Unele bacterii au flageli pe care îi folosesc pentru a se deplasa. Pe baza studiilor genetice, experții cred că ar putea exista aproximativ 1 milion de specii de bacterii dintre care doar aproximativ 4.000 au fost identificate (!!!).

Bacteriile sunt foarte diverse. Unele bacterii sunt aerobe, iar altele anaerobe. Unele, cum ar fi cianobacteriile, conțin clorofilă și, prin urmare, își pot sintetiza singur hrana, deci sunt autotrofe. Cianobacteriile nu au flageli și adesea trăiesc mai multe împreună, formând fie lanțuri, fie aglomerări de celule care sunt acoperite de o substanță gelatinoasă. Deși sunt obișnuit autotrofe, în lipsa luminii și în anumite condiții, sunt capabile să își obțină hrana și din alte surse. Majoritatea bacteriilor sunt heterotrofe (inclusiv cele care descompun necromasa (materia organică din organismele în descompunere). Multe bacterii pot provoca boli, sau pot transforma azotul atmosferic în compuși pe care plantele îi pot folosi (Figura 59).

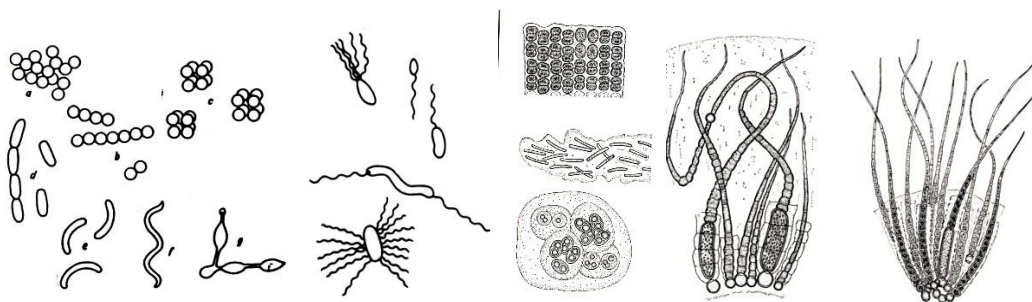


Figura 59. Diverse tipuri de bacterii

În tabelul 13 sunt prezentate actualele încregături ale organismelor procariote și sunt evidențiate unele dintre principalele lor particularități.

Tabelul 13. Încregăturile superregnelui Prokaryotae (Godeanu *et al.*, 2010)

Nr.	Încregătură	Tip de respirație				Mod de sinteză a substanței organice				
		Anaerob	Microaerofil	Anaerob facultativ	Aerob	Chimiosinteză	Fotosinteză	Heterotrf	Simbioză	Paraziță
1.	Euryarchaeota	+			+	+	+			
2.	Crenarchaeota	+				+		+		
3.	Proteobacteria	+			+	+	+	+		
4.	Spirochetae	+			+			+	+	+
5.	Cyanobacteria			+	+		+		+	
6.	Saprospirae	+	+			+		+	+	
7.	Chloroflexa				+		+	+		
8.	Chlorobia	+					+		+	
9.	Aphragmobacteria	+						+	+	+
10.	Endospora	+	+						+	+
11.	Pirellulae				+				+	+
12.	Actinobacteria				+	+		+		+
13.	Deinococci			+	+			+		
14.	Thermotogae	+						+		

Protistele (Protista) - sunt un grup de organisme foarte variate, unicelulare, care au nucleu (sunt eucariote uninucleate) și pot avea organite specializate pentru anumite funcții. Ele nu sunt considerate ca aparținând regnurilor animal, vegetal sau al ciupercilor multicelulare. Ele pot trăi fie ca indivizi solitari, fie pot forma colonii și pot fi autotrofe sau heterotrofe. Unele protozoare au flageli sau cili cu care se deplasează, cu care își dobândesc hrana, sau evită prădătorii. Speciile autotrofe posedă granule de clorofilă și își produc glucoza, dar, în lipsa luminii pot redeveni fagotrofe (pot obține hrana prin capturarea altor microorganisme, formând în jurul lor o vacuolă în care apoi secretând enzimele potrivite, le digeră). Algele verzi sunt autotrofe și își produc alimentele prin fotosinteză. O serie de protiste pot fi parazite (flagelatul *Trypanosoma* provoacă boala somnului la oameni, iar *Amoeba dysenteriae* provoacă dizenteria amoebiană).

Multe protiste trăiesc în oceane sau în apă dulce. Ele pot avea o hrănire heterotrofă, autotrofă sau saprofață. Cel mai bine studiate sunt euglenoidele, ciliatele, diatomeele și amoebienii (radiarii și foraminiferele). Prin compararea informațiilor genetice de la multe tipuri de protiste, a apărut necesitatea creării unor încregături noi pentru a putea fi și ele clasificate. Se estimează că în prezent există aproximativ 600.000 de specii, dar au fost bine descrise numai 80.000 de specii (Figura 60).

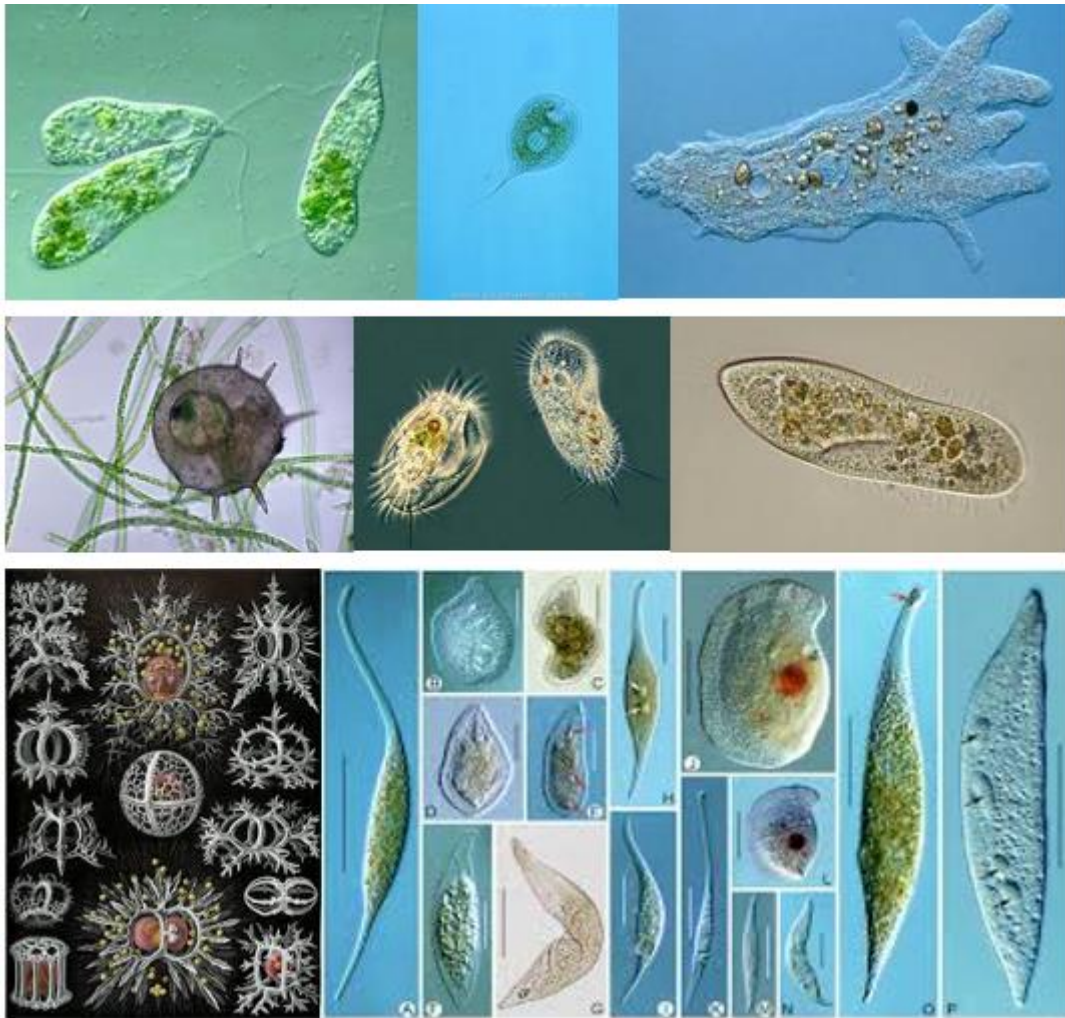


Figura 60. Protiste

În tabelul 14 sunt prezentate actualele încregături ale protistelor și sunt evidențiate unele dintre principalele lor particularități.

Tabelul 14. Încrângăturile care aparțin regnului Protocista; A = fără mitocondrii; CA = mitocondrii cu crista plată; CT = mitocondrii cu crista tubuloasă; CD = mitocondrii cu crista discoidală (Godeanu *et al.*, 2010)

Nr.	Nume încrângătură	Sp. număr	Tip de hrănire				Tip de reproducere		Tip Mitocondrial	Tip de respirație	
			Autotrof	Heterotrof			Asexuată	Sexuată		Anaerob	Aerob
				Hrănire individuală	Simbioză	Parazită					
1.	Archeprotista				+	+	+		A	+	
2.	Microspora	800					+	+	A	+	
3.	Rhizopoda	2000		+		+	+			+	+
4.	Granuloreticulosa	400		+	+		+	+	CD		+
5.	Xenophyophora	42		+			+	+	CD		+
6.	Myxomycota	500		+			+	+			+
7.	Dinomastigota	4000		+	+				CT		+
8.	Ciliophora	10000		+	+	+	+	+	CT		+
9.	Apicomplexa	4600			+	+	+	+	CT	+	
10.	Haptomonada		+		+		+	+	CA		+
11.	Cryptomonada		+	+			+		CA		+
12.	Discomitochondria	800	+	+	+	+	+				+
13.	Chrysomonada		+				+				+
14.	Xanthophyta	600	+	+			+	+			+
15.	Eustigmatophyta	9 genera	+				+				+
16.	Bacillariophyta/Diatomea	10000	+				+	+			+
17.	Phaeophyta	900	+				+	+			+
18.	Labirinthula	8		+				+			+
19.	Plasmodiophora	29			+	+	+	+		+	
20.	Oomycota	100		+	+	+	+	+			+
21.	Hyphochytridiomycota	23		+		+	+			+	
22.	Haplospora	33				+	+		CA	+	
23.	Paramyxa	6				+	+		CA	+	
24.	Myxospora	1100			+	+	+		CD		+
25.	Rhodophyta	4100	+				+	+			+
26.	Gamophyta	6000	+					+			+
27.	Actinopoda	4000		+	+		+	+			+
28.	Chlorophyta	16000	+				+	+	CT		+
29.	Zoomastigota			+	+	+	+				+
30.	Chytridiomycota	1000		+		+	+	+		+	

Ciupercile (Fungi). Regnul ciupercilor conține un grup foarte divers de organisme, variind de la drojii la mucegaiuri, până la ciupercile cu pălărie pe care le cunoaștem cu toții. Toate ciupercile au doi nuclei în fiecare celulă. O ciupercă este un organism eucariot heterotrof cu pereți celulari. Toate ciupercile sunt multicelulare. Ciupercile nu au clorofilă și nici cloroplaste; ele nu pot sintetiza singure hrana, deci trebuie să depindă de alte organisme, sau pot avea cu acestea relații simbiotice (este cazul lichenilor). La fel ca animalele, ciupercile trebuie să-și digere hrana înainte de a o absorbi, dar, spre deosebire de animale, ciupercile își digeră hrana în afara corpului. Pentru a face acest lucru, ciupercile secretă în mediul lor extern niște enzime adecvate. Cu ajutorul lor alimentele se degradează sau se descompun până ajung la nivel de molecule mici, care sunt adsorbite, iar apoi absorbite de celulele ciupercilor. Conform estimărilor științifice, există aproximativ 1,5 milioane de specii de ciuperci pe Pământ, deși doar 80.000 sunt bine clasificate. În figura 61 și tabelul 15 sunt prezentate cele trei încrângături de ciuperci multicelulare.



Figura 61. Hife și corpi fructiferi de ciuperci

Tabelul 15. Încrengăturile actuale care aparțin regnului Fungi (Godeanu *et al.*, 2010)

Nr.	Nume încrengătură	Sp. număr	Organ Sporifer	Tip de hrănire				Miceliu	Miceliu dicariot
				Saprofit	Osmotrofic	Simbioză	Parazită		
1	Zygomycota	1100	Sporangiofor sporocistofoar	+			+	Unicelular, sifonal	Absent
2	Ascomycota	30000	Asca	+		+	+	Hife septate, penate pluricelulare	Pentru scurt timp
3	Basidiomycota	22250	Bazidia	+	+	+	+	Hife pluricelulare septate cu structura diploidă	Pentru lung timp

Plantele (Plantae) - sunt organisme eucariote pluricelulare. Membrii acestui regn variază de la simpli mușchi până la copaci enormi (cum ar fi *Sequoia*). Biologii cred că există aproximativ 300.000 de specii de plante. Dintre acestea, circa 10% nu au fost încă identificate, deoarece majoritatea lor trăiesc în pădurile tropicale.

Practic, toate plantele conțin clorofilă și sunt autotrofe. Unele plante sunt vasculare, adică au țesuturi specializate care transportă apă și nutrienți în toate părțile corpului lor. Plantele vasculare includ plantele cu flori, copacii și cele mai cunoscute plante terestre. Alte plante sunt nevasculare; nu au rădăcini, tulpini și frunze și sunt de obicei acvatice, sau trăiesc în medii umede. Unele plante terestre, inclusiv mușchii și hepaticile, sunt de obicei de mici dimensiuni, și nu au canale de transport a sevei (sunt plante nevasculare). Lipsa sistemului vascular limitează cantitățile de nutrienți care pot fi transportate către celulele corpului lor. Câteva specii de plante, nu mai au în celulele lor cloroplasti și au devenit parazite, iar altele sunt carnivore (posedă un sistem special de prindere a insectelor, pentru a-și obține din corpul lor azotul și mineralele necesare sintezei propriilor substanțe organice). În figura 62 sunt prezentate câteva specii de plante, iar în tabelul 16 sunt prezentate principalele încrengături ale regnului Plantae (în erele anterioare au trăit și reprezentanți ale altor încrengături, dar care au dispărut pe parcursul evoluției) (Briggs *et al.*, 1997, Neagu *et al.*, 2002, Godeanu *et al.*, 2010).



Figura 62. Diferite tipuri de plante

Tabelul 16. Încrengăturile actuale ale regnului Plantae (Godeanu *et al.*, 2010)

Nr.	Numele încrengăturii	Nr. de specii	Țesut vascular		Generație dominantă		Ovule și semințe		Ovare și fructe		Corp vegetativ
			Avascular	Vascular	Gametofitic	Sporofitic	Prezent	Absent	Prezent	Absent	
1.	Anthocerophyta	100	+		+			+		+	Pseudocorm
2.	Hepatophyta	6000	+		+			+		+	Eutal cu simetrie dorsoventrală ori tal cormoid
3.	Bryophyta	10000	+		+			+		+	Pseudocorm (tal cormoid)
4.	Lycophyta	1000		+		+		+		+	Corm Complet
5.	Psilophyta	10		+		+		+		+	Corm incomplet
6.	Sphenophyta	15		+		+		+		+	Corm Complet
7.	Filicinophyta	12000		+		+		+		+	Corm Complet
8.	Cycadophyta	185		+		+	+			+	Corm Complet
9.	Ginkgophyta	1		+		+	+			+	Corm Complet
10.	Coniferophyta	550		+		+	+			+	Corm Complet
11.	Gnetophyta	70		+		+	+			+	Corm Complet
12.	Anthophyta	270000		+		+	+		+		Corm Complet

Animale (Animalia). Toate organismele clasificate în regnul Animalia sunt eucariote pluricelulare heterotrofe. Ele au corpul constituit din diferite tipuri de țesuturi și de obicei se pot mișca liber. Uneori animalele sunt numite metazoare, pentru a le deosebi astfel de protozoare (protistele heterotrofe), care sunt unicelulare.

Animalele pot fi împărțite în două grupe principale: nevertebrate și vertebrate. Nevertebratele pot avea un exoschelet și au un sistem nervos scalariform. Vertebratele au un schelet intern (o coloană vertebrală), și un sistem nervos care posedă o zonă în care se concentrează multe celule nervoase, care coordonează sensibilitatea și reacția animalelor la acțiunea stimulilor externi, denumit encefal.

Regnul animal este de departe cel mai mare regn al eucariotelor. Experții consideră că în prezent trăiesc peste 10 milioane de specii de animale; dar dintre acestea doar aproximativ 1,3 milioane de specii au fost identificate. Cel mai mare grup din regnul animal sunt insectele (se pare că există aproximativ 8 milioane de specii de insecte, dar numai aproximativ 1 milion au fost identificate sau descrise). Cele mai cunoscute dintre grupurile de animale sunt păsările și mamiferele (au fost identificate aproximativ 10.000 de specii de păsări și, 4.500 de specii de mamifere). În figura 63 sunt prezentați câțiva reprezentanți ai acestui regn, iar în tabelul 17 sunt enumerate încrengăturile regnului Animalia, cu principalele lor caracteristici.



Cefalopoda



Gasteropoda

Lamelibranchiata



Crustacea



Arachnida



Miriapoda



Insecta



Echinoderma



Vertebrata

Figura 63. Câteva imagini privitoare la varietatea reprezentanților regnului Animalia

Tabelul 17. Încręgăturile actuale ale regnului Animalia (Godeanu *et al.*, 2010)

Nr.	Nume încręgătură	Nr. specii	Straturi embrionare			Organizarea planului			Simetria corpului			Tip de reproducere	
			Monoblastic	Diblastic	Triblastic	Acelomata	Pseudocecomata	Celomata	Asimetrică	Bilaterală	Radială	Asexuate	Sexuate
1.	Monoblastozoa	1	+			+				+		+	
2.	Porifera	10000		+		+			+			+	
3.	Cnidaria	9400		+		+					+	+	+
4.	Ctenophora	100		+		+			+		+		+
5.	Placozoa	2 g.		+		+				+		+	+
6.	Mesozoa	50	+			+				+		+	
7.	Plathelminthes	20000			+	+				+			+
8.	Gnathostomulida	80			+	+				+			+
9.	Orthonectida	20		+		+				+			+
10.	Nemertea	900			+	+	+			+			+
11.	Nematoda	25000		+			+			+			+
12.	Nematomorpha	250		+			+			+			+
13.	Acanthocephala	1000		+			+			+			+
14.	Rhombozoa	65	+			+				+		+	
15.	Rotifera	2000		+			+			+		+	+
16.	Kinorhyncha	150		+			+			+			+
17.	Priapulida	17		+				+		+			+
18.	Gastrotricha	400		+	+		+			+			+
19.	Loricifera	100			+		+			+			+
20.	Cycliophora	1					+						
21.	Entoprocta	150			+		+			+			+
22.	Vestimentifera	20						+P	+				
23.	Pogonophora	120			+			+P		+			+
24.	Phoronida	14			+			+P		+			+
25.	Bryozoa	500			+			+P	+				+
26.	Brachiopoda	350			+			+P	+				+
27.	Annelida	17000			+			+P		+			+
28.	Sipunculida	320			+			+P		+			+
29.	Echiura	140			+			+P		+			+
30.	Mollusca	70000			+			+P		+			+
31.	Tardigrada	750			+			+P		+			+
32.	Onychophora	100			+			+P		+			+
33.	Crustacea	42000			+			+P		+			+
34.	Chelicerata	75000			+			+P		+			+
35.	Mandibulata	<1 mil.			+			+P		+			+
36.	Echinodermata	7000			+			+D			+		+
37.	Chaetognatha	70			+			+D		+			+
38.	Hemichordata	90			+			+D	+				+
39.	Cephalochordata	25			+			+D		+			+
40.	Urochordata	200			+			+D	+				+
41.	Craniata	52000			+			+D		+			+

În figura 64 ilustrăm diversitatea formelor actuale de viață de pe Terra, iar în tabelul 18 facem o comparație între cele trei domenii mari de organisme care trăiesc acum pe planeta noastră.

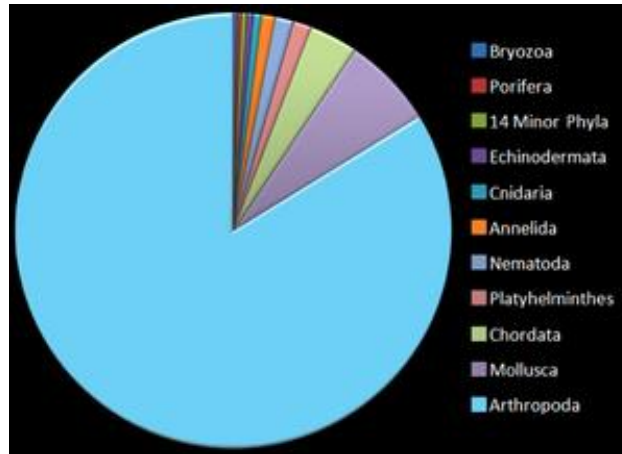


Figura 64. Procentul principalelor grupe de organisme cunoscute în prezent pe Terra (<https://www.google.com/Procentul+principalelor+grupe+de+organisme&tbm>)

Tabelul 18. Principalele caracteristici ale celor trei domenii ale lumii vii

Caracteristici	Archaea	Bacteria	Eucaryota
Membrana celulară	lipide legate de esteri	lipide legate de esteri	lipide legate de esteri
Peretele celular	pseudopeptidoglican, glicoproteine, sau cu stratul-S	Peptidoglican, cu stratul-S, sau nu au perete celular	diferite structuri
Structura genelor	cromozomi circulari, translația și transcripția este similară cu cea de la eukariote	cromozomi circulari, translație și transcripție specială	multiplă, cromosomi liniari, translația și transcripția este similară cu cea de la archee
Structura celulelor interne	organele și nucleul sunt lipsite de membrană	organele și nucleul sunt lipsite de membrană	organele și nucleul posedă o membrană
Metabolismul	variat, cu heterotrofie, are o metanogeneză specifică grupului Archea	variat, pot fi autotrofe heterotrofe și fotosintetizante, respirație aerobă și anaerobă (prin fermentație)	fotosinteză, respirație celulară și fermentativă
Reproducerea	asexuală, transfer de gene orizontal	asexuală, transfer de gene orizontal	sexuată și asexuală
Demararea sintezelor de proteine	metionină	formilmetionină	metionină
ARN polimeraza	una	una	multe
EF-2 / EF-G	sensibilă la toxina diferită	rezistentă la toxina diferită	sensibilă la toxina diferită

3.3.3 Distribuția biosferei și factorii de care aceasta depinde

Deoarece viața se caracterizează prin existența unei multitudini de specii, diferitele forme de viață pe planeta Terra se întâlnesc peste tot, de la polul nord la polul sud, de pe vârful celor mai înalți munți, până în cele mai mari adâncimi ale foselor oceanice, în gheizerele de unde iese apa fierbinte din vecinătatea magmei terestre, până în venturile de pe fundurile oceanelor pe unde gazele și apa ies extrem de fierbinți din adâncurile pământului. Ea este prezentă și în atmosferă, unele forme de rezistență – spori sau chiști pot fi duși de curenții de aer la sute de kilometri, iar unele microorganisme pot fi întâlnite și în apele subterane, deci în litosferă, la sute sau chiar la mii de metri adâncime.

Fiecare parte a planetei prezintă un anumit fel de viață. Progresele recente în microbiologie au demonstrat că unele bacterii trăiesc adânc sub suprafața terestră a Pământului, iar numai masa totală a vieții microbiene din așa-numitele „zone nelocuibile” poate, ca biomasă, să depășească toată viața animală și vegetală de la suprafață. Grosimea reală a biosferei de pe pământ este imposibil de măsurat.

S-a observat că microorganismele, în anumite condiții de testare, supraviețuiesc prin formele lor de rezistență și în condițiile vidului din spațiul cosmic. Masa microorganismelor procariote (care include bacteriile și arheele, dar nu și microorganismele eucariote nucleate) ar putea fi de până la 0,8 trilioane de tone de carbon, pe când masa totală a biosferei a fost estimată la 1 - 4 trilioane de tone. Microbii marini barofili au fost găsiți la o adâncime de 11.034 m în groapa Marianelor (cel mai adânc loc din oceanele Pământului). Alți cercetători au constatat că unele microorganisme prosperă în interiorul rocilor până la adâncimi de -580 m, pe când în sedimentele oceanice ele pot fi întâlnite sub fundul mării la adâncimi mai mari de 2.590 m. Microbii termofili cultivabili au fost extrași din miezuri forate de la peste 5.000 m (în Suedia), din roci a căror temperatură era de 65–75 °C. Acum se știe că cea mai mare temperatură cunoscută la care poate exista viața microbiană este +122 °C (*Methanopyrus kandleri*).

Distribuția biosferei nu este uniformă; ea depinde atât de condițiile factorilor cosmici, cât și de factorii abiotici (climatici, geografici, pedologici, fizico-chimici), de factori biotici (interacțiunile și asociațiile de organisme de la diferite nivele ale organizării lor sistemice), cât și de factori micști (din toate tipurile menționate anterior), dar care se intercondiționează reciproc. Pe de altă parte, organismele însele își pot schimba mediul sub influența climei. Cea mai mare concentrație de organisme vii este în mediul terestru în zonele ecuatoriale și temperate calde, iar în mediul oceanic în zona litorală de mică adâncime (pe așa numita platformă continentală), iar cele mai puține în apele curenților oceanici calzi.

Biodiversitatea terestră este de până la 25 de ori mai mare decât biodiversitatea oceanică. În păduri există cea mai mare biodiversitate terestră. Pădurile oferă habitate pentru 80% dintre speciile de amfibieni, 75% dintre speciile de păsări și 68% dintre speciile de mamifere; aproximativ 60% din toate plantele vasculare se găsesc în pădurile tropicale. În ceace privește diversitatea reală a microflorei, microfaunei și a microbiotei planetei, datele moderne nu ne pot oferi nici măcar una orientativă.

Mangrovele oferă zone de reproducere și pepiniere pentru numeroase specii de pești și crustacee și ajută la captarea sedimentelor care altfel ar putea afecta negativ păturile de iarbă marine și recifele de corali - care sunt habitate pentru o mare varietate de specii marine.

Pădurile acoperă aproximativ 1/3 din masa pământului și găzduiesc circa 80% din biodiversitatea planetei. În prezent preocupările referitoare la ocrotirea naturii, au reușit să ducă la salvarea de la distrugere a unor mari suprafețe de pădure. În prezent peste 700 de milioane de hectare de pădure din lume sunt protejate oficial. Biodiversitatea pădurilor variază considerabil în funcție de diverși factori, precum tipul pădurii, zona geografică în care se află, clima dominantă, tipurile de soluri și mai ales de gradul de exploatare pentru nevoile umane. Cele mai multe habitate forestiere din regiunile temperate susțin relativ puține specii de animale și plante, iar acestea tind să aibă distribuții geografice mari, în timp ce în pădurile montane din Africa, America de Sud și Asia de Sud-Est, dar și în pădurile de câmpie din Australia, coasta Braziliei, insulele Caraibe, America Centrală și Asia de Sud-Est peninsulară au extrem de multe specii, dar caracterizate prin distribuții geografice reduse. Zonele cu populații umane dense și utilizarea intensă a terenurilor agricole, cum ar fi Europa, părți din Bangladesh, China, India și America de Nord, sunt mai puțin intacte din punct de vedere al biodiversității lor naturale. În Africa de Nord, sudul Australiei, pe coasta Braziliei, în Madagascar și Africa de Sud există acum zone cu pierderi uimitor de ridicate ale integrității biodiversității.

Unele specii de animale sunt limitate la un anumit continent (girafa se găsește doar în Africa, unele specii rare de maimuțe trăiesc numai în America de Sud sau numai în Madagascar). Există plante și animale care au un areal extrem de limitat (așa sunt arborii de *Sequoia* din California), iar aspretele (peștele *Romanichthys valsanicola*) trăiește numai în România în 2 afluenți montani ai râului Argeș). Alte specii, dimpotrivă, au un areal extrem de larg: plantele de cocos (*Cocos nucifera*), sunt întâlnite în toate zonele tropicale, zambila de apă (*Eichhornia crassipes*) este prezentă acum în toată zona tropicală ecuatorială, iar molidul (*Picea abies*) este arborele predominant în zonele eurasiatice temperate și boreale. Alte specii au areale discontinue. Organismele vii care se întâlnesc pe arii largi sunt considerate organisme cosmopolite, iar cele care au areale restrânse, poartă denumirea de specii endemice.

În cele ce urmează vor fi trecuți în revistă principalii factori care realizează actuala biodiversitate pe planeta noastră.

Factorii cosmici

Mișcarea de revoluție a planetei în jurul soarelui, derulată în cca 365 zile, duce la apariția sezonelor, deci condiționează ciclurile de viață ale tuturor organismelor din zonele temperate și reci ale planetei. În zona ecuatorială nu sunt sezoane distincte, deoarece și acțiunea radiațiilor solare este relativ uniformă ca intensitate pe parcursul întregului an.

Mișcarea de rotație a planetei în jurul axei sale în 24 ore determină o alternanță periodică (de zi-noapte) a radiațiilor luminoase care ajung pe planetă. Deoarece mișcarea de rotație a Terrei se realizează asemănător celei efectuate de un titirez, această rotire determină în timpul mișcării de revoluție a planetei în jurul soarelui durate mai mari sau mai mici a prezenței razelor solare la poli și la ecuator. De aceea există și durate de timp diferite ale zilei în emisfera nordică și în cea sudică (deci când este vară într-o emisferă, este iarnă în cealaltă emisferă). Este normal ca aceste diferențe să se reflecte în ritmurile sezoniere și circadiene ale viețuitoarelor. Mișcarea planetei în jurul soarelui este principalul factor care dirijează ciclurile de viață ale organismelor în mediul terestru, deși ea are loc și în mări și oceane, dar este aproape imperceptibilă în zona fotică a acestor ape.

În general, există o creștere a biodiversității de la poli la tropice. Zonele naturale de la latitudini mici au mai multe specii decât cele de la latitudini mai mari. Această diferență este denumită gradient latitudinal. Mai mulți factori ecologici pot contribui la gradient, dar factorul cel mai important este temperatura medie mai mare la ecuator în comparație cu cea a polilor, deoarece ea depinde de gradul de înclinare al razelor solare care cad pe suprafața pământului. Această caracteristică a biodiversității terestre nu se mai constată în ecosistemele acvatice marine și oceanice, deoarece aici curenții care le străbat sunt factorul coordonator. În apele marine fotosinteza este realizată de alge. Substanțele organice produse în exces servesc ca bază nutritivă pentru multe dintre componentele biotice ale lanțurilor trofice care pornesc de la bacterii. La fel, distribuția latitudinală a paraziților nu pare să respecte nici ea această regulă.

Factorii geografici

În **mările și oceanele** planetei factorii limitativi ai dezvoltării organismelor fotosintetizante sunt gradul până la care pătrund radiațiile solare (în cazurile optime pînă la -100-200 m), cantitatea de nutrienți disponibili pentru a se realiza fotosinteza de către alge, curenții care străbat aceste ape (curenții reci sunt mai bogăți în nutrienți și de multe ori urcă de-a lungul continentelor și ajung până aproape de ecuator, astfel încât în aceștia este o mai mare bogăție de organisme vii). Alți factori limitativi sunt adâncimea bazinelor acvatice, gradul de salinitate (aceasta este mai scăzută în vecinătatea gurilor de vărsare a marilor fluvii care aduc apă dulce), lățimea platformelor continentale, temperatura apelor (este mai ridicată spre suprafață și scade spre adânc, unde se ajunge ca volume imense de apă să aibă temperaturi apropiate de +4°C, fapt ce duce la popularea lor cu un număr mai redus de organisme), natura substratului care servește ca suport de viață multor vietăți etc.

Cei mai mari locuitori ai oceanului înoată liber (foci, pinguini, balene, morse, delfini, pești etc.). Crustaceele, moluștele, viermii trăiesc predominant pe fundul oceanelor și al mărilor. Organismele planctonice trăiesc numai în masa apei, cele bentonice numai pe sau în stratele superioare ale substratului. Planctonul este principala hrană pentru peștii și mamiferele nectonice, pe când la adâncimi considerabile, există mult mai puține organisme planctonice care ar putea susține viața nectonului abisal. Extrem de multe organisme vii trăiesc în apropierea venturilor hidrotermale de pe fundurile oceanelor (Figura 65), unde anumiți viermi și crustacee, toate având un mod de viață anoxic, care nu

există în celelalte locuri ale oceanului planetar le sunt deosebit de atractive. Există multe bacterii care, similar plantelor fotosintetizante, produc, dar pe căi anoxice, materii organice din abundență.

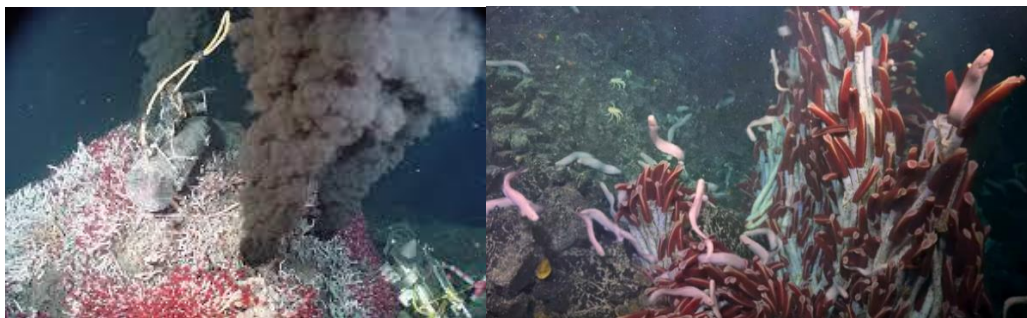


Figura 65. Abundența de organisme vii în venturile hidrotermale oceanice
(<https://www.miamiherald.com/news/nation-world/world/article278076452.html>)

În apele dulci continentale există viețuitoare în toata masa apelor, de la suprafață până pe fundul bazinelor acvatice, inclusiv în sedimentele minerale sau organice ale acestora. Viață este în pâraie, râuri și fluvii, în lacuri de toate adâncimile, în bălți și mlaștini, dar numai în apă lichidă (în ghețari, în zăpadă sau iceberguri pot exista forme capabile de viață, dar aflate sub forme diferite de rezistență (ouă, sau spori). Ele încep să fie active numai când apa trece de la faza solidă la cea lichidă. Densitatea organismelor acvatice dulcicole, este mai ridicată în apele cu temperaturi medii de +20 - +35 °C. Peste sau sub aceste limite numărul și intensitatea proceselor lor vitale scade semnificativ.

În categoria apelor continentale intră și apele cu conținut ridicat de săruri; ele poartă denumirea de ape minerale (clorurate, borurate, sulfuroase etc.). Uneori bazinele stagnante devin lacuri sau mări sărate (Marea Moartă, lacurile sărate paramarine, sau cele formate în zone în care sarea iese la suprafață din depozitele formate în trecut pe malurile unor mări interioare, sau care și-au întrerupt la un moment dat legătura cu oceanele mari ale globului). Chiar și în aceste ape există forme de viață (numai aici se dezvoltă organismele halofile).

În mediul terestru varietatea organismelor este cea mai mare. Despre distribuția lor pe verticală s-a scris mai înainte. Ele sunt permanent în contact cu atmosfera, populează toate tipurile de soluri (care constituie pedosfera), se infiltrează prin fante în stratele superioare ale litosferei și trăiesc în toate mediile umede din interiorul scoarței terestre.

Altitudinea este un factor deosebit de important în distribuția viețuitoarelor din mediul terestru. Densitatea și varietatea organismelor vii este mai ridicată la altitudini mai joase și în zonele deluroase și scade odată cu creșterea altitudinii, până acolo unde condițiile climatice și absența solurilor duc la o scădere accentuată a biosferei (factor care este favorizat și de durata mai mare a condițiilor de climat rece, dar și de prezența apei sub formă de zăpadă și gheață - în munții înalți sunt așa numitele zăpezi veșnice și ghețarii).

În mediul subteran există o viață bogată. Aici predominante sunt formele mici. Tot aici prosperă speciile care nu pot suporta concurența la hrană de la suprafața scoarței terestre și se retrag în sisteme ecologice mai stabile și implicit mai stenoice, cum sunt cele din mediul subteran. De aceea în mediul subteran abundă formele relict. Majoritatea lor au areale restrânse, densitatea lor este mult redusă, hrana lor este săracă, deoarece constă mai ales din necromasa adusă de apele care se infiltrează de la suprafață. Ele posedă organe de simț foarte bine dezvoltate, sunt de dimensiuni mici și au durate de viață mai mari decât rudele lor care trăiesc la suprafața scoarței terestre. În mediul subteran se întâlnesc îndeosebi animale și ciuperci. Formele autotrofe nu sunt prezente decât dacă au ajuns accidental și sunt capabile ca temporar să se poată hrăni și heterotrof (ca de exemplu unele protiste).

Factorii pedologici

Pentru plante, tipul de sol este un factor major în condiționarea tipului și varietății speciilor care cresc într-o anumită zonă, deoarece necromasa, cantitatea de minerale rezultate din descompunerea acesteia, conținutul de apă și microorganismele care realizează pedogeneza diferă de la un tip de sol la altul. Solul este o combinație de diverse materii organice moarte și anorganice, populate de viețuitoare specifice acestui mediu dominat reducător, de multe ori semianoxic, dar totdeauna umed.

În timp ce solul argilos poate reține mai multă apă, dar mai puțin aer, solul negru (cernoziomul) este ideal pentru creșterea plantelor, el având condiții de a menține relativ constante capacitățile lor de reținere a aerului și a apei. pH-ul solului ajută la absorbția nutrienților de către plante. Dacă solul este sărac în apă și este acid, deșertificarea poate avea loc și astfel se reduc șansele pentru creșterea pe solurile deșertice a plantelor.

Solul este un mediu favorabil organismelor necrofage și prădătorilor lucifugi mici. Organismele fotosintetizante, reprezentate de diferite tipuri de alge se întâlnesc numai în stratul superficial (de sub 5 cm). Procesele fiziologice sunt predominant oxifile, căci, deși oxigenul este prezent, el este prezent în cantități mai reduse. Organismele din sol sunt de dimensiuni mici, diferă de la un tip de sol la altul, în funcție de disponibilitățile pe care le găsesc în conținutul de apă și de capacitatea a-și găsi hrana specifică. Solurile cele mai bogate în organisme vii sunt cele bogate în compuși organici, iar cele mai puține organisme se întâlnesc în solurile bogate în compuși minerali și lipsite de apă în stare lichidă. Solul este esențial pentru plantele fotosintetizante, deoarece partea lor superioară – tulpinile și frunzele - se ridică deasupra solului și trăiesc în atmosferă, pe când rădăcinile lor sunt fixate în sol, de unde își extrag nutrienții care stau la baza fotosintezei care are loc în mediul aerian. Mai multe date despre soluri vor fi prezentate în capitolul următor (4. Ecosfera), unde este tratat mai pe larg, fiind un înveliș deosebit al planetei, pedosfera.

Factorii fizico-chimici

1. Aerul. Toate ființele vii au nevoie de aer pentru a putea respira oxigenul din el. Atunci când presiunea aerului este scăzută, în special la altitudini mai mari, multora le este mai greu să respire din cauza cantității insuficiente de oxigen pe care și-o pot procura. Oxigenul și dioxidul de carbon sunt foarte importanți atât pentru plante, cât și pentru animale: oxigenul este esențial pentru respirație, în timp ce dioxidul de carbon este necesar pentru plante, ca să poată fotosintetiza.

2. Apa. În mediul terestru apa intră în sol sub formă de precipitații (ca zăpadă, lapoviță, ploaie sau grindină). Precipitațiile sunt unul dintre factorii determinanți (împreună cu temperatura) ai modului în care sunt răspândite și se dezvoltă organismele vii pe Terra. Se disting organisme terestre (care populează mediile predominant uscate), semiacvatice (care pot trăi permanent sau o parte din viața lor în mediul acvatic), acvatice (trăiesc permanent, obligat sau aleator în mediile acvatice – dulci, sărate, salmastre sau marine) și subterane (trăiesc în fantele sau cavitățile din litosferă). Pentru a popula aceste medii, organismele au căpătat o serie de adaptări - unele stricte, altele facultative - pentru a putea trăi confortabil în ele.

În mediile terestre deșertice viețuitoarele și-au creat sisteme foarte variate de a supraviețui, fie economisind apa, fie stocând-o, fie schimbându-și ritmurile de viață circadiene. Multe plante au frunze puține, sau acestea chiar lipsesc (în acest mod își reduc transpirația); ele au tulpini verzi, cărnoase și frunze umflate, ambele cerate, pentru a absorbi și stoca cantități cât mai mari de apă în timpul rarelor perioade în care cad precipitațiile din atmosferă sub formă de ceață sau de ploaie. La multe plante rădăcinile sunt foarte lungi pentru a ajunge în vecinătatea sau chiar până la stratul de apă freatică. Alte plante și-au creat în sol niște formațiuni ca niște butoiașe în care stochează volume mari de apă sub formă de suc vegetal. Animalele au picioare lungi, pentru ca ziua, când aleargă, să stea deasupra solului fierbinte; altele se pot îngropa ziua în nisip și stau acolo în perioadele cu aer și sol fierbinte. Unele animale pot avea în corpul lor formațiuni de stocarea apei, sau trec la o viață nocturnă (deoarece când temperatura scade își pot căuta mai facil hrana) etc.

3. Nutrienții. Pentru a sintetiza hrana, toate plantele au nevoie să ia din mediu sărurile nutritive. Azotul le este necesar pentru a crea proteine, enzime, acizii nucleici și vitamine, fosforul pentru a-și sintetiza fosfolipide etc. În funcție de cantitatea de nutrienți pe care o pot lua organismele chemo- și cele fotosintetizante, viața se dezvoltă mai mult sau mai puțin intens, ea se prezintă în forme cât mai variate pe diferitele tipuri de soluri (în mediul terestru); sau în diferite ape (în special cele prin care apa creează adevărați curenți oceanici bogați în nutrienți). În apele dulci și în mlaștinile acide, deci mai sărace în nutrienți, multe plante devin carnivore, pentru a-și lua din prada capturată nutrienții necesari propriei lor fotosinteze.

4. Temperatura. Temperatura este un factor fizic important, deoarece viața este activă numai în anumite limite. Capacitatea de a supraviețui la temperaturi extreme variază foarte mult de la un organism la altul.

Plantele nu sunt capabile să se protejeze pentru a scăpa de temperaturile ridicate sau cele scăzute când acestea acționează asupra mediului lor de trai; în acest caz, la plante fotosinteza se încetinește sau se oprește atunci când temperaturile devin prea ridicate sau prea scăzute. Frunzele copacilor pot

pierde căldura printr-un exces de evapotranspirație (pierderea apei prin stomatele de pe fața inferioară a frunzelor). Cu toate acestea, unele plante pot avea tulpini și frunze acoperite cu formațiuni mici păroase, care le ajută să reziste la temperaturi scăzute. Ele pot avea în citoplasmă anumite substanțe dizolvate pentru a reduce punctul de îngheț, în timp ce alte plante au o statură mai redusă, cresc foarte aproape una de cealaltă, rezistând în acest fel la temperaturi scăzute și vânt. Majoritatea plantelor din zona temperată își leapădă masa foliară în sezonul rece, iar fotosinteza li se reduce drastic. Ramurile și tulpinile lor conțin canalicule prin care apa capilară și sucurile sunt mai bine protejate de scăderile de temperatură și nu îngheață, deși în sezonul rece ele par a fi uscate sau moarte.

Animalele răspund la variațiile de temperatură atât din punct de vedere fiziologic, cât și comportamental. Cu excepția animalelor homeoterme (păsări și mamifere), toate celelalte organisme sunt heteroterme, deci temperatura corpului lor depinde de temperatura mediului în care trăiesc. Ori, dacă apa îngheață, ele nu mai pot trăi (la unele, pentru a putea trece de sezonul rece, s-au creat anumite modalități de a împiedica cristalizarea apei în corp prin creșterea concentrației anumitor săruri din celule). Altele, se retrag în sol, în cavități ale litosferei sau în nămolul / sedimentele de pe fundul apelor, în care temperatura scade, dar nu sub cea de înghețare a apei și apoi intră în hibernare (ele revin la viața activă după creșterea temperaturii ambientale peste cea de îngheț a apei).

Unele organisme (procariotele, protistele eucariote și ciupercile) mor, dar își salvează specia și urmașii prin formarea în prealabil de spori sau a unor diferite forme de rezistență.

5. Lumina. Lumina este un factor fizic deosebit de important folosit de organismele fotosintetizatoare pentru sinteza de materie organică. Pentru animale lumina devine factor condițional al activităților lor circadiene și sezoniere. Ciupercile, fiind organisme osmotrofe, nu sunt influențate de prezența sau de absența luminii.

Factorii biotici

Există o serie de adaptări ale organismelor care pot influența distribuția și diversitatea lor. Pentru a înțelege cum acționează diverșii factori biotici, precizăm că din punct de vedere al distribuției spațiale și al calităților ecologice adaptative există trei tipuri de organisme: cosmopolite, normale și endemice.

Speciile cosmopolite sunt cele care, având potențialități ecologice largi (sunt eurioice), sunt capabile să trăiască în medii variate din toate punctele de vedere (altitudine, diverși factori climatici și pedologici, fluctuații ale cantităților de apă, variații mari de temperatură, rezistență crescută la concurența altor organisme aflate pe același nivel trofic etc).

Speciile normale sunt cele care au capacitatea de a trăi în limite medii de trai, nu intră în concurență acerbă cu speciile aflate pe același nivel trofic și suportă variații medii de fluctuație a tuturor factorilor de mediu.

Speciile endemice, sunt acele specii care suportă o paletă de fluctuație relativ redusă a factorilor de mediu și la concurența cu celelalte viețuitoare, factori care corespundeau momentului la care s-au format în cursul evoluției, dar care, cu vremea, s-au schimbat și la ale căror fluctuații prea ample nu mai pot face față. Sunt un fel de specii în aflate în agonie fiziologică, deci devin specii relict. În mod obișnuit ele se retrag în medii de viață cu caractere mai stenoice.

Competiția interspecifică. Interacțiunile competitive au fost considerate a fi unul dintre factorii majori care diminuează populațiile de organisme vii din habitatele lor; acestea concurează pentru spațiu, pentru reproducere, hrănire, mișcare etc. Există, de asemenea, competiție pentru accesul la mai multe resurse, cum ar fi hrana, apa și energia. Toate acestea pot afecta modul în care este distribuită o specie. Din cauza accesului mai limitat la resursele mediului în care ele trăiesc, populațiile pot fi distribuite în modalități diferite.

Interacțiunile competiționale cu speciile alohtone. Acest tip de interacțiuni există totdeauna între speciile de pe același nivel trofic. Ele sunt normale pentru a se menține capacitatea oricărei specii de a exista și concura "onest" cu celelalte viețuitoare din sistemul ecologic din care fac parte.

Interacțiunile competiționale cu speciile eurioice invadatoare. Acest tip de interacțiune servește luptei pentru existență, menținerii echilibrului ecologic atât populației speciei respective, cât și echilibrelor ecologice la nivelul ecosistemului din care face parte, deoarece orice invadator nu determină efecte negative la nivel de specie, ci la nivelul biocenozei și implicit a ecosistemului în care invadatorul caută să intre. Invadatorul are un mare atu: marea sa eurioicitate. El provoacă dezordine, restructurări și

dereglări funcționale la nivel de sisteme ecologice. Efectele speciilor invadatoare sunt cu atât mai mari, cu cât acum impactele umane dereglează echilibrele ecologice locale formate de-a lungul a mii de generații și care în prezent se află într-un echilibru tot mai instabil.

Interacțiunile competiționale cu speciile endemice. Dacă competiția unor specii invadatoare este cu specii relict, acestea, deoarece sunt specii mai vechi, cu potențial evolutiv mai redus, sunt oricum la limita inferioară de interconexiune cu celelalte specii din biocenozele din care fac parte, deci au șanse de supraviețuire mult reduse. O specie invadatoare este o specie eurioică multipotențială, care în lupta cu oricare alta specie are mai mulți sorți de izbândă (cu atât mai mult cu una relictă). Dacă ecosistemul și biocenoza din care face parte este afectată de impacte antropice, șansele ei de supraviețuire scad mult și pragul ei de extincție crește semnificativ.

Concurența la hrană. Toate viețuitoarele trebuie să aibă hrană pentru a supraviețui, deoarece, fără hrană, ele mor. Acesta este unul dintre fundamentele diferențelor de limitare a plantelor, animalelor în diferite locații ale lumii. Disponibilitatea hranei este un factor major în numărul de animale care trăiesc într-un ecosistem. Zone precum pădurile tropicale cu provizii bogate de hrană au mai multe specii decât alte zone precum deșerturile și regiunile polare unde există mai puțină hrană.

Predatorismul - afectează distribuția globală și abundența speciilor din orice ecosistem natural sau antropizat, dar și puterea și direcția fluxului de energie în cadrul unui sistem și diversitatea și compoziția ecosistemelor. Întotdeauna, prădătorii joacă un rol mare în evoluție, deoarece slăbesc capacitatea de autoreglare și reziliența sistemului biologic în care nivelul trofic superior se întărește, deci presiunea asupra nivelului trofic inferior este mult suprasolicitat.

Într-un ecosistem venirea unor noi predatori poate avea un efect devastator. În ecosistemele echilibrate, prădătorii și prada coexistă de multă vreme și au evoluat împreună. Prădătorii pot lua ca hrană pradă pentru a supraviețui (dar nu prea mult pentru a risca că își reducă pe termen lung propriile nevoi nutritive). Sosirea unui nou prădător poate deranja acest echilibru, poate provoca o scădere rapidă a numărului de prăzi, ceea ce reduce apoi hrana disponibilă pentru toți ceilalți prădători existenți.

Bolile și paraziții. Bolile plantelor pot fi fungice, bacteriene, virale sau de origine animală. Acestea mai pot fi determinate de insecte sau de buruieni invazive. Aceste boli afectează culturile agricole (ecosistemele artificiale antropice), provocând pierderi semnificative fermierilor și amenințând securitatea alimentară a oamenilor. Dezvoltarea bolilor și a paraziților poate cauza pierderi uriașe culturilor și pășunilor.

Dacă populația de producători primari se va reduce în mod evident, atunci ele facilitează apariția unor boli noi. Animalele ierbivore pot suferi dereglări în intensitatea procesului de consum a plantelor cu care se hrănesc, iar producția lor va fi, la rândul ei mai slabă. Are loc deci o dereglare în lanțul a tuturor verigilor trofice.

În sistemele naturale bolile și paraziții apar destul de rar, deoarece procesele biologice și cele ecologice au un rol stabilizator. Oricum, dacă apar boli sau dăunători, aceștia afectează echilibrul oricărui ecosistem. Acest lucru se vede prin apariția unor schimbări în distribuția globală a animalelor și plantelor, precum și prin comportamentul acestora. Aceste schimbări vor determina scăderea populației. Și dacă o populație devine bolnavă și populația de consumatori de pe nivelul superior al lanțului trofic din care face parte, va fi afectată și destructurată. Efectele negative se vor manifesta mai intens în primul rând la nivel de ecosistem, iar apoi la cel de landschaft.

Când unele organisme pătrund în biocenozele unor anumite ecosisteme, ele aduc adesea noi agenți patogeni. Aceștia pot afecta echilibrele existente, deoarece gazdele lor nu sunt pregătite să le facă față - și astfel consecințele vor fi negative și neașteptate. Sunt cazuri când agenții patogeni au fost introduși intenționat. Mixomatoza este o boală care afectează iepurii. Ea este cauzată de un protozoar parazit și iepurii infectați dezvoltă tumori ale pielii și pot orbi. În anii 1950 mixomatoza a fost eliberată intenționat în Australia pentru a reduce populația de iepuri. Efectul? Mai mult de 99% dintre iepuri au murit, dar ulterior, după ce iepurii care au supraviețuit au devenit imuni la această boală, populația a revenit la nivelurile anterioare.

Factorii antropici

Oamenii pot influența populațiile de organisme în diferite moduri, determinându-le să migreze din habitatul lor natural într-un mediu nou.

Când oamenii ocupă terenuri pentru construcția de case și clădiri, ei taie copaci și schimbă habitatele animalelor și ale plantelor. Unele animale, cum ar fi sconcul, ratonul, șoarecele și șobolanul, vrăbiile se pot adapta, dar alte animale nu pot - și ca urmare populațiile lor se vor reduce.

Poluarea poate afecta atât populațiile de animale cât și pe cele de plante.

Vânătoarea și pescuitul excesiv pot afecta populațiile de animale terestre sau acvatice.

Omul contribuie la distribuția globală a animalelor și vegetalelor prin urbanizare, crearea de căi de comunicație, prin diferite activități agricole sau miniere. Deoarece activitățile antropice au îndepărtat din habitatele lor naturale atât animalele, cât și plantele locale, multe specii vor fi nevoite să trăiască într-un mediu nou pentru ele, la care nu întotdeauna îi pot face față și deci pot dispărea definitiv.

Factori complecși/asociați

Distribuția speciilor depinde de interacțiunile dintre factorii abiotici și biotici din mediu. Factorii abiotici precum temperatura, umiditatea și nutrienții din sol, împreună cu interacțiunile biotice în interiorul și între specii, pot avea toți influențe puternice, sinergice, asupra distribuțiilor spațiale ale plantelor și animalelor. Factorii complecși sunt greu de decelat; de aceea pentru refacerea echilibrelor lor ecologice se pot lua măsuri adecvate numai cu mare dificultate; în plus există și un grad mai mare de nesiguranță în obținerea rezultatelor scontate.

Punctele fierbinți ale biodiversității

Un punct fierbinte de biodiversitate este considerat un teritoriu sau o regiune cu un nivel ridicat de specii endemice care a suferit pierderi mari de habitat. Termenul de "punct fierbinte (hotspot)" a fost introdus în 1988 de Norman Myers. Aceste puncte fierbinți sunt răspândite în întreaga lume; majoritatea lor sunt zone de pădure și sunt situate la tropice.

Pădurea Atlantică din Brazilia este considerată un astfel de hotspot, care conține aproximativ 20.000 de specii de plante, 1.350 de vertebrate și milioane de insecte, dintre care aproximativ jumătate nu se găsesc în altă parte.

Statul sud-american Columbia se caracterizează printr-o biodiversitate ridicată, cu cea mai mare rată a speciilor pe unitatea de suprafață din întreaga lume și are cel mai mare număr de specii endemice. Aproximativ 10% din speciile Pământului pot fi găsite în Columbia, inclusiv peste 1.900 de specii de păsări (adică mai multe decât în Europa și America de Nord luate la un loc). Columbia deține, numai ea, 10% din speciile de mamifere din lume, 14% dintre speciile de amfibieni și 18% dintre speciile de păsări ale lumii.

În Madagascar, pădurile uscate de foioase și pădurile tropicale din zonele de câmpie posedă un număr ridicat de specii endemice. De când insula s-a separat de Africa continentală (acum 66 de milioane de ani), multe specii și ecosisteme au evoluat independent și s-au înmulțit speciile endemice.

Cele 17.000 de insule ale Indoneziei acoperă 1.904.560 km² și conțin 10% din plantele cu flori ale lumii, 12% dintre mamifere și 17% dintre reptile, amfibieni și păsări. În aceste insule trăiesc acum aproape 240 de milioane de oameni care afectează tot mai mult biodiversitatea ecosistemelor naturale.

Multe regiuni cu biodiversitate ridicată și/sau bogate în specii endemice provin din habitate specializate care necesită adaptări neobișnuite. Măsurarea cu precizie a diferențelor de biodiversitate poate fi dificilă. Prejudecățile de selecție în rândul cercetătorilor pot contribui la cercetarea empirică părtinitoare pentru estimări moderne și reale ale biodiversității lor.

Impactele umane din prezent periclitizează acest hotspot al diversității planetare. Faptul că majoritatea oamenilor sunt în continuare inconștienți de acțiunile lor asupra viețuitoarelor, este o cauză a pericolelor grave care pot apărea în asemenea hotspouri.

Distribuția pe Terra a zonelor biogeografice și biomilor

Pentru a fi mai bine înțeleși, repet definiția biosferei pe care am prezentat-o la începutul capitolului despre biosfera:

“Biosfera (Figura 36) este învelișul planetei alcătuit din organisme vii care ocupă și interacționează fizic și funcțional cu cele patru mari componente ale toposferei: litosfera, pedosfera, hidrosfera și atmosfera”.

În ultimii trei sute de ani au fost determinate teritoriile terestre și acvatice relativ omogene, de diferite mărimi, s-a inventariat și precizat compoziția florei și faunei lor. S-a adunat un volum de date științifice care a condus la o mai bună cunoaștere a lumii vii.

Lumea vie este extrem de diversificată morfologic și funcțional și se caracterizează printr-o adaptabilitate extraordinară la fluctuația neconținută a factorilor de mediu care constituie toposfera. Natura a găsit diverse forme prin care această diversitate de forme vii s-au grupat și s-au reorganizat pe parcursul istoriei planetei, astfel încât în prezent s-a putut stabili o ierarhie a formelor de asociere a viețuitoarelor destul de clară din punct de vedere istoric, geografic, climatic, ecologic și etologic, ierarhie stabilită în comun de geografi și biologi.

În această imensă biodiversitate există o ordine, o organizare extraordinară, care asigură durabilitatea vieții în modalități care permit o adaptare neconținută la schimbările pe care le suferă factorii de mediu prezenți la suprafața pământului (radiații solare, atmosferă, climă, apă, roci, forme de relief, tipuri de sol).

Biosfera este singurul înveliș al planetei care realizează un schimb permanent și foarte bine organizat de informație, energie și materie cu mediul înconjurător viu și neviu și pe care îl influențează într-o gamă foarte variată de modalități. Unicitatea planetei noastre constă în faptul că este singura din Sistemul Solar pe care există viață. Apariția vieții este consecința existenței a trei elemente esențiale: energia solară, apa și aerul (Doniță *et al.*, 2019).

În prezent organismele vii pot fi grupate într-o gamă largă de asociații de viețuitoare – bioregiuni, biomi, biolandșafturi, biocenoze - care formează împreună cu componentele aferente lor din toposferă, mai multe tipuri de învelișuri complexe (de viu-neviu) care sunt răspândite pe cea mai mare parte a planetei noastre. Acestea sunt, în ordine ierarhică, de sus în jos - ecosferă, ecozone, ecobiomi, ecolandșafturi și ecosisteme (Botnariuc, 1967; Godeanu, 2016, 2019; Godeanu *et al.*, 2010).

Bioregiunile (Zonele biogeografice) sunt regiuni mari ale globului caracterizate prin grupări de biomi cu caractere diferite, dar care sunt privite de geografi în special din punct de vedere climatic și spațial; ele sunt înconjurate de ape marine/oceanice, ocupă continente întregi sau porțiuni mari ale acestora cu condiții climatice asemănătoare etc.

Biomi sunt ansambluri mari de ecosisteme caracteristice unei anumite arii geografice, în care toate viețuitoarele, de-a lungul istoriei pământului, s-au adaptat și acum sunt considerate specifice zonei geografice respective. Se disting biomi de zone climatice reci și calde, de altitudine sau de șes, de ape dulci sau marine, de zone aride sau umede etc.

Biolandșafturile sunt componenta vie a unor porțiuni mai mici de teritoriu (landșafturile), cu caracteristici climatice, geografice și pedologice relativ unitare, în care coexistă și se interconectează funcțional un grup de ecosisteme diferite din punct de vedere funcțional.

Biocenozele sunt componeta vie a unor ansambluri de factori de mediu care alcătuiesc un așa numit biotop, cu care creează o unitate funcțională stabilă și durabilă –ecosistemul, în care au loc procesele de evoluție a lumii vii.

Zonele biogeografice

O zonă biogeografică este descrisă ca fiind o combinație unică de plante, animale, de tipuri de roci, climă și ape, un spațiu definit de granițe naturale și comunități vii distincte, care face ca fiecare bioregiune să fie diferită de cele învecinate. Formele naturale și comunitățile vii, inclusiv oamenii, devin caracteristici descriptive ale fiecărei bioregiuni.

O zonă biogeografică desemnează o zonă terestră relativ omogenă din punct de vedere climatic și ecologic. Geografii vorbesc de zonă biogeografică ca fiind un sistem de clasificare generală a terenurilor din punct de vedere ecologic. Regiunile biogeografice sunt teritoriile ale căror granițe nu sunt definite politic. Ele trebuie să fie suficient de mari pentru a menține integritatea diferitelor subregiuni biologice și pentru a susține procese ecologice importante, cum ar fi ciclul nutrienților, migrația și fluxul de vapori etc.

Pe terenul uscat al planetei noastre se disting 6 zone mari biogeografice (Figura 66)

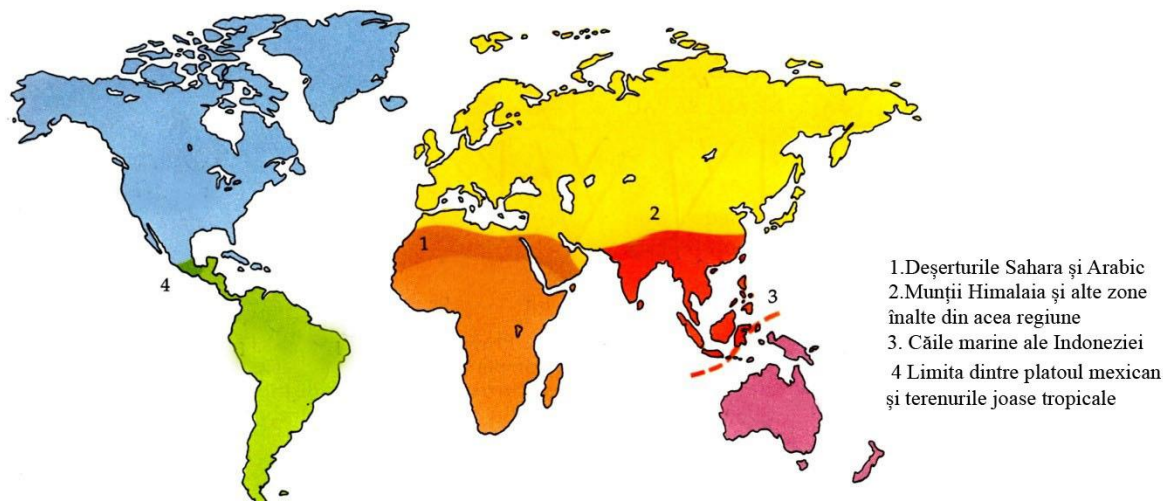


Figura 66. Zonele biogeografice ale planetei și barierele topografice, climatice și acvatice (Purves *et al.*, 1992)

1. **Bioregiunea Nearctică.** Această regiune acoperă cea mai mare parte a Americii de Nord, Groenlanda și zonele muntoase din Mexic. Din ea fac parte Scutul Canadian, estul Americii de Nord, vestul Americii de Nord și nordul Mexicului. Când vechiul supercontinent din Pangea s-a împărțit în două în urmă cu 180 de milioane de ani, America de Nord a rămas atașată Eurasiei ca parte a supercontinentului Laurasiei, în timp ce America de Sud făcea parte din supercontinentul Gondwana. America de Nord s-a separat mai târziu de Eurasia. Ea a fost legată prin poduri terestre de Asia și America de Sud, ceea ce a permis pentru mult timp, un schimb de plante și animale între continente.
2. **Bioregiunea Palearctică** este cea mai mare dintre cele șase bioregiuni care alcătuiesc suprafața pământului. Ea este alcătuită din Europa, Asia la nord de munții Himalaya, nordul Africii și partea de nord și centrală a Peninsulei Arabe.
3. **Bioregiunea Afrotropicilor.** A fost cunoscută și sub numele de zona etiopiană. Ea include Africa, la sud de Sahara, părțile sudice și estice ale peninsulei arabe, insula Madagascar, sudul Iranului, sud-vestul extrem al Pakistanului și insulele din vestul Oceanului Indian. Aproape toate aceste ținuturi făceau parte din vechiul supercontinent Gondwana, care a început să se fragmenteze acum 150 de milioane de ani. Deoarece Africa este un continent foarte mare, zona are multe tipuri de climat și habitate. Cu toate acestea, majoritatea afrotropicilor au un climat tropical. O bandă largă de deșerturi (Sahara și Deșertul Arab) separă afrotropicele de zona palearctică.
4. **Bioregiunea Australiană.** Ea include Australia, insula Noua Guinee (inclusiv Papua Noua Guinee și provincia indoneziană Papua), partea de est a arhipelagului indonezian (inclusiv insula Sulawesi), insulele Moluce (provinciile indoneziene Maluku și nordul Maluku), insulele Lombok, Sumbawa, Sumba și Timor, precum și multe grupuri de insule minuscule din Pacific. Restul Indoneziei face parte din bioregiunea Indomalaeză. Australia, Noua Zeelandă și Noua Caledonie sunt fragmente ale fostului supercontinent din Gondwana, ale căror urme fosile și geologice sunt încă vizibile în Insulele Mariene și în alte entități geografice din oceanul Pacific.
5. **Bioregiunea Indo-Malaeză.** Această zonă acoperă majoritatea Asiei de Sud și de Sud-Est, precum și alte părți din estul Asiei. Indo-Malaezia se întinde din Afganistan până în Pakistan prin subcontinentul indian și cuprinde toată Asia de sud-est până în sudul Chinei, Indonezia, Java, Bali și Borneo. Indo-Malaezia se învecinează cu estul bioregiunii australiene, de care este separată de așa numita linie biogeografică Wallace.
Indo-Malaezia include insulele Filipine, Taiwan și Ryukyu (ultima face parte din insulele Japoneze). În ultimul timp în această bioregiune este inclusă și fosta bioregiune oceanică, care nu este parte a niciunui teren continental. Ea includea Oceanul Pacific, Insulele Microneziene, Insulele Fiji și cea mai mare parte a Polineziei (cu excepția Noii Zeelande). Bioregiunea Indo-Malaeză este alcătuită din insule vulcanice și de corali (care au apărut recent din mare și au fost create fie prin activitatea vulcanică, fie prin coliziunea plăcilor tectonice care au ajutat la împingerea insulelor în sus).
6. **Bioregiunea Neotropicală.** Ea este alcătuită din toată America de Sud și Centrală (partea de jos a Mexicului, Insulele Caraibe și sudul Floridei). Flora și fauna ei sunt unice și distincte de Nearctica, datorită separării îndelungate a acestor două continente. America de Sud a făcut inițial parte din

supercontinentul Gondwana. De aceea în această bioregiune descendența multor plante și animale (inclusiv mamiferele marsupiale) provin din acel supercontinent. După destrămarea Gondwanei acum 110 milioane de ani, America de Sud a fost separată de Africa. Mult mai târziu, în urmă cu aproximativ 2-3 milioane de ani, America de Sud s-a unit cu America de Nord prin Istmul Panama. Formarea acestui istm acum 3 milioane de ani a reunit cele două continente americane de azi, astfel încât multe specii din cele două bioregiuni s-au amestecat. Efectul pe termen lung al descendenței și schimbului de specii sudice și nordice a fost motivul dispariției multor specii din America de Sud, în special din cauza concurenței speciilor venite din America de Nord, care erau mai bine adaptate la mediu.

În mediul acvatic oceanic și în cel dulceț s-au făcut alte zonări (Figurile 67 și 68) (Godeanu și Popa, 2022).

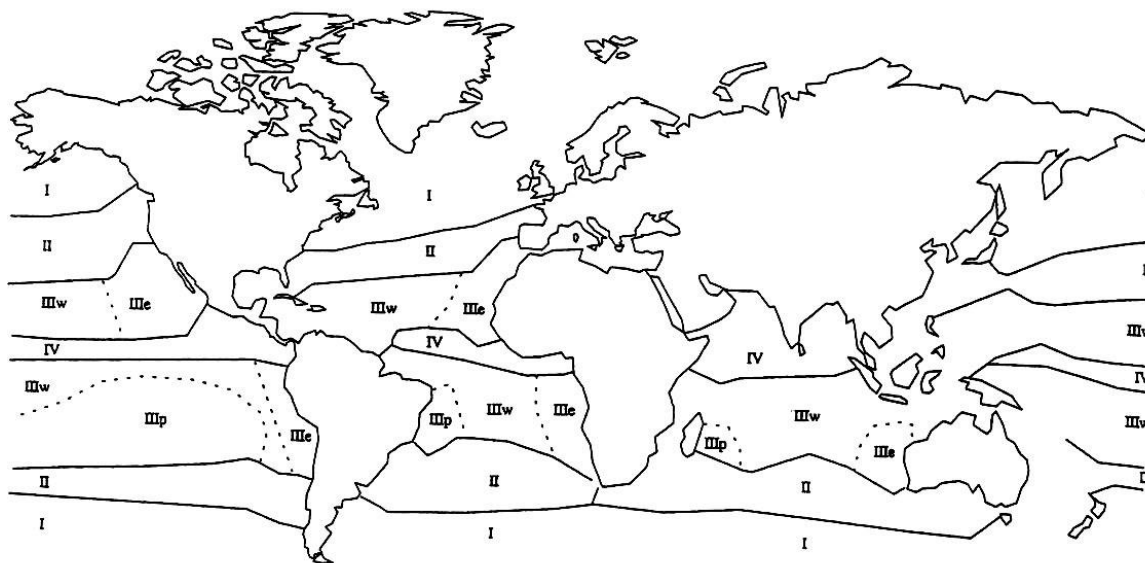


Figura 67. Marile regiuni zoogeografice oceanice. Domeniile oceanice: **I**-Curenți variabili ai subdiviziunii estice, **II**-Curenți slabi și variabili, **III** -Curenți determinați de alizee, **IIIe** -Curenți puternici ai subdiviziunii ecuatoriale, **IIIw** -Curenți ai subdiviziunii vestice, **IIIp** - Curenți puternici ai subdiviziunii polare, **IV**- Curenți puternici ai subdiviziunilor vestice și ecuatoriale (după Hawksworth 1995, modificat).

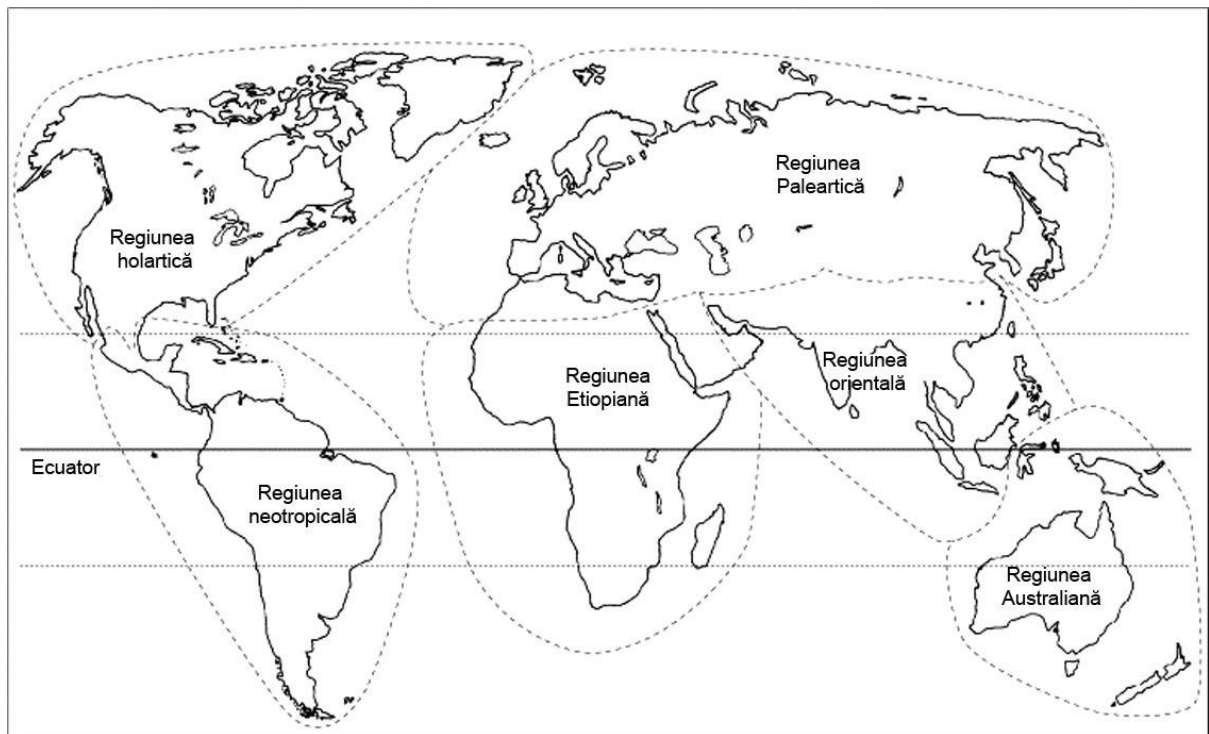


Figura 68. Regiunile zoogeografice pentru fauna acvatică 1- Regiunea holarctică, II- Regiunea sino-indiană, III- Regiunea etiopiană, IV- Regiunea malgașe, V- Regiunea neotropicală, VI- Regiunea australiană, VII- Regiunea neozeelandeză, VIII- Regiunea indo-vest-pacifică (după Bănărescu, 1970)

Biomii planetei

Biomii sunt ansambluri de ecosisteme naturale interconectate, care posedă caracteristici climatice și pedologice comune, care ocupă anumite arii geografice, în care toate viețuitoarele, de-a lungul istoriei pământului, s-au adaptat și acum ocupă aceleași nișe din toposferă. Ei conțin un anumit tip de covor vegetal și sunt populați de consumatori și degradatori specifici acestor plante. Biota biomilor este constituită din totalitatea organismelor care s-a format într-o perioadă mare de timp și care populează mai mult sau mai puțin permanent o anumită regiune geografică (Purves *et al.*, 1992).

Diferitele zone naturale de pe Pământ pot fi grupate cel mai ușor în categorii bazate pe viața vegetală și animală și după modul în care acestea sunt capabile să supraviețuiască în o anumită zonă de pe glob. Deși pare simplu, realizarea unor categorii de biomi bazate pe organisme vii poate fi foarte complicată. Dar, grupând cu mare atenție organismele cu adaptări similare în anumiți biomi, avem șansa de a înțelege mai bine viața de pe planeta noastră.

Un biom este un tip de mediu care este definit de tipurile de organisme care trăiesc în el. Ne putem gândi și la acestea ca zone de viață („bio” înseamnă viață). Împărțirea terenului în acest fel ne permite să vorbim despre zone care sunt similare, chiar dacă sunt întâlnite pe continente diferite. Dar, în funcție de specialitatea diferiților cercetători cu care discutați, modul în care împărțim lumea în diferiți biomi diferă foarte mult. Biomul poate cuprinde o varietate de subunități biogeografice, de supraecosisteme și ecosisteme foarte diferite, care au în comun anumite particularități fizico-chimice, climatice, pedologice și floristice.

Potrivit unor cercetători, toate tipurile de pădure aparțin unui singur grup – biomul pădurii. Alții însă cred că pădurile temperate (care au și un sezon rece) sau cele boreale, sunt foarte diferite de pădurile tropicale (cu copaci care cresc strâns alăturați, care, au frunziș permanent și care au nevoie de multe precipitații). Această diferență înseamnă că numai numărul de biomi ai pădurilor poate varia între 5 și 20 tipuri diferite de biomi forestieri.

Pentru a ne putea descurca în această imensă varietate de caractere, prin care putem clasifica diversii biomi, cea mai bună clasificare s-a dovedit cea elaborată de Whittaker (1962, 1970, 1975) și care este bazată pe distribuția tipurilor dominante de vegetație în corelație cu temperatura și precipitațiile (Figura

69). Whittaker și-a bazat abordarea pe afirmații teoretice și pe o eșantionare empirică. Pentru înțelegerea schemei lui Whittaker, trebuie știut că el s-a bazat pe câțiva termeni-cheie:

- Fizionomie: se referă la aspectul plantelor / sau caracteristicile mai evidente ale biomului, adică pe trăsăturile exterioare sau aspectul comunităților sau speciilor ecologice - inclusiv al plantelor dominante.
- Ecologie: o grupare de ecosisteme, care este similară ca structură a vegetației, fizionomie, caracteristici ale mediului și ale comunităților lor animale.
- Formare: un tip major de comunitate de plante.
- Biom-tip: grupare de biomi convergente sau formațiuni de diferite continente, definite prin fizionomie.
- Formațiune-tip: o grupare de formațiuni convergente.

Distincția lui Whittaker între biom și formațiune-tip poate fi simplificată: formarea este utilizată atunci când este aplicată numai comunităților de plante, în timp ce biomi sunt utilizați atunci când se referă atât la plante, cât și la animale. Convenția lui Whittaker de tip biom sau tip de formațiune este o metodă mai largă de clasificare a comunităților similare.

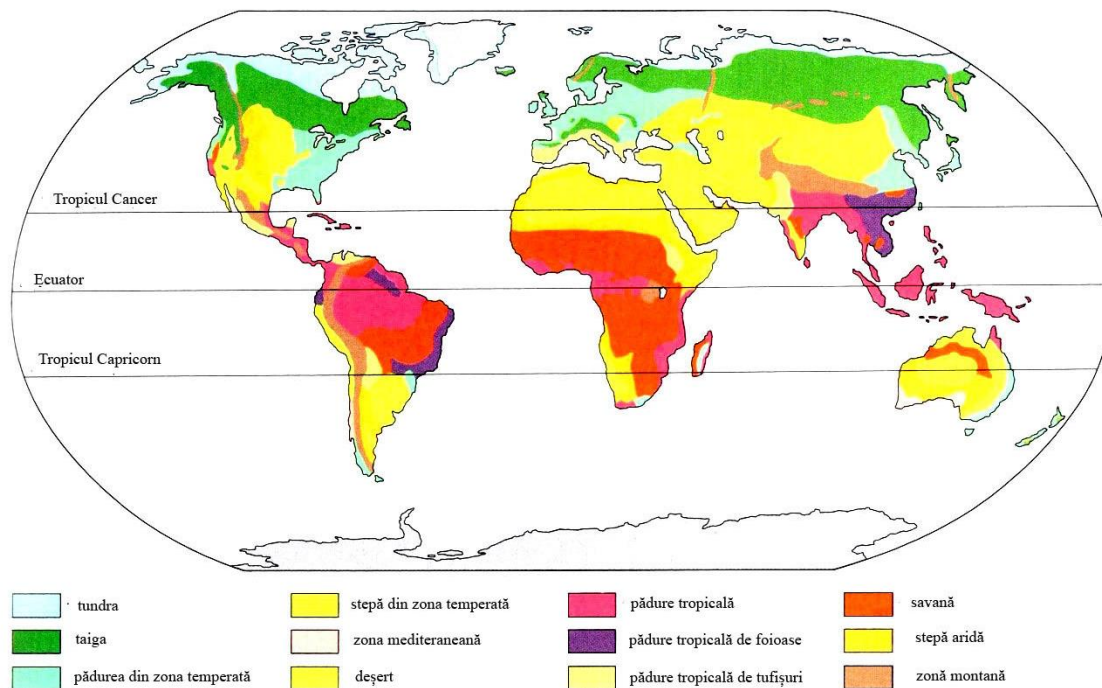


Figura 69. Răspândirea biomilor terestri pe Terra (Levine *et al.*, 1994)

Pentru clasificarea tipurilor de biomi, Whittaker a folosit ceea ce el a numit „analiza gradient” a modelelor de ecocline pentru a lega comunitățile cu clima la scară mondială.

Whittaker a considerat că pentru mediul terestru sunt suficiente patru ecocline principale:

1. Niveluri intertidale: gradientul de umiditate al zonelor care sunt expuse la apă alternativă și uscăciune cu intensități care variază în funcție de locație, de la marea înaltă la marea joasă;
2. Gradient de umiditate climatică;
3. Gradient de temperatură în funcție de altitudine;
4. Gradient de temperatură în funcție de latitudine;

De-a lungul acestor gradienti, Whittaker a remarcat mai multe tendințe care i-au permis să stabilească calitativ diferite tipuri de biomi:

- Gradientul merge de la favorabil la extrem, cu modificări corespunzătoare ale productivității;
- Schimbările în complexitatea fizionomică variază în funcție de cât de favorabil există un mediu (scăderea structurii comunității și reducerea diferențierii stratale pe măsură ce mediul devine mai puțin favorabil);
- Tendințele în diversitatea structurii urmează tendințele în diversitatea speciilor; diversitățile speciilor alfa și beta scad de la medii favorabile la cele extreme;

- Fiecare formă de creștere (adică ierburi, arbuști etc.) își are locul caracteristic de maximă importanță de-a lungul ecoclinelor;
- Aceleași forme de creștere pot fi dominante în medii similare din părți foarte diferite ale lumii.

Whittaker a însumat efectele gradientelor (3) și (4) pentru a obține un gradient general de temperatură și l-a combinat cu un alt gradient (2), gradientul de umiditate, pentru a exprima concluziile de mai sus în ceea ce este cunoscut sub numele de schema de clasificare Whittaker. Schema prezintă grafic precipitațiile medii anuale (axa x) față de temperatura medie anuală (axa y) pentru a clasifica tipurile de biom (Figura 70).

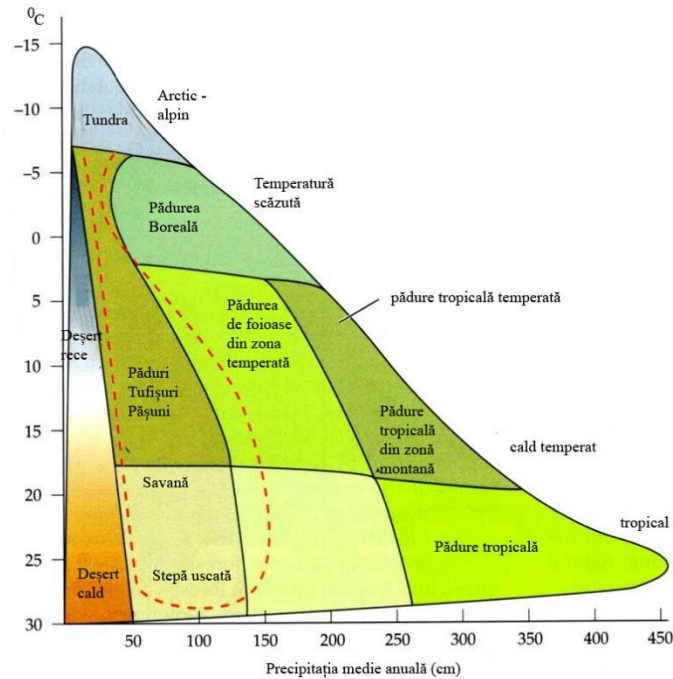


Figura 70. Biomiile planetei stabilite de Whittaker în funcție de tipul de vegetație, temperatura și precipitațiile medii (Purvis *et al.*, 1992)

Pădurea tropicală umedă/ploioasă (Figura 71). Pădurea tropicală este ca o junglă, foarte caldă tot anul. Clima în care acestea există este cea ecuatorială, cu temperaturi constant ridicate ($25\text{-}30^{\circ}\text{C}$) și cu precipitații abundente ($1500\text{-}2000\text{ mm/an}$) care au favorizat dezvoltarea unei vegetații forestiere luxuriante. Pădurile conțin o mare varietate de plante și animale (aproximativ jumătate din toate speciile cunoscute pe pământ). Pădurea ecuatorială are un caracter stratificat, rezultat al luptei pentru lumina (Figura 72). Dintre speciile arborescente menționăm palmierii (de cocos, bananierii, de ulei), arborele de cacao, ficuși, mahunul etc. Copacii au în mare parte lemnul de esență tare și își păstrează frunzele pe tot parcursul anului. Pe trunchiurile arborilor sunt fixate liane și plante epifite. În aceste păduri există o varietate extrem de mare de animale. Fauna este foarte variată și cuprinde specii adaptate condițiilor de viață arboricole (maimuțe, păsări), diverse reptile, precum și multe animale carnivore care vin din savană. Solurile sunt profunde, rezultat al unor procese pedogenetice intense. Căldura și umiditatea mare accelerează alterarea materiei organice și spălarea substanțelor solubile din sol; de aceea solurile sunt lateritice, sărace în humus și au o fertilitate relativ scăzută. Pădurile tropicale se găsesc lângă ecuator în America Centrală și de Sud (bazinul Amazonului), părți din Africa (bazinul Congo, golful Guineei), Australia (de nord și est) și Asia (Indonezia).



Figura 71. Pădurea tropicală umedă

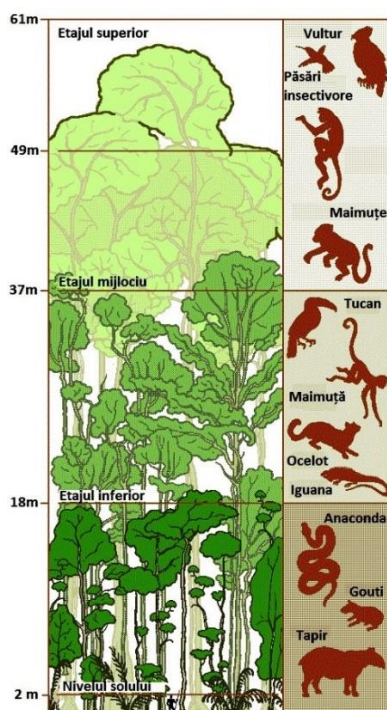


Figura 72. Stratificarea vegetației în pădurea tropicală umedă și animalele tipice pentru fiecare strat (https://view.livresq.com/view/608441c0d9ae8a0007e87d87/#zonele_calde_ale_planetei)

Pădurea temperată (Figura 73). Este tipul de pădure în care există o climă cu patru anotimpuri. Ea este caracterizată de precipitații bogate (500-1000 mm anual) și temperaturi moderate; în funcție de gradul de apropiere a bazinelor oceanice, climatul poate avea accente oceanice, de tranziție sau continentale, care se vor reflecta și în componentele biogeografice.

Vremea în acest biom este blândă și umedă (de aceea clima se numește temperată). Vegetația specifică este alcătuită din specii de arbori cu frunze căzătoare, dominate de fag și stejar dar pot exista și ulmi, frasinii, carpenii, arșarii și chiar conifere. Vegetația din pădurea temperată este și ea bine

stratificată (Figura 74). Fauna este bogată și variată. Dintre ierbivore sunt prezente căprioara, mistrețul, iar dintre carnivore lupul, vulpea, nevăstuica și ursul (unii hibernează iarna). În arbori trăiesc numeroase păsări. Solurile sunt brune de pădure, profunde, bogate în materie organică. Materia organică de la suprafața solului se descompune lent, determinând existența unei fertilități bune. Zona pădurilor de foioase este caracteristică mai ales emisferei nordice ocupând suprafețe întinse în Europa Vestică și Centrală, sudul Siberiei, estul Asiei (China, Coreea, Japonia). În emisfera sudică suprafețele ocupate de păduri temperate sunt reduse, ele fiind prezente în sudul statului Chile, sud-estul Africii, sud-estul Australiei și Noua Zeelandă.



Figura 73. Pădurea temperată

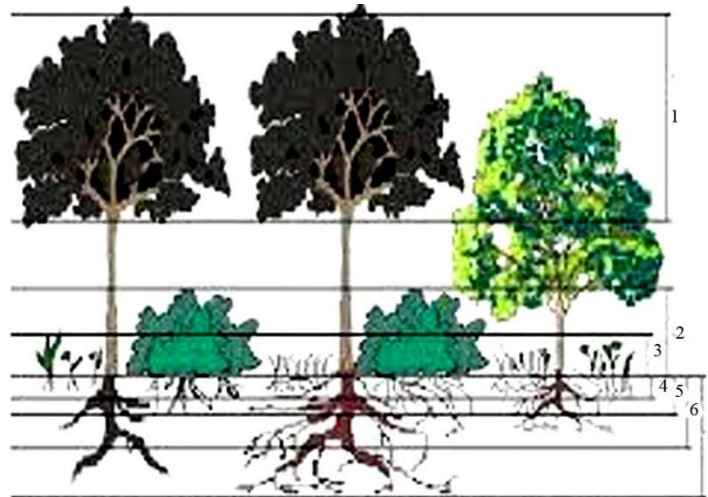


Figura 74. Stratificarea vegetației în pădurea temperată. **1** - stratul arborilor, **2** - stratul arbuștilor, **3** - stratul ierburilor, **4** - stratul de rizomi și bulbi, **5** - stratul rădăcinilor superficiale de arbori și arbuști, **6** - stratul rădăcinilor mijlocii de arbori, **7** - stratul rădăcinilor profunde de arbori

(https://www.researchgate.net/publication/310373910_Fitosociologie_si_vegetatia_Romaniei/figures?o=1)

Deșertul (Figura 75). Zona deșerturilor și semideșerturilor calde cuprinde suprafețele de uscat din regiunea tropicelor (între 18-25° latitudine sudică și nordică) și zonele reci din centrul Asiei și al Americii de Nord. Condițiile climatice sunt caracterizate de precipitații scăzute (sub 250 mm anual), temperaturi ridicate (cele reci au diferențe mari între sezoanele calde și reci), variații termice diurne foarte mari (peste 40°C), evaporație intensă. Deșerturile alcătuiesc cel mai fierbinte biot, dar unele pot avea iarnă și temperaturi foarte scăzute, adesea sub 0°C. Asemenea schimbări de temperatură fac din deșerturi un mediu extrem, în care multe animale trebuie să se îngroape sub pământ pentru a găsi - fie vara, fie iarna -, temperaturi mai stabile pentru a supraviețui. Plantele și animalele de aici trebuie să poată rezista perioade lungi fără apă. Vegetația este discontinuă și are adaptări specifice lipsei umidității (sunt plante xerofite). Fauna prezintă adaptări specifice condițiilor aspre. Sunt prezente reptilele (șerpi, șopârle), rozătoarele (iepuri, șoareci), dintre ierbivore cămila, dar și unele carnivore (chiar și lei). Solurile din aceste zone apar sub forma unui strat discontinuu. Ele au un profil scurt, sunt sărace în material organic și bogate în material scheletic (sfărâmături de roci, nisip). Din cauza evaporației intense sărurile se depun la suprafață formând o crustă lucioasă (patina deșertului). În emisfera nordică cele mai importante deșerturi sunt în Africa (Sahara), în Asia (deșertul Arabiei, deșertul Thar în India), în America

de Nord (Mexic). În emisfera sudică deșerturile ocupă suprafețe mai restrânse: în Australia (Marele Deșert de Nisip, Gibson), în Africa (Kalahari și Namib), în America de Sud (Atacama).



Deșertul Sahara



Deșertul fierbinte



Deșertul rece



Figura 75. Diferite feluri de deșerturi

Tundra este relativ netedă/plată și rece. În tundră pot trăi un număr limitat de plante și animale care sunt capabile să supraviețuiască condițiilor de aici (Figura 76). Climatul este aspru, cu predominarea anotimpului rece. Temperatura medie anuală este negativă și precipitațiile sunt scăzute (200-300 mm anual). Substratul este permanent înghețat până la adâncimi ce depășesc 200 m, dezghețându-se doar vara pe o grosime de câțiva centimetri (el poartă numele de permafrost). Vegetația constă din plante ierboase, mușchi, licheni și arbuști pitici (sălci, mesteceni).

Fauna cuprinde rozătoare și ierbivore (iepurele, lemingul - un fel de hârciog -, vulpea, renul, boul moscat). Multe păsări vizitează vara tundra pentru a cuibări, dar cele mai multe migrează iarna în zone mai calde. Șoarecii și alte mamifere mici rămân active în timpul iernii trăind sub zăpadă în tuneluri săpate de ele. Tundra înconjoară cei doi poli ai pământului și se interpune între zonele permanent înghețate de la cei doi poli și pădurile de conifere. Trecerea de la pădurile de conifere la tundra propriu zisă se face printr-o fâșie de tranziție în care apar pâlcuri izolate de arbori și arbuști pe fondul vegetației ierboase de silvotundră. Ea ocupă suprafețe întinse în Asia (nordul Siberiei), Europa de Nord, America (nordul Canadei și Alaska), extremitatea sudică a Americii de Sud și în Insulele Antarctice.



Figura 76. Tundra

Taigaua (Pădurea boreală) este cel mai mare biom terestru de pe glob (Figura 77). Zona pădurilor de conifere are o extindere mai mare în emisfera nordică sub forma unei fâșii continue din America de Nord, Asia și Europa de Nord. Clima din taiga este temperat-rece, cu ierni lungi (care durează 5-8 luni), iar precipitațiile sunt relativ reduse (400-500 mm anual). Vegetația este alcătuită din specii de conifere: bradul Douglas, pinul alb și molidul în America de Nord, molidul, bradul, pinul și larixul în Europa de Nord și Asia. Fauna cuprinde animale cu blană adaptate frigului iernii (tigrul siberian, jder, samur, hermelina), cerbul, ursul. Majoritatea mamiferelor hibernează iarna. Iarna păsările migrează sau părăsesc zona pentru că în taiga iernile sunt prea reci pentru ca acestea să poată rămâne și să se poată hrăni. Păsărilor și animalelor care nu migrează sau hibernează, cum sunt nevăstuicile, cocoșii sau iepurii, le cresc pene dense sau blana devine albă (pentru a se masca astfel în zăpadă).

Solurile au fertilitate redusă și au o culoare cenușie (sunt podzolice). Descompunerea materiei organice se face lent și are un caracter acid. Din cauza stagnării umidității sunt frecvente mlaștinile și turbăriile. Pădurile de conifere, se găsesc în Scandinavia, Rusia și Canada.



Figura 77. Taigaua

Stepa (Figura 78). Stepa are un climat temperat continental, cu veri calde și secetoase, iar iernile sunt reci și geroase. Precipitațiile scad odată cu depărtarea de ocean, de la 700-800 mm până la 400 mm în interiorul continentelor. Vegetația specifică este cea ierboasă formată din specii de graminee, cu rădăcini dense care favorizează dezvoltarea solului. Fauna este alcătuită din ierbivore (antilope, cai), rozătoare (șoarecele, popândăul), carnivore (vulpea, lupul), reptile, păsări etc.

Fâșia de tranziție dintre stepă și pădurile de foioase, în care vegetația ierboasă alternează cu cea arborescentă se numește **silvostepă**. Stepele sunt constituite aproape în întregime din ierburi scurte (până la înalte); în ele nu există copaci. Acest tip de terenuri primesc suficiente precipitații pentru a ajuta florile și ierburile să crească, dar ulterior pot ajunge suficient de uscate, încât incendiile devin frecvente. Stepele sunt populate de mamifere mari care călătoresc mereu și care formează turme uriașe. Zona stepei alcătuiește o fâșie care se întinde din Ungaria, peste Ucraina și Rusia până în Mongolia. În America de Nord formațiunea vegetală echivalentă se numește **prerie** și ocupă marile câmpii din Canada și SUA. În America de Sud apare în estul Argentinei și sudul Uruguayului și poartă denumirea de **pampas**. În emisfera sudică, apare insular în Africa de Sud și se numește **veld**.



Figura 78. Stepa

Savana (Figura 79). Zona savanelor și a pădurilor subecuatoriale corespunde zonei de tranziție climatică între Ecuator și Tropice. Savanele au două anotimpuri distincte - un sezon uscat când o mare parte din vegetație moare și un sezon ploios când crește rapid (deoarece ele primesc suficiente precipitații sezoniere). Combinația de foc (ce se aprinde spontan, ca urmare a unor descărcări electrice în atmosferă) și animalele de pășunat sunt importante pentru întreținerea savanelor.

Savanele sau pajiștile tropicale fierbinți și uscate - Vegetația este alcătuită preponderent din ierburi înalte (până la 2-3 m) printre care apar insular specii arbustive și arborescente (baobabul, acacia). Fauna este foarte variată și cuprinde ierbivore mari (antilopa, girafa, zebra, bivoul) și carnivore (leul, ghepardul). În lungul marilor râuri, populate de crocodili, pătrund pădurile ecuatoriale sub forma pădurilor-galerii. Animalele ierbivore care trăiesc în savane au picioare lungi pentru a scăpa de prădători prin alergare și de obicei formează turme mixte alcătuite din sute sau mii de indivizi. Solurile sunt bine dezvoltate, favorizate de prezența vegetației bogate, au culori galbene sau roșiatice (sunt așa numitele laterite). Evaporația intensă din sezonul secetos cauzează formarea unor cruste la suprafața solului. Această zonă cuprinde teritorii situate între 5° și 15° latitudine nordică și sudică din Africa Centrală (Kenya, Zambia, Tanzania), nord-estul Australiei și centrul Americii de Sud (Venezuela, Brazilia) și centrală și Asia (India, Indochina).



Figura 79. Savana

Apele dulci (Figura 80). Acest biotop acvatic se caracterizează prin concentrația scăzută de săruri dizolvate în apă. În acest biotop intră toate apele continentale stagnante și curgătoare (iazurile, pâraiele, lacurile, râurile permanente și cele temporare, fluviile). Deoarece sarea este importantă pentru funcționarea oricărui organism viu, plantele și animalele din aceste ape nu o găsesc și posedă multe adaptări care le ajută să economisească sarea. Există însă și bazine cu ape stagnante cu săruri în exces (sunt apele hipersaline), care au fauna lor specifică.



Figura 80. Apele dulci

Apele marine și oceanice (Figura 81). Acesta este cel mai mare biom din lume, deoarece include cele cinci oceane plus mările aferente care acoperă 70% din suprafața planetei. Apa lor are o concentrație mare de sare, astfel încât animalele și plantele care trăiesc aici au adaptări care le ajută să elimine excesul de sare.



Figura 81. Ape marine și oceanice

3.3.4 Omul – ultimul venit în biosferă și ciudățeniile lui

Ideea că, împreună cu alte forme de viață, oamenii din zilele noastre au evoluat dintr-un strămoș terestru străvechi, a fost propusă de Robert Chambers încă din anul 1844. Ea a fost preluată ulterior de Charles Darwin (în 1871) (Șerban, 1986).

Există destui autori care pun civilizația lui *Homo sapiens* pe seama unor misiuni civilizatoare extraterestre (Sitchin, 1999-2011). De aceea nu ne va mira să constatăm că mulți dintre acești autori pun chiar apariția omului pe Pământ pe seama acestor extratereștri. Ei se bazează pe inconsistențele teoriei evoluționiste formulate de Ch. Darwin cu mai bine de 150 ani în urmă și pe manuscrise sumeriene descifrate și interpretate în ultimii 50 ani (Sitchin, 1999-2011; Tellingier, 2013).

Concepția modernă a tuturor antropologilor este ipoteza antropocentrică. După ea, nu "omul se trage din maimuță", ci "omul și maimuțele antropoide au avut un strămoș comun de la care a început dezvoltarea umanității". Această concepție s-a cristalizat în urma imposibilității de a găsi "veriga de legătură" între actualele maimuțe antropoide și om, și a faptului că antropologia a împins prin cercetările moderne întreprinse pe tot globul, momentul înrudirii lor mult mai departe în timp decât se credea până de curând. Teoria evoluționistă a demonstrat - cu argumente care și astăzi au rămas inatacabile -, că omul are o origine animală specifică acestei planete și că se înrudește îndeaproape, mai ales din punct de vedere genetic, cu maimuțele antropoide care populează și acum Asia și Africa (Șerban, 1986, 1989) (Figura 82).

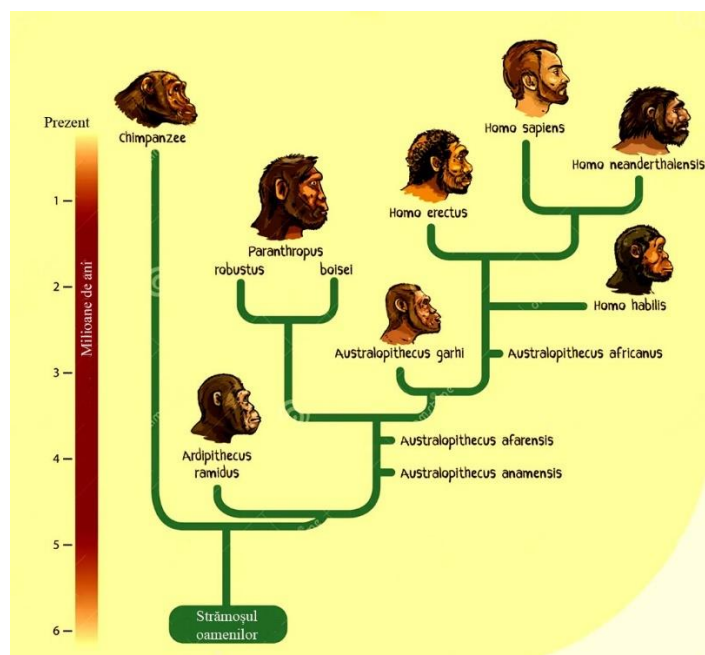


Figura 82. Evoluția hominidelor (<https://www.shutterstock.com/>)

Există multe speculații privind modalitatea de trecere de la stadiul simian la stadiul uman. Conform teoriei evoluționiste, procesul de umanizare a început când, datorită modificării unor factori climatici, pădurea tropicală care constituia habitatul strămoșului nostru a început să se restrângă. Urmează momentul ridicării în picioare. Acest factor este esențial devenirii umane, prin eliberarea organului muncii (mâna) și a dat naștere interdependenței dintre mână (ca organ al muncii) și creier (ca organ al gândirii), ceea ce a dus la dezvoltarea funcționalității amândouă. Creierul a crescut în decurs de 4 milioane de ani de la 400 cm³ la 1200 cm³. Primii hominizi aveau un creier de mărimea celui de cimpanzeu, dar de atunci și până astăzi a avut loc o creștere a mărimii creierului hominidelor de patru ori, dar, destul de ciudat, căci în ultimii 50.000 ani - care sunt esențiali pentru istoria speciei umane -, nu au mai avut loc decât progrese insignifiante. Omul este acum stăpânul unui organ hipertrofiat, cu o capacitate imensă, din care nu folosește de obicei decât a zecea parte, și care de multe ori îi este o adevărată povară.

Strămoșul nostru hominid stă deja permanent ridicat pe membrele dinapoi, deci are o poziție bipedă, de care suntem foarte mândri. Dar știința medicală demonstrează fără echivoc că poziția bipedă este pentru om foarte nepotrivită, deoarece (Șerban, 1989):

- determină o presiune crescută asupra organelor interne (de ex. respirația face ca noi să folosim numai 2/3 din capacitatea plămânilor noștri);
- duce la o slabă irigare a creierului;
- determină o suprasolicitare a membrelor inferioare și poate provoca varice, flebite, tromboze, calcanite ș.a.
- provoacă o tensiune generalizată la nivelul sistemului osos (care duce la cifoze, scolioze, lordoze, artrite, rupturi de menisc, dureri de șale ș.a.)
- Poziția bipedă modifică centura pelviană; ca urmare nașterea copiilor este mult îngreunată și este însoțită de dureri mari.

Este adevărat că poziția bipedă a eliberat mâinile, dar antropologii cred că aceasta a precedat poziția bipedă!

O altă caracteristică a omului primitiv este exacerbarea paroxistică a instinctului sexual. La toate animalele instinctul sexual este strict subordonat imperativului perpetuării speciei și cunoaște o periodicitate precisă. La om instinctul sexual are o evoluție care se pare că este inexplicabilă. Instinctul sexual este pentru om în primul rând, un prilej de a obține plăceri totale și el nu acționează decât rareori în concordanță cu necesitatea perpetuării speciei, dat fiind caracterul său continuu și exacerbant.

Nu trebuie uitat că știința a arătat că oamenii seamănă izbitor cu maimuțele antropoide, că embrionul uman, în cursul evoluției sale seamănă cu al celorlalte vertebrate (a nu se uita legea lui Bayer, după care „ontogenia repetă filogenia”).

Dacă se urmărește problema evoluției umane exclusiv prin mijloace terestre, un scenariu este acela că în Africa omul a apărut în o regiune bogată în zăcăminte de uraniu, ale căror emisii pot provoca modificări genetice.

Un alt scenariu care utilizează tot radiațiile ca factor mutagen, afirmă că acestea provin din spațiul cosmic. Studiile de paleomagnetism au evidențiat un fenomen foarte interesant, acela că de-a lungul timpului au existat mai multe inversiuni bruște și totale ale câmpului magnetic terestru (în ultimele 4,5 milioane de ani au avut loc 12 asemenea inversări, ultima petrecându-se acum 20.000 ani!). Ele provoacă dezagregarea centurilor de radiații circumterestre, fapt ce ar permite accesul unor valuri de radiații cosmice care pot determina modificarea codului genetic al viețuitoarelor (dar de ce numai la oameni?).

Hans Hörbiger, a emis ipoteza că Terra a avut patru sateliți naturali (Luna actuală este ultimul), care au influențat caracteristicile astronomice și geologice ale planetei, inclusiv au declanșat o serie de marea oceanice cu caracter catastrofal. Ele stau la baza seriei de șapte catastrofe care au dus la reducerea periodică și totodată drastică a formelor de viață de pe planeta noastră (a se vedea cap. 3.1). Hörbiger vine cu presupunerea că ființele umane au trăit și în perioada când pe pământ trăiau dinozaurii. În felul acesta oamenii au apărut acum 150 milioane de ani, deci au avut timp să progreseze mai de mult, până au ajuns la stadiul lor actual. Este o teorie, ca multe altele.

Oskar Kiss Maerth emite o ipoteză ciudată, dar bazată pe date științifice. Anume, că un aspect aparte în procesul de umanizare l-a avut canibalismul. El a pornit de la constatarea că la toate populațiile din paleolitic canibalismul se practica în mod curent, că acesta a căpătat în timp și valențe rituale. Maerth a atras atenția că cea mai mare parte a craniilor găsite în toate nivelele siturilor arheologice îndepărtate erau zdrobite (deși craniile sunt oasele cele mai tari ale oricărei specii de mamifere).

S-a constatat că serotonina, hormon secretat de glanda hipofiză, are un rol cert în reglarea globală a intensității vieții sexuale. Datorită canibalismului, acest proces a devenit instinctual. Serotonina a dus și la dispariția semnelor de fecunditate și a blâni. Omul primitiv a adoptat apoi poziția bipedă, cu toate inconvenientele ei.

În această perioadă a avut loc și creșterea capacității craniene, ca urmare a creșterii volumului creierului. În urmă cu cca 40.000 ani s-au manifestat primele semnale că cutia craniană umană nu mai poate suporta creșterea creierului și au apărut o serie de boli specifice omului, ca de exemplu epilepsia (căreia i se spunea în trecut „neburnie”). Trepanația craniilor pentru a extrage lichidul cefalo-rahidian a fost descoperită de omul primitiv și a devenit un mijloc practicat de multă vreme de ușurare a presiunii creierului asupra cutiei craniene. Ca urmare canibalismul s-a redus, apoi s-a oprit și oamenii au trecut la înhumarea sau arderea morților. În acest fel se explică de ce nici creierul uman nu a mai crescut decât extrem de puțin.

Maerth mai afirmă că abia acum omul a pierdut una din principalele însușiri pe care le prezintă materia cerebrală: posibilitatea de percepție și comunicare extrasenzorială. Cercetările recente au confirmat intuiția lui Maerth referitoare la caracterul aparte, energetic și informațional al câmpului propriu sistemelor vii, el punând în evidență comunicarea prin intermediul acestui câmp la toate nivelele de organizare a materiei vii, inclusiv la nivel celular. Se credea că puterile ascunse ale creierului nostru sunt ultimele sosite în câmpul de studiu al științelor moderne: fenomene cum ar fi telepatia, telekinezia, teleprezența, premoniția, hipnoza sunt fenomene materiale care însoțesc anumite aspecte ale activității cerebrale superioare. Este posibil ca ele să nu fie specifice numai omului (Șerban, 1986).

Telepatia este posibilitatea de a comunica la distanță prin intermediul biocâmpului. Râsul este o manifestare specific umană, care este asociată cu abstractizarea, umorul, satira și buna dispoziție.

Dezvoltarea limbajului a crescut gama posibilităților de comunicare, dar a redus la oameni foarte mult comunicarea extrasenzorială.

Maerth este primul care a explicat rolul sexualității în existența umanității, apariția pudorii, care reunește un evantai larg de manifestări umane, apariția familiei ca bază a societății umane.

Freud a evidențiat un conflict "clasic" între cele două nivele de activități psihologice: conștientul și subconștientul. Instinctul sexual este cel mai puternic refutat sector al subconștientului nostru. Problema sexualității umane se află în zona cea mai sensibilă a preocupărilor antropologilor. Este vorba de sentimentele de pudoare, de reținere, etc.

Lovejoy arată că specia umană a pierdut semnele de fecunditate, care sunt bine reprezentate la celelalte primare. În compensație, asta a dus la apariția familiei nucleare, care este una dintre primele cauze ale declanșării procesului de umanizare.

Alister Hardy afirmă că omul ar fi urmașul unei maimuțe adaptate la traiul acvatic, care în urmă cu aproximativ 5 milioane de ani a preferat traiul în apele călduțe ale mărilor și lacurilor tropicale. El se bazează pe considerentul că în acest mediu acvatic se asigură o protecție sporită împotriva predatorilor. În Pliocen și la începutul Pleistoceniului climatul s-a răcit și mediul acvatic a devenit favorabil pentru maimuța care va da naștere liniei hominiene. Așa explică el pierderea blănii, creșterea părului pe cap, modificarea poziției foselor nazale, încetinirea sensibilă a bătăilor inimii și a ritmului respirației în condiții de imersiune, stațiunea bipedă, nașterea mult mai ușoară în apă, mișcarea instinctivă de înot a copiilor nou născuți în apă etc.

Reamintim că din ipotezele antropocentrice prezentate mai sus rezultă că evoluționismul a fost o realitate, că omul este originar de pe această planetă. Pe baza cercetărilor efectuate de antropologi, oamenii moderni au evoluat dintr-o linie de maimuțe antropoide patrupede a căror evoluție a început acum mai bine de 6 milioane de ani.

Mai există dezbateri dacă oamenii moderni au evoluat pe tot globul simultan, din mai multe specii de hominizi, sau sunt descendenți ai unei singure populații mici (din Africa), care apoi a migrat în întreaga lume (Figura 83).

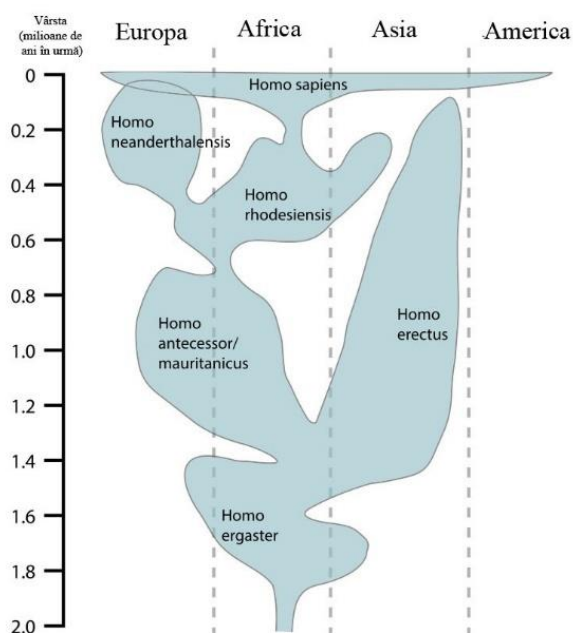


Figura 83. Reconstrucția istoriei omului la nivel planetar bazată pe datele fosile (https://ro.wikipedia.org/wiki/Evolu%C8%9Bia_uman%C4%83)

Antropologii R.Leakey și V.Tobias consideră că acum 2-2,5 milioane de ani *Australopithecus africanus* este strămoșul comun al celorlalți australopiteci și a genului *Homo*. *Homo habilis* apărut în urmă cu 2,5 milioane de ani este primul care a fabricat unelte din istoria speciei sale. În urmă cu 1,5 milioane de ani *Homo erectus* prezenta deja o îndemănare în confecționarea de unelte din pietre cioplite și folosea sulița ca instrument de vânătoare.

Urmașul lui *Homo erectus* a fost *Homo neanderthalensis*. El se apropie cel mai mult din punct de vedere anatomic de omul contemporan. Acesta era bine adaptat perioadei glaciare în care a apărut și și-a dezvoltat mecanismele sociale de înțajutorare și comunicare între indivizii umani. Din păcate la el nu s-a format aparatul fonator în faringe, deci la el nu s-a putut dezvolta sistemul de comunicare verbală (acesta a apărut la o rudă a sa *Homo sapiens sapiens*, adevăratul strămoș al oamenilor de astăzi). Din acest motiv acestei specii i s-a închis drumul evoluției și treptat, a dispărut.

Apariția limbajului a condus la evoluția omului modern *Homo sapiens sapiens*, cel la care s-au pierdut capacitățile de percepție extrasenzorială. Limbajul uman are un caracter mult mai convențional, dar omul primitiv nu a mai putut comunica pe cale extrasenzorială cu celelalte organisme vii, ca înainte. Acest limbaj nou a permis creierului uman să aibă două modalități de reprezentare: una concretă (bazată pe relații directe și imediate cu mediul ambiant) și una abstractă (realizată prin efectul acumulărilor de cunoștințe anterioare, obținute prin experiența proprie), care puteau fi transmise verbal celorlalți indivizi umani.

În urmă cu 45.000 ani omul s-a înscris pe linia evoluției culturale. Acest lucru are loc la începutul neoliticului. Acum omul începe să își construiască locuințe, să folosească plute și bărci, să pescuiască și apar primele manifestări de artă primitivă (picturile din peșteri sunt datate de acum 15-000-20.000 ani.

Revoluția neolitică a omului a început acum 12.000-10.000 ani, când omul a trecut la domesticirea animalelor și la cultivarea primelor plante utilizate în alimentația sa, deci s-au făcut primii pași în realizarea selecției artificiale a animalelor și plantelor (denumite ulterior "domestice"). Acest lucru este surprinzător, deoarece în acea perioadă nu au existat schimbări majore în climatul planetei care să justifice acest salt calitativ deosebit de important. Totuși, din acea perioadă și probabil ca urmare a domesticirii unor plante și animale, omul a "ieșit" din Africa și și-a extins apoi arealul speciei sale în toate direcțiile, cucerind treptat întreaga planetă.

Odată cu apariția plantelor cultivate și a animalelor domestice, omul a început să își construiască locuințe și a trecut la schimbul de produse între comunitățile umane. Cercetarea așezării umane de la Catal Hüyük din Anatolia Centrală (Turcia) a dovedit că aceasta era în urmă cu 9.000 ani un fel de "oraș", cu o organizare economică, administrativă și religioasă deosebit de evoluată. Acum se consideră că la stadiul de evoluție descoperit la Catal Hüyük omul a ieșit din preistorie, pentru a intra brusc în plină civilizație! După cum scrie M. Șerban (1985, 1989), "aici omul a pășit cu dreptul în istorie". De acum înainte oamenii s-au instalat în luncile primitoare ale Tigrului, Eufratului, Nilului și Gangelui. Aici au înflorit marile civilizații ale antichității: sumeriană, egipteană, indiană, extrem orientală, iar apoi cea persană, greacă și romană. Oarecum în aceeași perioadă, în America Centrală și de Sud au înflorit civilizațiile olmecă, mayașe, toltecă, aztecă și incașe, a căror apariție și dezvoltare ne este incomplet cunoscută.

Certitudinea că omul este originar de pe această planetă constă din numeroase date venite din toate domeniile biologiei: o probează datele paleontologice (prin fosilele de hominide), citologice și histologice (specialiștii au precizat că celulele și țesuturile umane sunt identice cu cele cunoscute în lumea mamiferelor), morfo-fiziologice (anatomia omului și procesele fiziologice sunt de asemenea identice cu cele de la toate vertebratele), biochimice, embriologice (dezvoltarea embrionului uman este aproape identică – până la un anumit moment -cu cea a celorlalte maimuțe antropoide), etologice (comportamentul uman instinctiv și reflexele necondiționate sunt similare cu cele ale maimuțelor antropoide), au comportament social ca alte mamifere, au dușmani naturali, boli și paraziți din toate grupele de organisme, la fel ca toate mamiferele, se pot face grefe cu organe sau țesuturi de la alte animale la om, testele pentru medicamentele umane se fac în prealabil pe animale de laborator (dovadă că nu suntem diferiți prin nimic de acestea) și dovezile pot continua.

În urmă cu mai puțin de 100.000 de ani populațiile africane de *Australopithecus* au înlocuit speciile anterioare de hominizi. Dintre acestea, mai târziu, prin evoluție naturală, au apărut reprezentanții genului *Homo*, iar la final, specia *Homo sapiens* a fost cea care s-a impus, a eradicat (nu se știe cum) celelalte specii de maimuțe antropoide umanoide și și-a extins arealul natural la toată planeta (Figura 84).

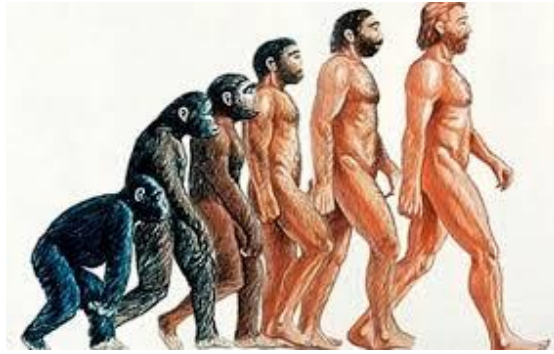


Figura 84. Evoluția omului de la maimuță la omul modern

(https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&sca_esv=583612193&q=Evolu%C8%9Bia+omului+de+la+maimu%C8%9B%C4%83+la+omul+modern&tbm)

Cert este că în urmă cu cca 40 000 -10 000 ani omul primitiv a făcut un salt inexplicabil de rapid de la stadiul de maimuță (care avea cât de cât dezvoltate rudimente de inteligență), la oamenii de astăzi, posesori ai unor civilizații bine structurate, relativ asemănătoare, care posedă o inteligență ridicată, foarte complexă. Oamenii actuali (specia *Homo sapiens*) au ceva diferit de toate celelalte animale, inclusiv de maimuțele antropoide: modul în care funcționează creierul, limbajul, capacitatea de a face obiecte, gândirea anticipativă, inventivitatea, precum și multe alte aspecte legate de activitatea creierului. Pentru toate acestea nu există o explicație rațională, plauzibilă, convingătoare care să poată fi legată de o evoluție naturală a speciei umane și care au apărut în o perioadă evolutivă deosebit de scurtă (de sub 50.000 de ani, sau chiar mai puțin). Deci de unde acest salt brusc, cu urmări extraordinare numai la om?

O altă ipoteză – care, deși este foarte contestată, se pare acum începe treptat să fie acceptată - este cea a intervenției unor extraterestri veniți pe planeta noastră, care au luat exemplare din hominizii cei mai avansați din punct de vedere cognitiv, etologic și social (de *Homo erectus*), pe care i-au manipulat genetic, le-au redus numărul de gene și apoi i-au ajutat să evolueze mai rapid (deci în un mod controlat de ei) spre a deveni oamenii de astăzi (Sitchin, 1985).

Michel Grangier (Șerban, 1986) susține că debutul speciei umane se datorează unei operațiuni de inginerie genetică efectuată de către extraterestri. El se bazează pe faptul că numărul de cromozomi de la maimuțele antropoide este de 48, iar la om de 46, iar după descifrarea genomului uman (de către J.Craig Venter și Francis Collins) în anul 2000 numărul de nucleotide la om este – în mod absolut surprinzător - extraordinar de simplificat comparativ cu toate celelalte specii de mamifere și maimuțele antropoide la care s-au efectuat asemenea cartografieri. De ce oare....? Și cine a făcut asta?

Un alt cercetător, Charles Font, apreciază că omenirea nu este decât un fel de lot de cobai al unor inteligențe superioare extraterestre (Șerban, 1986).

Progresele făcute în ultimele două secole în multe domenii științifice, și în primul rând în genetică, ne permit să evaluăm antropogeneza evoluționistă drept un sistem rațional pe o premiză adevărată: originea animală a speciei umane. Dar ea nu oferă explicații pe deplin satisfăcătoare în legătură cu anumite particularități ale evoluției speciei noastre, de la stadiul simian la cel uman. Interesant este faptul că oamenii moderni au avut din punct de vedere intelectual, cultural și tehnologic un „Mare salt înainte” brusc cu mai puțin de 50.000 de ani în urmă și dacă da, acest lucru s-a datorat unor modificări neurologice care nu sunt vizibile în fosile.

Mai există o dezbatere dacă oamenii moderni (specia *Homo sapiens*) au evoluat pe tot globul simultan, din mai multe specii de hominizi, sau sunt descendenți ai unei singure populații mici din Africa (este chiar o ipoteză că miliardele de oameni de astăzi se trag din numai circa 2000 de indivizi apăruiți în Africa, ai căror urmași au migrat destul de rapid – nu se știe cum - în întreaga lume). Interesant este și faptul că în zone geografice diferite, în funcție de particularitățile climatice, geografice și de resursele alimentare, diferitele populații umane s-au diferențiat (culoare, înălțime, păr, pilozitate, culoarea ochilor, alte caracteristici fiziologice și etologice, diferențe etologice etc), care însă nu au ajuns la nivel de subspecii, așa cum s-a întâmplat la populațiile altor specii de animale care ocupă areale largi pe globul

pământesc. Multă vreme li s-a spus rase umane, deoarece ele nu s-au delimitat niciodată clar în subspecii adevărate (și ca urmare chiar și acum încrucișarea între oameni din zone geografice diferite este perfect posibilă) (Figura 85).

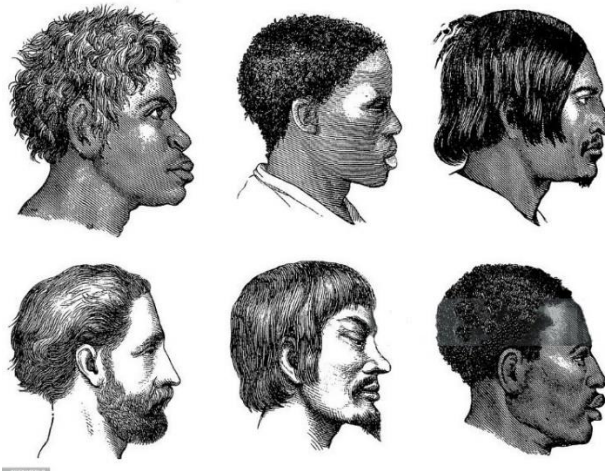


Figura 85. Diversitatea raselor umane (https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&sca_esv=597772508&q=human+races&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKEwjEyNyT0deDAxVJ9QIHHL3CpEQ0pQJegQIChAB&biw=1194&bih=534&dpr=1.13#imgsrc=xZmYwTrS1qKwKM)

În zona Orientului apropiat (mai precis în Sumer), în urmă cu mai puțin e 10.000 de ani, apare brusc o civilizație bine structurată, care posedă cunoștințe științifice și tehnice apărute brusc, parcă din nimic. Tot aici apar prima scriere și primele legi de conviețuire socială între acești hominizi. Informațiile acestea se bazează pe traducerea și interpretarea a numeroase manuscrise sumeriene vechi de peste 4000 ani descoperite de arheologi și care descriu venirea unor cosmonauti pe pământ, ce au făcut ei, cum i-au creat pe oameni și i-au învățat toate cele, cum au creat plantele de cultură și animalele domestice (adică le-au asigurat hrana) și cum i-au folosit ca muncitori. În acest fel se explică apariția bruscă în zona Orientului apropiat (mai precis în Sumer) în urmă cu peste 4000-5000 de ani î.Chr. a unei civilizații - de la început bine structurată - care posedă cunoștințe științifice și tehnice deosebite și inexplicabile la stadiul de atunci al evoluției omenirii, care aveau o religie bine structurată (credința în zei care știau totul și pe care trebuia să îi ascuți și să faci totul necondiționat după voința lor, zei care – atenție! - semănau cu oamenii, îi înțelegeau ce vorbeau și ascultau necondiționat de ei!).

Iată ce scrie Sitchin (1995) despre Sumer:

"Sumer nu era un ținut misterios, îndepărtat, ci numele vechi al Mesopotamiei, așa cum, în mod clar, afirmă cartea Genezei: orașele regale Babel, Acad și Erec erau în „Țara Shinear". (Shinear fiind numele biblic al Sumerului.)

Odată ce istoricii au acceptat această concluzie, porțile au fost deschise. Referințele din bibliotecile acadiene și asiriene la „texte mai vechi" au căpătat sens, și s-a descoperit că lungile coloane de cuvinte erau de fapt dicționare și vocabulare, realizate în Asiria și în Babilon, pentru studiul primei limbi scrise, sumeriana. Fără aceste dicționare de demult, nu am fi fost capabili să citim inscripțiile sumeriene. Cu ajutorul lor însă, a fost descoperită o întreagă comoară literară și culturală. A devenit clar că scrisul sumerian, la început pictografic, cioplit în piatră, în coloane verticale, a fost trecut ulterior pe orizontală, stilizat mai apoi pentru a putea fi scris pe tăblițele de lut și transformat astfel în scrisul cuneiform ce a fost adoptat de asirieni, acadieni și babilonieni, precum și de alte seminții din Orientul Apropiat (Figura 86). Descifrarea limbii sumeriene și a scrisului și constatarea faptului că Sumerul fusese izvorul civilizațiilor acadiano-babiloniană și asiriană a încurajat cercetările arheologice în sudul Mesopotamiei. Toate dovezile indicau faptul că începutul se afla aici.

	Vertical	Rotit	Babiloniana veche	Asiriană	Babiloniana nouă
Pește					
Stuf					
Vas de băut					
Casă					
Ploaie					
Cerc, Soare					
Rege (cu coroană)					
Bărbat					
Spic de grâu					
Cap de bărbat					
Stea					

Figura 86. Corelația limbii sumeriene cu cea cuneiformă (Sitchin, 1990)

În 1956, profesorul Samuel N. Kramer, unul dintre, cei mai mari specialiști în istoria Sumerului, a trecut în revistă moștenirea literară descoperită pe plăcuțele de lut de sub colinele mesopotamiene. Cartea sa "From the Tablets of Sumer" (De la tăblițele Sumerului), este ea însăși o capodoperă. În cele douăzeci și cinci de capitole, este prezentată câte una din „premierele” sumeriene, incluzând aici primele școli, primul parlament bicameral, primul istoric, prima farmacopee, primul „almanah”, prima cosmogonie și cosmologie, primul astrolab, primul „lov”, primele proverbe și zicători, primul „Noe”, prima bibliotecă și primul catalog al unei biblioteci, prima „vârșă de aur a umanității”, primul cod de legi, primele reforme sociale, primele tratate de medicină, primele culturi agricole organizate... Nu este aici nici o exagerare.

Tot aici, în Sumer s-a creat sistemul de măsură sexagezimal, s-au utilizat prima dată produsele petroliere (petrol, asphalt, bitum ș.a.) cu circa 3.500 ani î.Chr., a apărut medicina (deci acum 5.000 ani î.Chr.), s-a „descoperit” și s-a folosit îmbrăcămintea textilă (în jur de 3.800 î.Chr.), s-a dezvoltat și diversificat agricultura și arta culinară, au fost construite primele ambarcațiuni care circulau pe fluvii și canale (atenție!! la sumerieni 69 de termeni se referă la navigație și la construirea corăbiilor!!!). Tot aici se pare că a fost descoperită și roata.”

Zecharia Sitchin prezintă astfel „formarea omului” de către zei:

„Cum a fost creat omul”? Textul sumerian „Când zeii ca și oamenii” conține un pasaj care pare să aibă rostul de a explica de ce trebuiau amestecate „sângele zeilor” și „țărâna”. Elementul „divin” necesar nu consta pur și simplu din luarea de sânge de la unul dintre zei, ci ceva mult mai esențial și mai important. Zeul care fusese ales pentru acest lucru, ni se spune, avea TE.E.MA – un cuvânt pe care o serie de autorități în materie (W.G.Lambert și A.R.Millard de la Oxford) îl traduc prin „personalitate”. Dar termenul antic este mult mai clar; el înseamnă, literal, „ceea ce adăpostește ceea ce este legat de memorie”. Mai mult, același termen apare în versiunea acadiană ca „etemu”, cuvânt ce este tradus îndeobște prin „spirit” sau „duh”.

În ambele cazuri avem de-a face cu acel „ceva” din sângele zeului care definește individualitatea lui. Toate acestea, suntem siguri de asta, nu sunt decât feluri ocolite de a spune că zeul Ea căuta de fapt, atunci când a pus sângele zeului într-o serie de „băi purificatoare”, genele zeului.

Scopul amestecării complete a elementului divin cu elementul pământean este și el explicat în detaliu:

În țărână, zeul și omul vor fi amestecați,
Ca unul să fie.
Și până la sfârșitul zilelor
Carnea și sufletul
Care în zeu a fost copt.
Acel suflet, prin frăția de sânge să fie uniți.
La semnul său, viața să triumfe.
Ca asta să nu fie uitată în veci,
„Sufletul” pe veci prin frăția de sânge să fie legat.

Aceste cuvinte nu au fost înțelese deloc de savanți. Textul spune clar că sângele zeului a fost amestecat cu țărâna pentru a lega genetic „până la sfârșitul zilelor” pe zei și pe oameni astfel încât atât carnea („chipul”), cât și sufletul („asemănarea”) zeilor să se imprime în om într-o rudenie de sânge care să nu poată fi niciodată despărțite.

Epopeea lui Ghilgamesh spune că atunci când zeii au trebuit să facă o pereche pentru Ghilgamesh, care era parțial de origine divină, Zeița Mamă a amestecat „țărână” cu „esența” zeului Ninurta. Mai departe în text, puterea nemaipomenită a lui Enkidu este atribuită faptului că avea în el „esența lui Anu”, un element pe care îl obținuse tot prin intermediul lui Ninurta, nepotul lui Anu.

Termenul acadian „kişir” se referă la o „esență”, un „concentrat” pe care îl posedau zeii. E. Ebellling rezumă toate eforturile sale de a afla cu exactitate ce înseamnă acest kişir spunând că „Esență, sau o altă nuanță a acestui termen, ei putea fi aplicat foarte bine atât zeilor cât și rachetelor din cer.” E.A. Speiser adaugă ideea că acest termen implică și „ceva care a venit din cer”. „Are o conotație”, continuă el, „de parcă ar fi folosit acest termen într-un context medical”.

Iată-ne ajunși la cel mai simplu și mai corect echivalent al acestui cuvânt: gene.

Indiciile din textele antice, precum și cele din Biblie sugerează că procesul adoptat pentru unirea celor două seturi de gene – cele ale unui zeu și cele ale unui Homo erectus – implica uzul genelor masculine ca element divin și a celor feminine ca element terestru.”

Rezultatul este arătat pe o figură de pe o tăbliță sumeriană (Figura 87).



Figura. 87. Facerea omului modern de către zeița extraterestră Ninhursag (tăbliță sumeriană din lut)
(Sitchin, 1985)

În susținerea ipotezei sale, bazat pe textele sumeriene, Z.Sitchin a elaborat o cronologie a evenimentelor sosirii și activităților extraterestrilor pe Terra (Tabelul 19).

Tabelul 19. Activitatea extraterestrilor pe planeta Terra pe baza manuscriselor sumeriene și accadiene (Sitchin, 1990, simplificat)

x ani î.Chr	Evenimentul care a avut loc
445.000	Nefilimii (numele extraterestrilor), conduși de Enki, sosesc pe Pământ. Se întemeiază Eridu (Stația Pământ I) în sudul Mesopotamiei.
430.000	Marile calote glaciare încep să se topească. În Orientul Apropiat, climatul devine ospitalier.
415.000	Enki se mută în interiorul ținutului, întemeind Stația Larsa.
400.000	Perioada interglaciară se întinde peste tot. Nefilimul Enlil sosește pe Pământ și înființează centrul spațial de la Nippur. Enlil călătorește spre Africa și organizează acolo operațiunile miniere ale zeilor (extraterestrilor).
360.000	Nefilimii întemeiază Bad-Tibira, centrul lor metalurgic, pentru topirea și prelucrarea metalelor. Sunt construite Sipparul, spațioportul nefilimilor și alte orașe.
300.000	Revolta Anunankilor -alt nume pentru extrateresți (care cereau sa aibă sclavi / muncitori care să lucreze in mine in locul lor). Enki și Ninhursag (sora sa) "făuresc" omul (muncitorul primitiv) (Figura 87)
250.000	Omul manipulat de nefilimi se înmulțește și se împrăștie pe toată suprafața Pământului.
200.000	Viața pe Pământ regresează în timpul unei noi ere glaciare.
100.000	Clima se încălzește din nou. Fiii zeilor iau de neveste fiicele pământenilor și fac copii cu ele. Așa apar semizeii.
77.000	Lameh, un om născut dintr-un zeu și o pământeană (un metis), devine primul rege pământean în Șuruppak, sub protecția zeiței Ninhursag.
75.000	Începe o nouă eră glaciară.
49.000	Începe domnia lui Ziusudra, „slujitor credincios” al lui Enki.
35.000	Înrăutățirea climatului începe să decimeze omenirea. Omul din Neanderthal dispare din Europa).
13.000	Nefilimii, avertizați de marea uriașă pe care urma s-o atragă după sine apropierea planetei lor de Pământ, decid să lase omenirea să piară. Marea uriașă (<i>potopul</i>) mătură întreg Pământul, încheind concomitent era glaciară.
11.000	Nefilimii, conduși de Enki, aduc semințe și învață oamenii sa practice agricultura. Enki domesticește primele animale.
7.400	Începe perioada neolitică. Semizeii domnesc în Sumer și în Egipt.
cca. 6.500	Nefilimii manipulează a doua oară genomul uman; apare conștiința la oameni.
3.800	Apare civilizația urbană în Sumer.
3.760	Omenirii i se acordă monarhia. Calendarul începe tot în Sumer, în orașul Nippur.
2.900	Începe civilizația în valea Indusului.
2.371	la ființă imperiul akkadian.
2.123	Avraam se naște la Nippur.

De-a lungul ultimilor 50.000 de ani omul, acest produs al planetei noastre, în ciuda faptului că nu este aparent cel mai bine adaptat mediului, dar din cauza vieții sociale, a abilităților de comunicare (limbaj) și, mai ales, datorită inteligenței sale, a cucerit, a supus și a schimbat conform intereselor sale întreaga planetă, într-un mod care nu a fost făcut de niciunul dintre celelalte organisme vii de până la el. Într-o perioadă foarte scurtă – privită la scară planetară – a intrat și poate trăi - deoarece folosește surse externe de energie, resursele materiale și toate habitatele vii (terestre, aeriene, acvatic și subterane), chiar dacă se află în condiții climatice foarte diverse (de la climatul ecuatorial până la cel polar, sau de la habitate deșertice la alpine) – oriunde, iar acum încearcă să cucerească cosmosul. Ca o consecință a dezvoltării tehnicii, el a devenit una dintre cele mai tulburătoare ființe ale acestei planete.

3.4 Interacții între componentele biosferei

Din cele prezentate mai înainte s-a putut observa cât de variate și totodată complicate sunt capacitățile viețuitoarelor de a se diversifica și adapta la cele mai diferite condiții de trai.

În decursul celor 3,8 miliarde de ani totdeauna viața a avut două componente fundamentale, pentru care orice viețuitoare face absolut totul pentru a le realiza: 1. asigurarea schimburilor de informație, energie și materie cu mediul său ambiant viu și neviu; 2. producerea unor urmași capabili să asigure continuitatea existenței speciei respective.

Relații între indivizi ai aceleiași specii

În toate regnurile pe care le-a creat viața în cursul evoluției sale există numeroase exemple de asemenea relații.

În faza preindividuală, deci când existau numai mase organice care manifestă procese metabolice de creștere, mase vii care au apărut în oceanul primordial, nu există informații legate de relații între aceste mase organice vii cu caracteristici fizico-chimice și metabolice diferite.

De la apariția organismelor vii care țin de regnul Bacteria, au apărut mai întâi indivizi izolați care metabolizau și creșteau ca mărime până când atingeau o anumită dimensiune, apoi se divizau în doi indivizi mai mici, iar aceștia își continuau procesele metabolice și creșteau din nou. Acest proces continua atâta vreme cât exista hrana suficientă în mediul lor de viață și găseau energia necesară desfășurării proceselor de metabolism și reproducere, totul funcționând în baza programului informațional specific speciei respective.

La un moment dat, la unele specii, indivizii nu s-au mai despărțit după diviziune, ei rămânând uniți prin crearea unui înveliș protector comun. Ulterior, și la alte specii s-au unit mai mulți descendenți ai indivizilor inițiali. Astfel au apărut grupări de indivizi ai aceleiași specii, fie constituind un ghem amorf, fie au format filamente sau plăci (Figura 88). Dacă la început învelișul comun era foarte fragil și instabil, cu timpul, indivizii au găsit soluția de a sta împreună prin secretarea unui înveliș gelatinos comun, prin care schimburile de materie se puteau efectua mai ușor). În prezent la mulți reprezentanți ai regnului Bacteria crescuți în condiții de laborator, se pot întâlni indivizi singuri în formă de coci, bastonașe, spirili sau vibrioni, diplococi, filamente și îngrămădiri amorse sau ramificate mai mari sau mai mici (Figura 88).

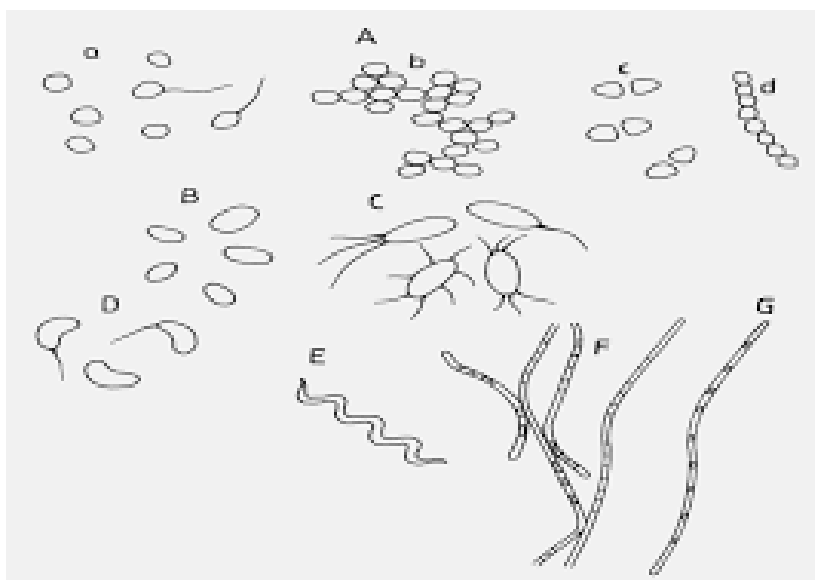


Figura 88. Tipuri de bacterii uni- și pluricelulare

La reprezentanții regnului Protista, odată cu apariția membranei, iar apoi a diferențierii unor structuri interioare în cadrul protoplasmei (structuri care îndeplineau funcții metabolice diferite, de producere sau stocare a energiei sau a unor enzime, de stocare a anumitor produși de metabolism etc.), complexitatea structurilor celulare a crescut. Concomitent și la aceste specii unicelulare, unii indivizi care la început erau singuri, după diviziune au rămas alipiți, așa cum s-a întâmplat la bacterii. Dar aici viața indivizilor alăturați a îmbrăcat o gamă foarte largă de asocieri, deoarece concomitent cu acest proces, a apărut simbioza și comensalismul. Deși protistele sunt caracterizate prin unicelularitate, gruparea indivizilor

Îmbracă modalități deosebit de mari: de la cele care formează filamente sau grupări amorfe, la cele organizate în plăci, cele care formează aborizații sau sfere etc. Ca urmare a simbiozei cu alte specii, a apărut posibilitatea de grupare a indivizilor pentru realizarea unor formațiuni morfologice foarte variate, deoarece astfel puteau realiza procesele de metabolism și diviziune în o gamă mult mai largă de posibilități (Figura 89). Așa a apărut și s-a diversificat gama de protiste cu un mod de trai colonial.

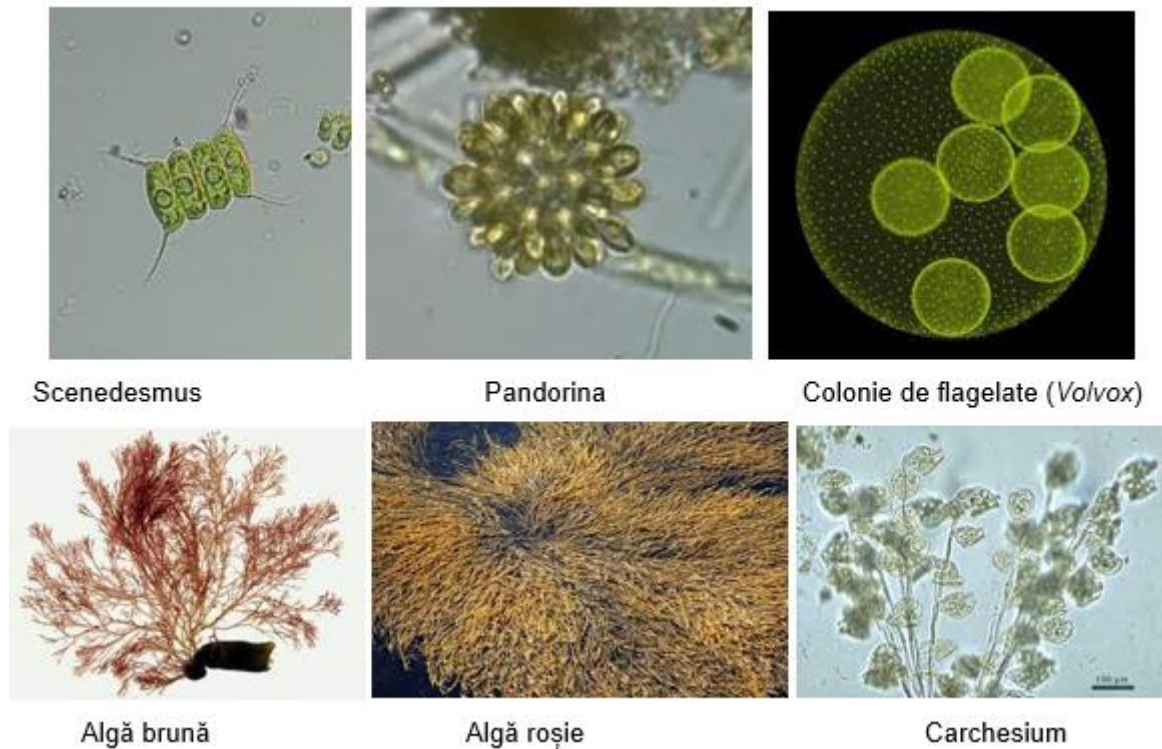


Figura 89. Diferite protiste pluricelulare

În cadrul regnului Fungi toate speciile sunt pluricelulare, dar posedă indivizi în cea mai mare parte asemănători, dar care nu mai pot trăi singuri. Deoarece toate ciupercile sunt organisme saprofage și/sau detritofage, ele pot coabita în scopul realizării descompunerii necromasei altor organisme vii care au murit, crescând una lângă alta, deci concurându-se sau asociându-se pentru îndeplinirea proceselor de metabolizare a necromasei pe care trăiesc.

La regnul Plantae diferitele specii coexistă, dar concurența se manifestă în special la preluarea energiei luminoase provenită de la soare și a nutrienților esențiali din sol. În acest scop plantele s-au diferențiat în specii lucifile și ombrofile, specii care emit anumite substanțe cu ajutorul cărora își facilitează capacitatea de procurare a sărurilor minerale din sol (necesare lor în procesul de fotosinteză, sau cu ajutorul cărora îndepărtează unele organisme fitofage) (de ex. afide, alte ciuperci parazite etc.) (Figura 90).



Ferigă



Coclea calului



Conifere



Dicotiledonate



Monocotiledonate

Figura 90. Plante

La regnul Animalia există o mare varietate de forme prin care se manifestă relațiile dintre diferite specii (de concurență, de asociere, de simbioză, de colonialism etc.). Deoarece gama relațiilor intraspecifice este foarte largă, prezentăm numai câteva exemple: migrațiile de păsări dintre Europa și Africa și retur, călătoriile lemingilor de la nord spre sud în cursul verilor polare, migrațiile sturionilor pentru reproducere în Dunăre și Volga și a larvelor de *Anguilla* din Marea Sargasselor în apele curgătoare ale Europei și înapoi, cârdurile monospecifice de sardine sau de macrou din mări și oceane, coloniile de celenterate fixate de substrat care formează zonele de corali sau Marea Barieră de corali din estul Australiei, coloniile de flamingi din America de Sud, coloniile de cuibărire ale păsărilor croitori din Africa, coloniile de termite, furnici sau câinii de prerie, norii de lăcuste migratoare sau cele de furnici migratoare, coloniile de pelicani sau de cormorani pentru cuibărit în Delta Dunării (Figura 91).



Colonie de pelicani



Colonie de termite

Figura 91. Viața în colonii de animale

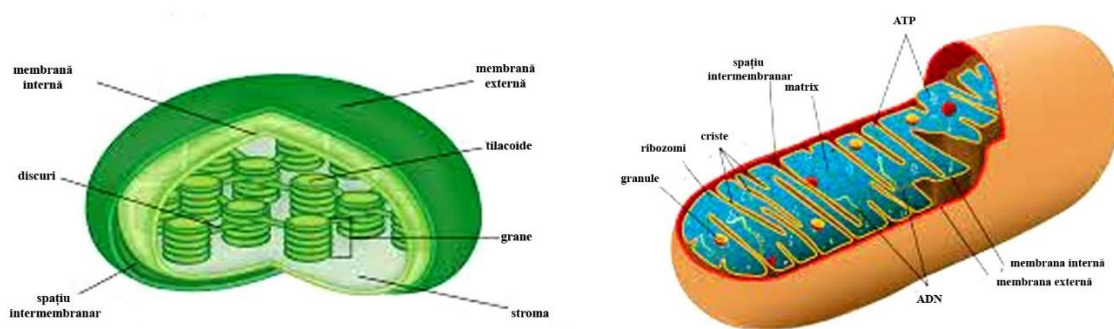
Relații între indivizi ai mai multor specii

În această categorie pot fi încadrate trei feluri de relații: cele de simbioză, cele de comensalism și cele de agregare.

Fenomenul de simbioză constă în conviețuirea permanentă dintre două specii diferite. Cea mai cunoscută este cea dintre unele specii de ciuperci și alge. Această asociație a creat un tip special de

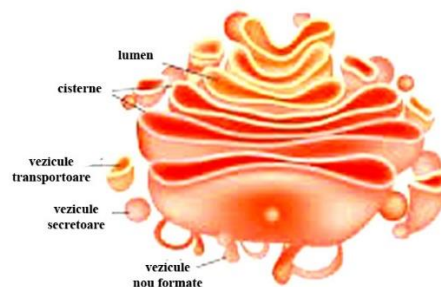
organisme, lichenii, care se întâlnesc pe tot globul, pe stânci, pietre, arbori sau pe acoperișurile bătrâne (Figura 40).

Cercetătoarea Lynn Margulis (1982, 1992, 2009) a descoperit că simbioza este procesul cel mai important care a accelerat dezvoltarea și diversificarea formelor de viață de pe pământ: o bacterie a conviețuit cu un bacil și au creat astfel o bacterie care se poate mișca cu ajutorul unui flagel, o bacterie cu pigmenți clorofilieni a fost inclusă în corpul unui protozoar și a devenit o formațiune a celulei acesteia (au devenit actualele cloroplaste prezente în toate plantele și algele în care pigmenții clorofilieni fotosintetizează producând substanțele organice pe baza luminii solare), mitocondriile (în care sunt secretate enzimele oxido-reducătoare care asigură realizarea proceselor intraclulare de respirație, în urma căreia se eliberează energie necesară pentru buna funcționare a proceselor din celule), aparatul Golgi (care procesează macromoleculele de proteine și lipide și unde sunt stocate polizaharidele) etc, (Figura 92). O altă simbioză este asocierea unor bacterii care descompun celuloza la hidrați de carbon în gușa termitelor, sau a bacteriilor din tubul digestiv al vertebratelor pentru a descompune/digera mai eficient substanțele organice ingerate. Și exemplele pot continua.



Structura unui cloroplast

Mitocondrie



Aparat Golgi

Figura 92. Exemple de formațiuni celulare create prin simbioză

Comensalismul este o formă de conviețuire permanentă sau temporară între două organisme (plante sau animale diferite) din care unul consumă o parte din hrana celuilalt, sau obține un beneficiu din partea acestuia. Exemplu este ciocârliia (*Alauda arvensis*), potârnichea (*Perdix perdix*) sau găinușa polară (*Lagopus lagopus*) care consumă fecalele unor rumegătoare, plantele epifite (iedera, lichenii, mușchii ș.a.) (Figura 93) care primesc adăpost și apă de pe plantele pe care cresc. Se cunosc păsări care stau pe spatele altor rumegătoare și se hrănesc cu insectele care trăiesc pe acestea, peștii *Remora* care se deplasează stând lipite cu ventuza dorsală de rechini sau balene și care se hrănesc cu resturile prăzilor acestora etc.(Figura 94)



Orhidee



Tillandsia

Figura 93. Plante epifite



Păsări comensale pe bivoli



Pești *Remora* pe rechini

Figura 94. Animale comensale

Fenomenul de agregare constă în reunirea unor din indivizi din specii diferite pentru a efectua anumite activități comune. În acest fel s-au format pădurile ecuatoriale din foarte multe specii diferite, cirezile mixte de antilope, bivoli și zebre din pășunile africane, recifii de corali alcătuiți din diferite specii de celenterate (Figura 95), etc.



Colonie de animale ierbivore în Parcul Național Serengeti



Recifi de corali

Figura 95. Fenomenul de agregare in mediul terestru și în cel acvatic

Relații energetice și trofice

Lanțurile trofice apar ca urmare a relațiilor în care intră viețuitoare cu moduri diferite de hrănire, și care au ca scop eficientizarea cantităților de energie existente în hrana acestora. Ele se bazează pe raporturile complexe de interdependență dintre diversele organisme vegetale, animale și degradatoare existente într-un sistem ecologic. Fiecare organism dintr-un sistem trofic dat constituie sursă de hrană pentru alte organisme, care la rândul lor sunt sursă de hrană pentru altele.

În lumea vie se disting următoarele tipuri de lanțuri trofice în funcție de sursa de hrană primară:

- tipul plantă-ierbivor-carnivor: plantă-animal ierbivor fitofag-animal carnivor secundar-animal ierbivor terțiar-organism necrofag 1 - organism necrofag 2 etc.
- tipul parazitar: gazdă-parazit-hiperparazit.
- tipul detrital: material mort în descompunere (detritus) vegetal sau animal – organisme detritivore (spre exemplu resturi de viețuitoare moarte din diferite cauze se descompun bacterian în masa apelor) - filtratorii de detritus - animale prădătoare de gradul 1 - animale prădătoare de ordinele 2, 3 etc.

La final, de la toate verigile lanțurilor trofice rezultă resturi sau dejecții care sunt reluate de filtratori; și lanțurile trofice se reiau.

Aceste lanțuri trofice sunt șiruri mai lungi sau mai scurte de viețuitoare prin care circulă, cu viteze diferite, materia și energia acumulată în lumea vie pentru satisfacerea propriilor nevoi metabolice a fiecărui participant al lanțurilor trofice. De aceea se vorbește de lanțuri trofice principale și secundare, sau de piramide trofice sau energetice (în funcție de volumul sau cantitatea de biomasă existentă la fiecare nivel trofic) (Figura 96).

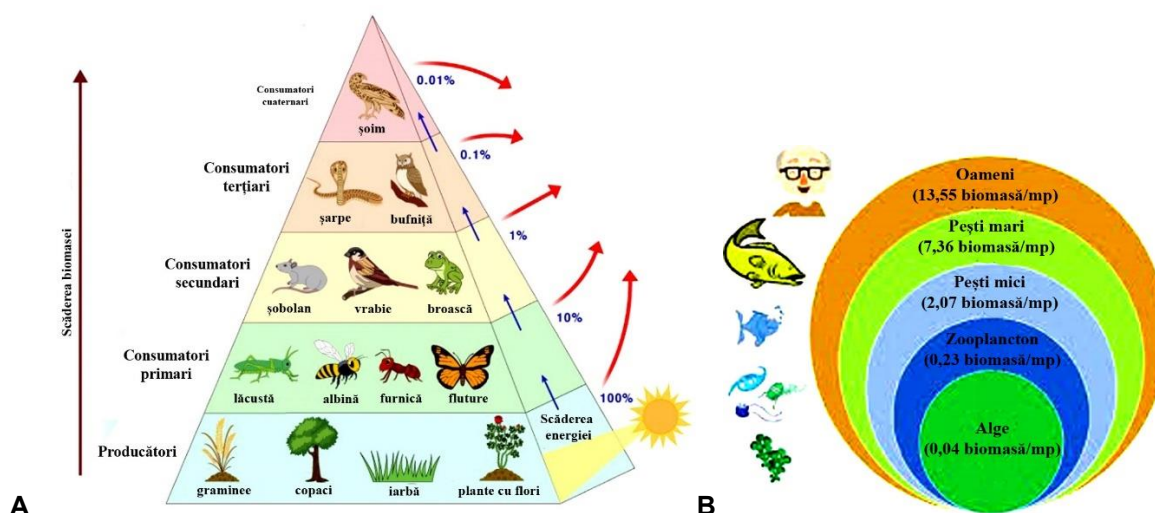
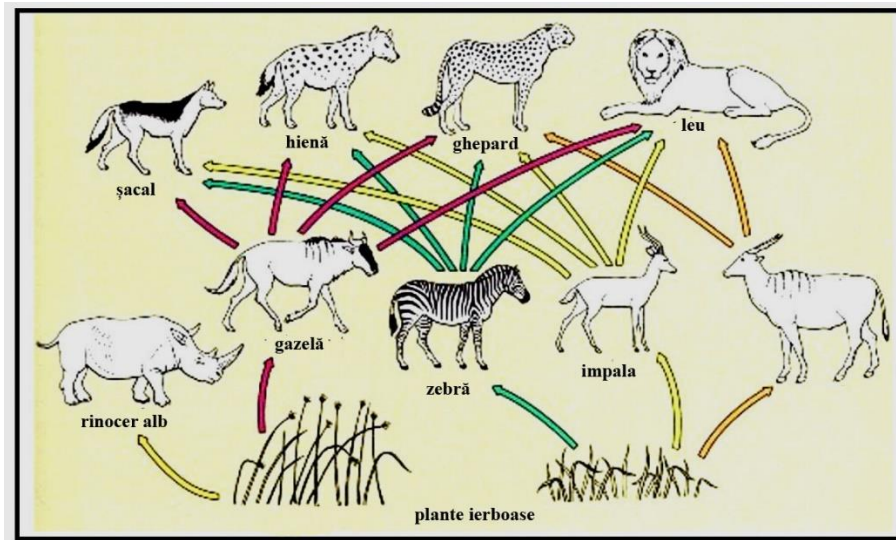


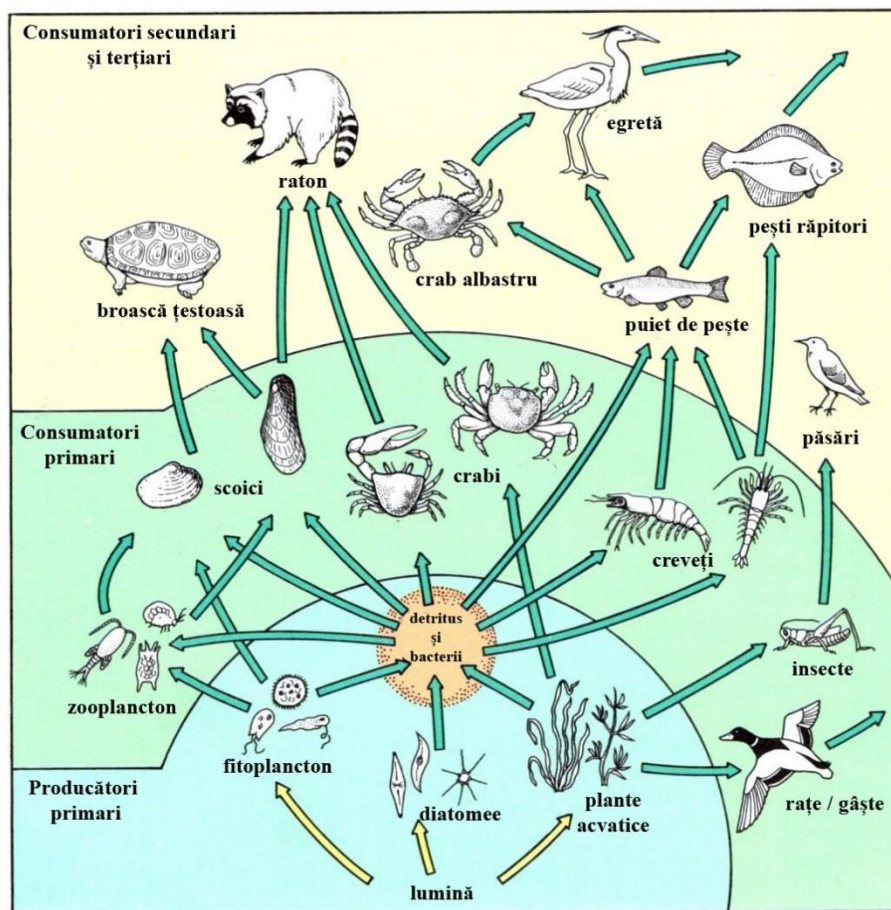
Figura 96. Schema unui lanț trofic terestru (A) și unul acvatic (B) (Levine *et al.*, 1994)

Un lanț trofic se referă numai la un singur tip de hrană și la modul în care aceasta circulă (sau la un lanț trofic virtual, constituit numai din organisme animale monofage).

Deoarece consumatorii (majoritatea animalelor sunt polifage) constituie lanțurile trofice, acestea se amestecă unele cu altele, formând așa numitele rețele trofice. În cadrul lanțurilor trofice unii prădători sunt foarte voraci și activi; ei devin un fel de noduri trofice, prin care circulă grosul materiei organice care constituie hrana rețelei trofice respective (Figura 97).



A



B

Figura 97. Schema unor rețele trofice A-terestre, B-acvatice (Levine *et al.*, 1994)

Lanțurile și rețelele trofice stau la baza constituirii ciclurilor biogeochimice (a se vedea exemple de asemenea cicluri la cap. Ecosfera)

Relații biocenotice

Acest tip de relații apar numai în cadrul asociațiilor de organisme care populează un anumit tip de ecosistem, în care se formează tipuri specifice de biocenoze.

O biocenoză este unitatea biologică superioară speciei în care trăiește un ansamblu de populații de viețuitoare care aparțin celor mai diferite forme de viață, care ocupă un anumit spațiu în care există condiții relativ omogene de trai (factori abiotici), la care populațiile existente s-au adaptat în timp și între care s-au creat relații stabile de coabitare și de exploatare eficientă a materialelor abiotice, prin care circulă, la nivelul organismelor existente, un flux de energie și materie care este preluat din natură și folosit cu maximă eficacitate (Figura 98). Biocenoză este un nivel de organizare a viului superior indivizilor, speciilor și populațiilor lor.

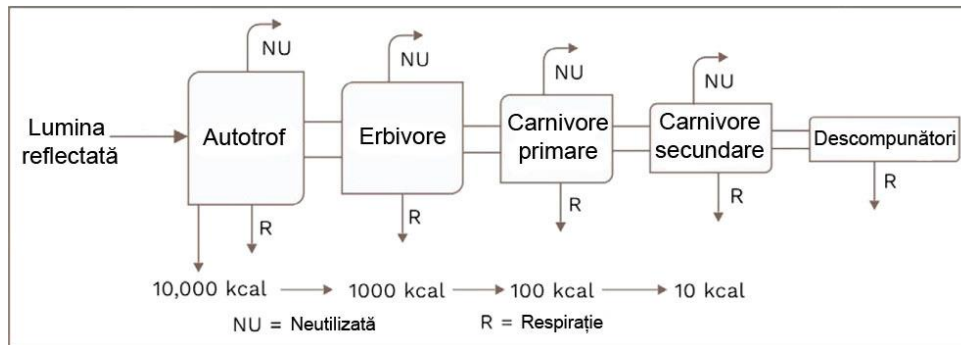


Figura 98. Fluxul de energie prin un lanț trofic (producători, consumatori, necrofagi, detritivori)

Biocenozele (componenta vie) împreună cu mediul lor de viață (biotopul) formează o unitate ecologică denumită ecosistem.

În conformitate cu teoria sistemică, ecosistemele reprezintă unitatea de bază a complexelor de viuvie prin care este organizată funcționarea ecosferei pe planeta noastră.

Un ecosistem este o pădure, o câmpie, o mlaștină, un lac, un râu, o mare etc. (Figura 99). Într-o asemenea unitate ecologică poate exista o singură biocenoză (dacă această unitate ocupă un spațiu mic), sau mai multe biocenoze (în funcție de mărimea și varietatea condițiilor de mediu existente în aceste ecosisteme). Astfel o mlaștină, un mal stâncos, o râpă, au o singură biocenoză, pe când un lac poate avea 2 sau 3 (zona litorală, masa apei, fundul lipsit de vegetație), o pădure poate avea mai multe biocenoze (marginea pădurii, pădurea propriu zisă - dacă este compusă din o singură specie de arbori -, sau mai multe (dacă sunt păduri în care există atât un amestec de specii vegetale diferite, cât și poieni, stâncării, etc).

Pentru a fi mai clare noțiunile, se disting biocenoze naturale și antropizate, urbane sau rurale, acvatice și/sau terestre, saturate și nesaturate, pioniere, stabile sau îmbătrânite. Ele sunt denumite după tipul de relief ori mediul de viață (recifi de corali, de platou marin/oceanic, de zonă abisală, lac, de zonă a unei ape curgătoare, de munți stâncoși, de sat, oraș sau tip de zonă antropizată etc.). În modul cel mai obișnuit, în mediul terestru denumirea se bazează pe tipul principal de vegetație, în ape pe tipul de interfață apă-substrat, în mediul subteran pe formațiunea geologică în care se instalează viața (peșteră, aven, lac sau râu subteran) etc.



Zona litorală din Marea Neagră



Pădure de fagi în munții Bucegi



Mlaștina Lăptici (Munții Bucegi)



Stepă în jud. Neamț



Codrul secular Slătioara



Stâncării în munții Bucegi

Figura 99. Tipuri de ecosisteme acvatice și terestre

3.5 Aprecieri finale asupra biosferei planetei Terra

Cercetarea științifică a lumii vii s-a desfășurat treptat în multiple direcții. Au fost studiate cele mai diferite organisme; s-a făcut clasificarea lor, descrierea lor morfologică și investigarea fiziologiei lor, s-au evidențiat modalitățile de reproducere, de transmitere a caracterelor la urmași și de adaptare, a fost elucidat sistemul de păstrare a caracterelor diferitelor specii de organisme (cercetările de genetică) și s-a recunoscut faptul că organismele vii se grupează în asociații care relaționează între ele și care interacționează permanent cu mediul abiotic pe care îl ocupă.

Natura sa vie și informația biologică aflată în continuă perfecționare sunt principalele trăsături ale manifestării biosferei. Aceasta o deosebește clar de celelalte învelișuri ale pământului. Această forță a planetei există sub forma unei varietăți uriașe de organisme cu propriile lor caracteristici individuale, care are diferite forme și dimensiuni. Printre organismele vii, există cele mai mici viețuitoare, dar și animale și plante pluricelulare de dimensiuni mari. Dimensiunile viului variază de la nano- și micrometri

(bacterii, ciliate) la zeci de metri (mai puține acum, cele mai multe fiind cunoscute numai sub formă de fosilele pe care le găsim în litosfera actuală).

Datorită mării sale variabilități, a diversității și activității sale neîntrerupte, biosfera se caracterizează prin o mare stabilitate și reziliență.

Compoziția chimică a materiei vii a planetei noastre se caracterizează prin predominanța câtorva elemente: hidrogenul, carbonul, oxigenul, azotul, fosforul, potasiul. Atomii lor creează molecule complexe în combinație cu apa și cu o serie de săruri minerale. Elementele chimice circulă permanent și cu viteze diferite în biosferă în modalități caracteristice lor, dar care circulă și din mediul extern în organism și ulterior revin înapoi în mediul extern. Procesele de mișcare ordonată a elementelor chimice care au loc cu participarea materiei vii se numesc cicluri biogeochimice.

Funcția principală a biosferei este de a asigura circulația elementelor chimice, care se exprimă în circulația compușilor lor existenți în litosferă, atmosferă, sol și hidrosferă. La nivelul biosferei are loc o migrare biogenă a atomilor: atomii preluați de plante din apă și sol trec la animalele ierbivore, apoi la prădătorii acestora și apoi la alți predatori de ordin superior (sau paraziți ai precedentilor) ș.a.m.d. Plantele și animalele moarte servesc drept hrană pentru o mare varietate de microorganisme, iar mineralele eliberate de acestea, sunt din nou preluate și consumate de plante. Doar un mic procent de atomi ies din acest ciclul biologic; acești atomi eliberați din procesul vieții, de obicei reajung în natura nevie.

Biochimii au definit următoarele funcții ale biosferei: (<https://www.scrigroup.com/geografie/ecologie-mediu/Care-sunt-componentele-biosferei.php>).

1. *Funcția de creare a materiilor organice care constituie biomasa organismelor vii* (preluarea din mediul neviu a unei game largi de compuși anorganici, din care își sintetizează substanțele organice proprii, necesare întreținerii vieții și asigurării continuității ei pe termen nelimitat);
2. *Funcția de chemosinteză* (bacteriile chemoautotrofe participă la oxidarea compușilor metalici care îmbogățesc mediul lor de viață, ceea ce le permite să trăiască în medii de viață extreme sau deosebite);
3. *Funcția de metabolizare a unor elemente chimice* (diferitele săruri ale unor elemente chimice sunt produse ca urmare a metabolismului și apoi eliminate în mediul înconjurător de către organisme);
4. *Funcția de descompunere a materiei organice moarte/necromasei* (organismele vii intervin direct și indirect în prelucrarea materiei organice moarte, în mineralizare, apoi în humificarea lor, deci în reintroducerea componentelor astfel descompuse în circuitele generale ale materiei și energiei);
5. *Funcția de generare de oxigen și/sau hidrogen*. Oxigenul atomic - cel liber - rezultă ca produs secundar al fotosintezei prin descompunerea moleculelor de apă. În mediul terestru, cea mai mare cantitate de oxigen o produc plantele superioare, iar în mediul acvatic, ea este realizată de alge. Există și organisme vii (cianobacterii, alge verzi, unele plante superioare, dar și termitele) care eliberează hidrogen liber din apă;
6. *Funcția de geneză a metanului* (în habitate anaerobe - deci lipsite de oxigen - în condiții normale se produce metan, care contribuie la menținerea cantității de carbon din atmosferă).

La aceste funcții "biochimice" noi am mai adăuga următoarele funcții "ecologice" (Godeanu *et al.*, 2021, Godeanu, 1998):

1. Utilizarea informației biologice în dirijarea tuturor proceselor din lumea vie și a interacțiunilor viu-neviu;
2. Găsirea mai multor (și cel mai des a celor mai optime) mecanisme de a obține necesarul de energie pentru funcționarea viului la nivel planetar;
3. Specializarea diferitelor tipuri de organisme pentru a realiza anumite procese biotice majore (sensibilitate, imunitate, simbioză, hrănire etc.);
4. Crearea unui sistem cibernetic de control și supercontrol bazat pe autoorganizare și autoperfecționare cibernetică;
5. Crearea unor noi sisteme biologice și ecologice, care au ca scop creșterea eficienței mecanismelor de supraviețuire.

În ultimii trei sute de ani au fost determinate teritoriile terestre și acvatice relativ omogene, de diferite mărimi și s-a inventariat compoziția florei și faunei lor. S-a adunat un uriaș volum de date științifice care

părea să conducă rapid la o bună cunoaștere a lumii vii. Dorința biologilor de a face ordine în multitudinea de cunoștințe legate de materia vie, există din totdeauna, dar omenirea este încă departe de a o realiza cu adevărat.

De un secol și jumătate a apărut teoria evoluției organismelor vii (Darwin, 1859).

De aproape un secol și jumătate a apărut ecologia, ca știință a interacției viu-neviu (Haeckel, 1886).

Diversitatea lumii vii a fost și este deosebit de mare. De la apariția vieții pe pământ și până acum organismele vii au evoluat permanent, adaptându-se foarte rapid la schimbările survenite ca urmare a acțiunii factorilor cosmici și ai celor care constituie toposfera. Organismele vii au făcut față cu succes schimbărilor permanente care au avut loc în mediul lor de trai și, chiar dacă au avut loc de mai multe ori adevărate catastrofe care au schimbat brusc și foarte amplu condițiile de mediu apărute, au făcut față acestor schimbări, chiar și a unor accidente planetare grave (ciocniri cu alte corpuri cosmice, ploii de meteoriți, acțiunea radiațiilor cosmice ucigătoare etc.). Componentele biosferei au evoluat permanent, perfecționându-și mecanismele de schimb de materie și informație cu mediul lor ambiant și optimizându-și neconținut modalitățile de obținere a energiei necesare desfășurării proceselor metabolice și de reproducere.

Ca urmare a acestei evoluții, viața pe planeta Terra este de o varietate extraordinară și se prezintă într-o diversitate atât de mare, încât ea este capabilă să facă față celor mai diferite intervenții prin care se încearcă distrugerea sa.

În momentul de față viețuitoarele formează acel înveliș al planetei noastre care nu numai că protejează viața, dar și componentele neviei ale planetei, contribuie la conservarea și prelungirea existenței acestei planete cu mult mai bine decât o fac componentele neviei pe alte planete.

De-a lungul ultimelor secole, timp în care cunoștințele științifice referitoare la lumea vie s-au dezvoltat, au fost stabilite noțiunile principale referitoare la unitățile pe care aceasta lume este structurată: organism, celulă, specie, populație, biocenoză, biom, biosferă (Brewer, 1994; Botnariuc, 1967; Doniță, 2021).

În ceea ce privește sistemele bazate pe comunitățile de viețuitoare, principala problemă se referă la relația dintre specie și biocenoză.

Specia a fost definită ca o unitate genetică, implicată în reproducere, ereditate, multiplicare, adaptare și evoluție (Zawadsky, 1961; MacArthur *et al.*, 1970; Ceapoiu, 1988; Mayr, 1982 1957; Ghiselin, 2002). Alții au precizat că ea este și unitate ecologică (Van Valen, 1976; Doniță și Godeanu, 2019; Doniță *et al.*, 2020). Cercetările de genetică ecologică au relevat rolul important pe care îl joacă populațiile în procesele genetice (Ford, 1964; Stern și Roche, 1974). Un studiu detaliat a fost dedicat proceselor adaptative legate de mediu (nișa ecologică), fără a observa că tocmai aceasta era calea de intrare la care s-a subliniat caracterul ecologic al speciei.

Pentru a clarifica legătura dintre specii și biocenoze, se poate porni de la mai multe afirmații (Doniță, Popa, Godeanu, 2020):

- speciile nu sunt doar sisteme genetice și unități taxonomice, ele sunt și unități ecologice, prevăzute cu adaptări care să le asigure supraviețuirea și evoluția în cele mai diverse condiții ale mediului neviu, până la nivel global (Van Valen, 1976; Doniță și Godeanu, 2019);
- speciile sunt diferențiate funcțional în trei mari categorii ecologice: producători, consumatori și descompunători de biomasă și de necromasă (Doniță și Godeanu, 2019);
- în consecință, în natură, speciile nu pot trăi separat, autonom, ci numai în asociații mixte (în biocenoze) integrate în mediul neviu specific lor (adică în ecosisteme);
- în cadrul biocenzelor, speciile sunt reprezentate prin populații (ansambluri de indivizi aparținând aceleiași specii) care devin părți structurale și funcționale ale biocenozei de care aparțin;
- aceste populații se pot găsi în mai multe biocenoze de același tip, acolo unde mediul de viață (populațiile altor specii) și cel neviu (biotopul particular) sunt în concordanță cu adaptările lor ecologice;
- în cadrul biocenzelor procesele de producție, consum și degradare a biomasei și necromasei sunt efectuate ca urmare a relațiilor dintre organismele care formează specia, deci ca populații, integrate în lanțuri și rețele trofice. Aceste procese asigură energia și materia necesare

dezvoltării ontologice, eliminarea necromasei și reciclarea elementelor vitale necesare funcționării biocenozei (Botnariuc, 2003);

- în cadrul biocenozelor, procesele genetice privind perpetuarea și evoluția speciilor (reproducție, multiplicarea, adaptarea, apariția de noi subspecii, apoi specii) au loc, la nivelul fiecărei populații (Godeanu și Donița, 2016; Donița *et al.*, 2017; Donița *et al.*, 2020).

- fiind integrate în biocenoze, speciile au un acces mai eficient la resursele lor vitale și sunt capabile totodată să asigure perpetuarea și evoluția lor, fără a-și pierde identitatea genetică și taxonomică (Donița *et al.*, 2019).

Biocenoza este în același timp componenta de bază, elementară a sistemelor biologice superioare (biopeisaje, biomi, biosferă). Modificările factorilor abiotici locali declanșate de biocenoze și de activitățile lor ecologice, pot fi mult amplificate la scara nivelurilor biologice superioare, ceea ce generează, un mediu care este mai favorabil existenței și perpetuării vieții.

La jumătatea secolului trecut, Bertalanffy a formulat teoria sistemelor (Bertalanffy, 1940, 1952, 1968). Un promotor al acestei teorii a fost în România N.Botnariuc (1967, 1976, 2003), De abia acum s-a înțeles care este paradigma existențială a vieții: *"toate formele prin care ea se manifestă sunt sisteme deschise, care pentru a exista, ca unități antientropice, au nevoie de un schimb continuu de informație, energie și materie, atât între ele, cât și cu mediul abiotic în care trăiesc. Toate formele de viață sunt integrate una în alta, de la cea mai mică, celula, la cea mai mare (biosfera), alcătuind o ierarhie a sistemelor vii"* (Godeanu *et al.*, 2022; Donița *et al.*, 2021).

S-a dovedit că lumea vie este structurată pe mai multe nivele de organizare, de integrare, având caracter de sistem deschis și posedând aceleași funcții existențiale, și anume de schimb de energie și de materie cu mediul înconjurător.

În câteva lucrări anterioare am prezentat punctul nostru de vedere privind nivelele de organizare a materiei vii (Donița *et al.*, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022; Godeanu, 2013; Godeanu *et al.*, 2010, 2016, 2020, 2021, 2022).

În tabelul 20 prezentăm principalele caracteristici ale **sistemelor biologice** și ale celor ecologice. (Donița și Godeanu, 2021)

Tabelul 20. Caracteristicile sistemelor biologice și ecologice (Botnariuc, 2003, modificat)

Caracteristici	Explicarea noțiunii
Integralitate	Toate sistemele au o unitate structurală și funcțională specifică lor
Heterogenitate	Sistemele au mai multe componente care pot avea funcții diferite
Autoreglare	Caracteristica organismelor vii este autoreglarea, care conduce la existența unui echilibru dinamic
Sunt sisteme deschise	Sistemele preiau din mediul înconjurător viu și neviu energie și materie, funcționează pe baza informației stocate în componentele lor și manifestă un caracter antientropic
Au grade diferite (dar specifice) de organizare	Fiecare nivel are propria structură și funcții
Sunt subordonate ierarhic	Fiecare sistem este subordonat structural și funcțional sistemului superior
Caracter istoric	Orice sistem s-a creat în timp și evoluează perfecționându-se neconținut
Au un sistem informațional	Sistemele sunt o chintesență de informații specifice acumulate de-a lungul timpului

Prin informația pe care o aduc, sistemele vii controlează și modifică mediul, ceea ce poate duce la schimbări puternice ale acestuia, astfel încât își creează un mediu de viață mai echilibrat, mai favorabil vieții la nivel local, regional și global.

Paradigmele de aplicare a teoriei sistemice în lumea vie sunt (Botnariuc, 2003):

1. Pe Terra lumea vie este organizată în sisteme, adică în unități formate din elemente vii aflate în interacțiune.

2. Sistemele vii au integralitate, adică o anumită structură și funcționează ca un întreg. Ele sunt heterogene, se autoreglează (ceea ce le asigură o stabilitate dinamică) și au capacitatea de automodelare și de autoreproducere.
3. Sistemele vii sunt sisteme deschise, antientropice, având un mediu din care să extragă energia și materia necesare întreținerii vieții, perpetuării și evoluției lor.
4. Sistemele vii se constituie pe mai multe nivele de organizare, având pentru aceasta diferite structuri și funcții la fiecare nivel.
5. Sistemele vii, aflate pe orice nivel de organizare, se integrează în sistemele imediat superioare lor, funcționând ca niște subsisteme; astfel ia naștere o ierarhie a sistemelor vii.
6. Prin integrarea în sistemele superioare, sistemele inferioare își păstrează structura și funcțiile vitale, dar se încadrează în structura și funcțiile sistemelor superioare.
7. În ierarhia sistemelor vii există trei categorii de sisteme: individuale, multiindividuale (biocenotice) și multicenotice.
8. Sistemele vii individuale sunt organismele care sunt dispuse pe patru nivele de complexitate: precelular, unicelular procariotic, unicelular eucariotic și pluricelular eucariotic.
9. Sistemele vii individuale au ca procese vitale metabolismul, dezvoltarea ontologică și perpetuarea.
10. Sistemele vii multiindividuale sunt specia și biocenoza, ambele aflate la un singur nivel de organizare (cel biocenotic) ale aceleiași specii, Ele sunt formate din populații de organisme (care pot fi considerate ca subsisteme).
11. Procesele ecologice comune sistemelor vii multiindividuale sunt cele de producere și de consum de biomasă, precum și procesele de consum și de descompunere de necromasă; prin ele se asigură energia și materia tuturor sistemelor vii.
12. Sistemele vii multicenotice există prin procesele ecologice care se desfășoară la nivelul lor și pot produce modificări locale ale mediului lor de viață.

Noi suntem alături de cei care consideră că toate procesele din natură -de orice fel, fizic, chimic, geologic, biologic etc. - sunt interconectate una de alta în mod indisolubil, mai mult sau mai puțin vizibil (este modul de gândire integraționist al ecologiei - care, prin natura sa, este o știință interdisciplinară).

Aceste interrelații complexe nu se desfășoară întâmplător, haotic, ci se supun unor legități și ordini foarte precise, create de informația biologică.

Din punct de vedere al teoriei sistemice, biosfera se compune din următoarele **nivele de organizare a materiei vii**: biocenoza, biolandșaftul, biomul și zona biogeografică (Doniță, 2022).

Biocenoza

De regulă, ierarhiile actuale menționează comunitatea (uneori se folosește termenul „biocenoză”). În opinia lui Botnariuc, biocenoza este un nivel de organizare a lumii vii plasat între nivelul mixt specie (prin populație) și cel de biom. Biocenoza are toate trăsăturile unui sistem biologic, dar are un caracter aparte, fiind formată din specii diferite din punct de vedere genetic.

Biocenozele sunt componenta vie a unor ansambluri de factori de mediu (care alcătuiesc un așa numit biotop), cu care creează o unitate funcțională stabilă și durabilă –ecosistemul, în care au loc procesele de evoluție a lumii vii.

Biolandșaftul

Biolandșafturile sunt componenta vie a unor porțiuni mai mici de teritoriu cu caracteristici climatice, geografice și pedologice relativ unitare, în care coexistă și se interconectează funcțional, și care fac parte din un grup de ecosisteme diferite din punct de vedere funcțional. Biopeisajul este învelișul viu care ocupă o suprafață de câteva mii-zeci de mii de km² – pe uscat sau în apă – constând într-un ansamblu de diferite tipuri de biocenoze care alternează în funcție de variațiile învelișurilor nevii. Schimbările locale distincte generează habitate diferite, în care apar diferite biocenoze. Exemple de biopeisaje din România (în raport cu condițiile sale specifice de mediu): Podișul Târnavelor, Țara Bârsei, Podișul Moldovei etc. Un biopeisaj nu conține o mare varietate de biocenoze, având în vedere că numărul de specii din cadrul fiecărui biopeisaj este destul de scăzut. În biopeisajele terestre, elementul viu de recunoaștere este fitocenoza, în timp ce în cele acvatice acest element este reprezentat de ansamblurile de fitocenoze fixe și de cele permanente, mobile, etajate în raport cu intensitatea luminii.

Bioregiunea

Bioregiunea este învelișul viu care ocupă o suprafață mare – mii-milioane km². Ea constă din suma componentelor vii ale tuturor biopeisajelor din care este alcătuită.

Bioregiunile sunt zone mari ale globului caracterizate prin grupări de biomi cu caractere diferite, dar care sunt privite de geografi mai ales din punct de vedere climatic și spațial – ape marine / oceanice, continente, sau porțiuni mari ale acestora cu condiții climatice asemănătoare etc. Bioregiunile apar ca urmare a schimbărilor caracteristicilor factorilor abiotici de mediu care au loc în climatele zonale, de la țărmurile oceanelor spre interiorul continentelor, întrucât în apropierea oceanelor umiditatea este mai mare se formează o climă mai temperată (în ceea ce privește temperaturile), în timp ce pe continent, cu cât ne depărtăm de ocean, umiditatea scade și extremele termice cresc, clima capătă cu totul alte trăsături. Schimbările climatice condiționează apariția florelor și faunelor formate din specii adaptate climei locale respective – deci în funcție de structurile biocenozelor regionale. Bioregiunile sunt integrate în biozone prin grupuri de regiuni aflate în același climat zonal. Între bioregiuni pot avea loc migrații ale unor populații de animale; acestea influențează temporar aspectul și funcțiile biocenozelor din cadrul ansamblului regional. Spre exemplu biozona continentală cu climă temperată care ocupă subcontinentul european cuprinde trei bioregiuni distincte: cea atlantică, cea central-europeană și cea de stepă.

Biomul

Biomii sunt ansambluri de ecosisteme caracteristici unei arii geografice în care toate viețuitoarele s-au adaptat și acum sunt considerate specifice unei anumite zone. Se disting biomi de zone climatice reci și calde, de altitudine sau de șes, de ape dulci sau marine, de zone aride și umede etc.

Biomul este învelișul viu care ocupă suprafețe de zeci-sute de milioane de km² pe uscat sau în apă, care se dezvoltă la suprafața Pământului. Pe continente ea este dispusă ca niște fâșii alungite. Biozonele apar în climate zonale care diferă din punct de vedere al regimurilor termice și hidrice, ca urmare a mișcării anuale a planetei care induce o variație sezonieră a radiației solare incidente. Faunele și floarele care apar în fiecare dintre aceste climate diferite includ specii foarte diverse (atât structural, cât și funcțional) și biocenoze specifice zonei respective.

În această imensă biodiversitate există o ordine, o organizare extraordinară, care asigură stabilitatea și durabilitatea vieții în forme care se adaptează necontenit la schimbările pe care le suferă factorii de mediu prezenți la suprafața pământului (radiații solare, atmosferă, climă, apă, roci, forme de relief, tipuri de sol) (Doniță *et al.*, 2020).

Biosfera este singurul înveliș al planetei care realizează un schimb permanent de materie, energie și informație cu mediul înconjurător viu și neviu și pe care îl influențează într-o gama foarte variată de modalități. Unicitatea planetei noastre constă în faptul că este singura din sistemul Solar pe care există viața.

4 ECOSFERA, PEDOSFERA ȘI ANTROPOSFERA

Toate învelișurile pământului prezentate până acum sunt interconectate una de alta în mod indisolubil, mai mult sau mai puțin vizibil (este modul de gândire integraționist al ecologiei - care, prin natura sa, este o știință interdisciplinară).

Aceste interrelații complexe nu se desfășoară întâmplător, haotic, ci se supun unor ordini și legități foarte precise.

În cercetarea naturii, o paradigmă fundamentală este aceea că lumea are trei componente de bază: materia, energia și informația.

Această triadă este prezentată mereu în această ordine.

Am încercat să analizăm relația informație-energie-materie în lumea vie și a legăturilor acesteia cu mediul său înconjurător, în vederea corelării lor într-un mod mai rațional, prin unirea teoriei sistemice cu teoria evoluției și cu paradigmele evoluției.

Se consideră că informația este o categorie nematerială care reflectă starea sau mișcarea formelor de energie sau materie din care este compusă lumea, deci și lumea vie. Și pe baza informației, aceste stări se păstrează sau se modifică, potrivit legilor după care funcționează acele stări.

Fizica pune pe primul loc energia, căci, conform teoriei "bing-bangului", la început a fost energia. Ea a dus, la un moment dat la formarea materiei (a primilor atomi), iar aceasta, la scară cosmică, revine înapoi la energie (prin găurile negre).

Dar, pentru ca energia să se organizeze, trebuie să preexiste informația. Ca efect al acesteia, energia s-a diversificat și a luat forme diferite. Una dintre acestea a constat în apariția materiei. La început ea era numai sub formă de electroni și protoni, apoi ca atomi liberi, care au căpătat treptat forme și complexități diferite. Atomii s-au combinat, au dat naștere la o mare varietate de substanțe, pornindu-se de la compuși simpli alcătuiți numai din doi atomi. A urmat apariția unor compuși chimici formați din atomi de același fel, apoi compuși chimici alcătuiți din mai multe tipuri de atomi. Iar ulterior, complexându-se, au evoluat creându-se noi și noi feluri de substanțe, care au culminat prin extraordinara complexitate a moleculelor care au la bază carbonul și care au creat macromoleculele organice.

Cum a apărut ideea de ecosferă

În secolul al XVIII-lea, pe măsură ce geologia sa consolidat ca știință modernă, James Hutton a susținut că procesele geologice și biologice sunt interconectate. Mai târziu, naturalistul și exploratorul Alexander von Humboldt a recunoscut coevoluția organismelor vii cu clima și fenomenele care au loc în scoarța terestră. Primul termen pentru ecosferă a fost cel de biosferă și a fost propus de geologul austriac Eduard Suess în 1875.

În secolul al XX-lea, biochimistul Vladimir Vernadsky a formulat o teorie a dezvoltării Pământului care este acum una dintre fundamentele ecologiei (Vernadsky, 1945). Vernadsky a folosit și el tot termenul de biosferă, în același sens ca și Suess, confuzie ce s-a perpetuat multe decenii și este și acum încă folosită de către unii geografi. Vernadsky a fost unul dintre primii oameni de știință care au recunoscut că oxigenul, azotul și dioxidul de carbon din atmosfera Pământului rezultă din procese biologice (Vernadsky, 1945). Încă din anii 1920 el a publicat lucrări în care susținea că organismele vii ar putea remodela planeta la fel de sigur ca orice forță fizică. El a fost un pionier al punerii pe baze științifice a tuturor științelor mediului. Declarațiile sale vizionare nu au fost acceptate la momentul respectiv, exact cum s-a întâmplat, câteva decenii mai târziu, cu ipoteza Gaia a lui Lovelock (Lovelock, 1972).

De la apariția termenului de biosferă la sfârșitul secolului al XIX-lea și până la crearea unei doctrine holistice (de către Vernadsky), definiția acestui concept a suferit modificări semnificative. S-a trecut de la categoria unui loc sau teritoriu în care trăiesc organismele vii la categoria unui sistem format din elemente sau componente care funcționează după anumite reguli pentru a atinge un scop specific. De modul în care se ia în considerare biosfera se apreciază care proprietăți îi sunt inerente.

La începutul secolului XX, Aldo Leopold, pionier în dezvoltarea eticii moderne a mediului și în mișcarea pentru conservarea naturii, în etica sa biocentrică sau holistică referitoare la pământ, a sugerat că Pământul este viu.

Ecosfera (cunoscută de geografi prin biosferă⁵), este suma globală a tuturor tipurilor de sisteme ecologice existente pe Terra. Ecosfera este practic un sistem relativ închis în ceea ce privește materia, cu intrări și ieșiri dependente de diverși factori cosmici. În ceea ce privește energia, ea este un sistem deschis, bazat pe fotosinteza realizată prin captarea energiei solare. Ea poate funcționa numai dacă are la bază un sistem informatic stabil și totodată versatil, care este cel dat de biosferă (Godeanu *et al.*, 2022).

Se presupune că biosfera a evoluat, începând cu un proces de biopoieză (viață creată în mod natural din materie nevie, cum ar fi compuși organici simpli) sau biogeneză (viață creată din materie vie), cu aproximativ 3,8 miliarde de ani în urmă. Este evident deci că termenul de biosferă este înțeles greșit, fapt ce s-a perpetuat până în zilele noastre.

Există multe subsisteme care alcătuiesc mediul natural ("ecosistemul planetar" sau „ecosfera”) al Pământului. Multe dintre subsisteme sunt caracterizate ca „sfere”, care coincid cu forma planetei. Cele patru "sfere" recunoscute de geografi sunt atmosfera, geosfera, hidrosfera și biosfera.

Atunci când Tansley a creat termenul de ecosistem (în 1935), în Rusia sovietică Sukatchev, Severtsov și Schmalhausen au lansat termenul de biogeocenoză. Levine are meritul de a arăta că biogeocenoza este mai complexă decât biosfera autorilor susmenționați și a emis părerea că "ecosfera este suma tuturor biogeocenozelor de pe planeta noastră”.

Geochimiștii sunt primii care au considerat că „biosfera „este suma tuturor organismelor vii (care echivala cu „biota” biologilor și ecologilor). S-a ivit apoi conceptul holistic și interdisciplinar de biosferă, care a fost tratat asociat cu cele de astronomie, geofizică, meteorologie, biogeografie biologie evolutivă, geologie, geochimie, ecologie, termodinamică, deci cu toate științele pământului și viului de pe planeta noastră.

Lovelock a propus termenul de simbiosferă pentru a sublinia interdependența dintre specii și tot ce conțin ele. Abia prin anii 1960-1970 a apărut termenul de ecosferă, care este un termen ecologic și care separă clar noțiunile de biosferă de cel de ecosferă.

Vladimir Vernadsky și școala sa s-au confruntat cu marile ambiguități existente în comunitatea științifică occidentală cu privire la conceptele de biosferă și ecosferă, care erau foarte adesea confundate sau interpretate în moduri opuse. El și școala sa au precizat că ecosfera apare ca un ansamblu de organisme vii (eucariote) și habitatele acestora, produse de aceleași organisme, în cadrul unei biosfere deja existente produse de microorganisme (procariote). Biosfera și ecosfera ar fi deci două „câmpuri termodinamice” interconectate pe care el însuși le-a numit: **1.** „Domeniul celor vii” (sau câmpul termodinamic al stabilității vitale, habitatul materiei vii), și anume biosfera și **2.** „Casa celor vii” (sau câmp termodinamic al existenței vitale, habitat al organismelor vii), care ar lua aici denumirea de ecosferă, termen care nu exista la vremea sa.

Distincția acestor două câmpuri termodinamice pe parcursul formării lor ar fi, după Lynn Margulis, produsul endosimbiozei. Ca urmare a conferințelor ținute la Sorbona, Teillard de Chardin a lansat conceptul de noosferă, prin care el înțelegea acțiunea fenomenului uman asupra biosferei. Dincolo de teosofia lui Teillard de Chardin, înțelegerea conceptelor de ecologie științifică modernă au fost popularizate și s-a dezvoltat concepția de mediu al planetei, mediu care găzduiește biosfera.

Din cele expuse se observă multitudinea de confuzii prin care a trecut (și trece și acum) ecologia în clarificarea termenilor și a conținutului noțiunilor de biosferă, ecosferă, noosferă și endosimbioză, confuzii care afectează și în zilele noastre domeniul de cercetare al ecosferei. Este el geografic, biologic, ecologic, geochimic? Sau este o combinație din toate acestea?

Potrivit Societății de Ecologie din America, *„Ecologia este studiul relațiilor dintre organismele vii, inclusiv oamenii și mediul lor inconjurator fizic și caută să înțeleagă legăturile dintre plantele și animalele din jurul lor. Ecologia de asemenea oferă informații despre beneficiile ecosistemelor și cum putem folosi resursele de pe pământ în moduri care păstrează mediul natural sănătos pentru generațiile viitoare”* (Schmitz, 2017). Noi suntem de acord cu cele mai multe aspecte ale acestei definiții.

Ecologia se ocupă de viața organismelor, dar numai de la o anumită complexitate în sus. Ea întotdeauna ia în considerare un număr mare de aspecte care alcătuiesc obiectul altor științe (Godeanu, 2013). Noi am precizat clar că ecologia se bazează pe componenta funcțională a ființelor vii și pe

⁵) După geografi, biosfera este "sistemul ecologic global care integrează toate ființele vii și relațiile lor, inclusiv interacțiunea lor cu elementele litosferei, criosferei, hidrosferei și atmosferei"(Huggett, 1999).

interrelațiile dintre materia vie și nevie. Noi considerăm că *"Ecologia este știința materiei vii în mișcare; ea este dinamică, evidențiază mecanismele complexe și procesele care se desfășoară neîncetat în natură, economie, societate și conștiința umană. În cadrul ecologiei, funcționarea tuturor proceselor este bazată pe interacțiunile dintre elementele vii și nevii."* (Godeanu, 1984, 2013, 2020).

Inițial, ecologia s-a ocupat doar de relațiile dintre indivizii aceleiași specii și influența diferiților agenți de mediu asupra acestor organisme (domeniu al ecologiei denumit autecologie).

Mai târziu, studiul relațiilor între diferite specii care trăiesc într-un anumit mediu a apărut un domeniu nou al ecologiei care s-a numit sinecologie.

După ceva timp ecologia a abordat ansamblurile vii de sine stătătoare. Așa a apărut biocenologia.

Ultima fază este sistemul de biocenoze care funcționează numai când acestea sunt integrate în mediul lor neviu. Așa a apărut studiul ecosistemelor.

În secolul XX, ecologia și geografia au evidențiat faptul că ecosistemele se pot asocia formând suprasisteme (care au fost denumite landsafturi, apoi alte sisteme ecologice mult mai complexe, numite biomi)(Vernadsky, 1986; Dediu, 2007).

Când au studiat diferite sisteme ecologice naturale, cercetătorii au observat că mai există în natură încă două tipuri de sisteme ecologice create de, și totodată dependente de oameni. Acestea sunt pe jumătate naturale și pe jumătate create de om; sunt așa-numitele sisteme ecologice antropice.

În prezent afirmația că omul condiționează (direct sau nu) tot ceea ce se întâmplă în atmosfera, hidrosfera și litosferă, este tot mai acceptată. Prin urmare, notiunea de noosfera (după noi antroposferă), desemnează stadiul în care are loc dezvoltarea tuturor proceselor naturale și artificiale care au loc pe Pământ și care sunt influențate de diverse activități umane (uneori pozitiv, dar, de obicei negativ). Di Castri, a ilustrat perfect această situație într-un articol publicat în 1981 (evoluția ecologiei de la o știință biologică la una interdisciplinară (Di Castri, 1981) (Figura 100).

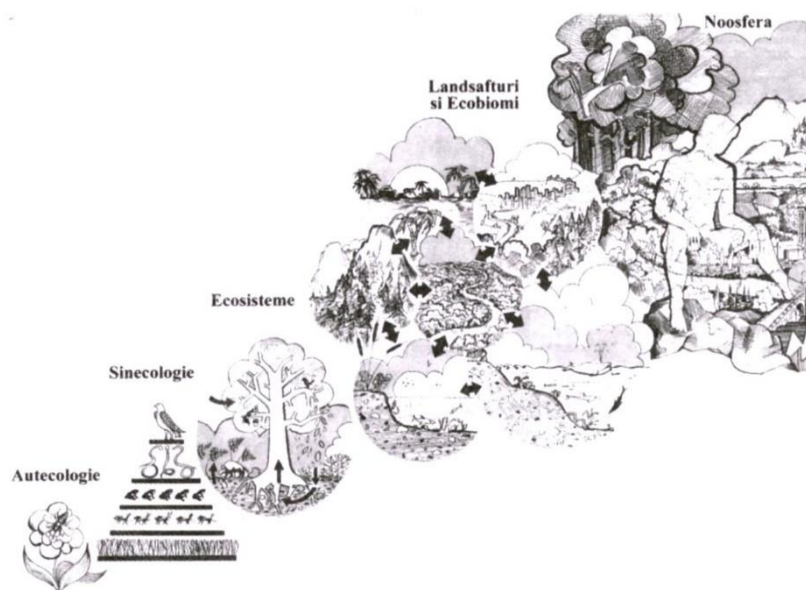


Figura 100. Evoluția ecologiei, de la apariția sa și până la sfârșitul secolului XX-lea (Di Castri, 1981)

În 2017, Oswald Schmitz a lansat conceptul de Nouă Ecologie (Schmitz, 2017). El descrie cum ecologia a evoluat pentru a oferi o mai bună înțelegere a felului în care oamenii modelează natura în moduri nemaivăzute până acum. Noua ecologie subliniază importanța sa în conservarea diversității speciilor. Ea oferă o varietate de opțiuni pentru a face ca ecosistemele să fie mai rezistente în fața schimbărilor mediului. Schmitz își imaginează că oamenii își asumă rolul de administratori care trebuie să aibă grijă pentru a se asigura că ecosistemele au capacitatea de a furniza și în viitor servicii de mediu care să asigure bunăstarea economică și însăși existența noastră viitoare. Noua Ecologie arată modul în care ecologia de astăzi poate oferi perspective de viitor.

Nicolae Botnariuc s-a ocupat de abordarea sistemică în biologie și ecologie în cea de a doua parte a secolului al XX-lea și în primii ani ai secolului XXI (Botnariuc, 1976, 1984, 2005). Deși el a considerat întotdeauna că ecologia este un domeniu al biologiei, el a subliniat faptul că există asemănări, dar și deosebiri cu privire la modul în care teoria sistemelor se aplică în cele două domenii – biologie și ecologie. Dacă luăm în considerare modul în care cele două științe abordează materia vie, constatăm că în biologie nivelurile sistemice încep cu individul, în timp ce în ecologie încep cu populația (Godeanu, 1984; Botnariuc, 2005). Biologia se concentrează exclusiv pe ființele vii, în timp ce în ecologie ființele vii sunt întotdeauna asociate cu mediul viu și cu componentele neviei ale mediului în care locuiesc și de care nu pot fi separate.

În ecologie, diferitele organisme trăiesc împreună și interacționează în cadrul unui anumit sistem de viață distinct. Sistemul ecologic poate funcționa numai atunci când interacționează neîntrerupt cu factorii neviei care pot crea activitatea sistemului ecologic astfel format (adică există o interacțiune permanentă viu-neviu) (Botnariuc, 1976, 1984, 2005).

Din punct de vedere ecologic **ecosfera** este un complex de învelișuri abiotice (cele care în această lucrare au fost grupate sub numele de toposferă), care se interconectează permanent cu învelișul viu, adică cu biosfera.

În literatura de specialitate geografică *ecosfera* este astfel definită: ” *O ecosferă este un sistem ecologic planetar închis. În acest ecosistem global, diferitele forme de energie și materie care constituie o planetă dată interacționează în mod continuu. Forțele celor patru interacțiuni fundamentale fac ca diferitele forme de materie să se așeze în straturi identificabile. Aceste straturi sunt denumite sfere componente; tipul și întinderea fiecărei sfere componente variază semnificativ de la o anumită ecosferă la alta. Sferele componente care reprezintă o parte semnificativă a unei ecosfere sunt denumite sfere componente primare. Ecosfera pământului constă din patru sfere componente principale care sunt Geosfera, Hidrosfera, Biosfera și Atmosfera.*” ([https://en.wikipedia.org/wiki/Ecosphere_\(planetary\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Ecosphere_(planetary))). Nouă această definiție nouă ni se pare neclară, iar componentele sale sunt prea confuz prezentate.

De pe pozițiile ecologice noi considerăm că *ecosfera* este ”*sistemul ecologic global care integrează toate ființele vii și relațiile lor cu mediul neviu ambiant, inclusiv interacțiunea lor cu elementele litosferei, geosferei, hidrosferei și atmosferei*” (Godeanu, 2013).

4.1 Factorii determinanți ai apariției și evoluției ecosferei

În lumea științifică este o paradigmă: aceea că peste tot sunt trei componente de bază: materia, energia și informația.

Fizica teoretică și astronomia au demonstrat că la început, în cosmos a existat numai energie. Conform teoriei Bing bang-ului, inițial a fost o explozie de energie care generat apariția materiei, care a evoluat de la simplu la complex.

Hidrosfera are o mare însemnătate atât prin proporții, prin rolul complex pe care îl are în funcționarea planetei noastre, deoarece viața a apărut în oceanul planetar, iar mediul acvatic este un mare generator de oxigen atmosferic (numai fitoplanctonul oceanic emite anual în atmosferă circa 363 milioane de tone de oxigen!).

Considerăm că factorii determinanți ai ecosferei sunt interacțiunile între învelișurile toposferei și biosferă.

Toate procesele din natură, de orice fel, fizic, chimic, geologic și biologic sunt interconectate una de alta, mai mult sau mai puțin vizibil (este modul de gândire integraționist al ecologiei - care, prin natura sa, considerăm că ea este o știință interdisciplinară).

Am încercat să analizăm relația informație-energie-materie în lumea vie și nevie, dar și legăturile acestora cu mediul înconjurător, în vederea corelării lor într-un mod mai rațional, prin unirea teoriei sistemice cu teoria evoluției și cu paradigmele evoluției.

Informația este o categorie imaterială care reflectă starea sau mișcarea formelor de energie sau materie din care este compusă lumea, deci și lumea vie. Având la bază informația, această stare se păstrează sau se modifică, potrivit legilor după care funcționează fiecare formă.

Dacă se urmărește felul în care a avut loc evoluția biologică, se poate observa că ea s-a desfășurat prin modalități diferite, dar care s-au derulat cel mai adesea concomitent.

La nivelul lumii vii se pot distinge mai multe feluri de evoluție: informațională, energetică, fiziologică, morfologică, populațională, socială, geografică și ecologică (Godeanu *et al.*, 2022).

În încercarea de a uni într-un tot coerent conceptele de materie, energie și informație, în explicarea modului în care materia vie a evoluat și s-a structurat pe diferite nivele sistemice, apreciem că prima a apărut informația și apoi energia. Informația a stat permanent la baza tuturor formelor de manifestare a fluxurilor de energie și a modului în care a apărut, iar apoi a demarat circulația materiei. Ele nu s-au putut realiza decât sub influența și fiind coordonate de mecanismele informaționale, care, la rândul lor, s-au complexat și s-au diversificat neconținut. Informația din lumea vie este mult mai variată și mai activă decât cea din lumea nevie. Ea a devenit dominantă, fiind capabilă în prezent să influențeze semnificativ și procesele informaționale din mediul abiotic, deci toate procesele fizice, chimice, pedologice, hidrologice și climatice.

Informația biologică se perfecționează permanent, indiferent dacă unele caractere par că abia se mai modifică. Dovada este dată de existența unei multitudini de organisme vii, care, deși sunt niște entități care au apărut cu mai mulți eoni în urmă, sunt și acum viabile, trăiesc foarte bine și în prezent. Ele s-au menținut deoarece au rămas indispensabile desfășurării proceselor care au loc de pe toate nivelele biologice și ecologice de organizare a materiei (ne referim la toate tipurile de procariote, iar dintre eucariote, la majoritatea protistelor și la ciupercile uni sau pluricelulare).

Din momentul apariției macromoleculilor organice complexe, s-au demarat procesele de metabolism și cele de creștere și multiplicare. Ele s-au corelat cu caracteristicile fizice și chimice din oceanul planetar primordial de când a demarat etapa ecologică adaptativă a evoluției biologice.

În prima etapă a evoluției biologice (cea individuală) a avut loc trecerea mecanismelor biochimice de la procese liniare (cum erau în chimia moleculelor organice), la procese biochimice circulare tot mai complexe și mai diversificate, totul sub controlul informației biologice care se complexa și diversifica neconținut (Sorani și Borcea, 1985).

De la apariția macromoleculilor organice cu capacități de metabolism și reproducere și până la realizarea biosferei actuale, pot fi distinse șapte forme diferite de evoluție: a informației, cea energetică, cea fiziologică, cea ecologică, evoluția morfologică și cea geografică (de ocupare treptată a celor patru medii principale de viață: acvatic marin, acvatic dulcicol, terestru și cel subteran) (Godeanu *et al.*, 2022)(a se vedea și cap. 4.2). Datorită organismelor vii și a necromasei produse neconținut de aceasta, în asociere cu materiale din litosfera superficială care este supusă permanent factorilor climatici și hidrologici, a apărut la un moment dat, dar numai la suprafața litosferei planetei un înveliș nou, pedosfera.

Este subliniată schimbarea produsă în evoluția sistemelor vii de la etapa biologică individuală la etapa ecologică (deci cea în care au apărut sistemele funcționale complexe a interrelațiilor viu-neviu).

De când viața a început să se desfășoare autonom la nivel individual, putem discuta de nivele de organizare a materiei vii.

Viața, ca organisme probionte, apoi ca procariote a apărut în urmă cu cca 3,8 miliarde de ani. Ea a manifestat de la început o deosebită capacitate de adaptare (fiziologică și ecologică, iar mai târziu și morfologică) sub influența factorilor ambientali în care trăiau și care, deși au trecut atât de multă vreme, s-au perfecționat permanent. De aceea ele există și astăzi, parcă fiind mai adaptabile față de factorii ambientali ca niciodată. Este important de subliniat faptul că acest proces nu a fost unilateral (numai la nivelul viului), ci el se desfășoară în corelație cu mediul abiotic, în ambele sensuri (viu-neviu și neviu-viu), dar totdeauna fiind determinat predominant de informația biologică.

4.1.1 Informația

Din punctul nostru de vedere informația este prioritară energiei și materiei, ea fiind factorul diriguitor al tuturor activităților care au loc în natură, în conștiință și tehnologie.

În cele ce urmează vom încerca să sintetizăm o mică parte din ideile și părerile celor care se ocupă de informație.

Informația se constituie într-o categorie de sine stătătoare, având o existență abstractă și subtilă - adică nematerială - categorie care este reflectată de stări, semnale și constituie un element esențial în procesul cunoașterii.

Această definiție mai trebuie completată cu două aspecte:

1. În natură informația există numai în lumea vie (deci implicit și la om);
2. Omenirea a creat o informație materială artificială, nevie, cea care se manifestă în sistemele cibernetice.

Metodele naturale de cunoaștere se bazează pe proprietățile biologice ale subiecților procesului de informare. Informațiile există în momentul interacțiunii dialectice a datelor obiective și a metodelor subiective.

În prezent mulți oameni de știință aleg să definească viața numai pe baza proprietăților ei informaționale. Cum putem lega informația abstractă de fizica și chimia moleculelor?

”Pentru ca viața să genereze ordine din dezordine și să ocolească a doua lege a termodinamicii, trebuie să existe o entitate moleculară care cumva a codat instrucțiunile pentru construirea unui organism, o entitate suficient de complexă încât să cuprindă o cantitate de informații și care să fie suficient de stabilă încât să reziste la efectele degradării postulate de termodinamică. Acum știm că această entitate este ADN-ul” (Davies, 2021).

”Mesajul este forma materializată a informației. El are o origine, un expeditor și o destinație. Cu toate acestea, nu totul dintr-un mesaj este informație, ci doar porțiunea care are același sens atât pentru expeditor, cât și pentru destinatar. Doar acesta poate fi considerat informație. Mai simplu spus, informația este un mesaj primit și înțeles” (Biro, 2011).

Progresele din cibernetică și nanotehnologie ne-au permis să facem experiențe incredibil de fine pentru a testa probleme fundamentale aflate la intersecția dintre fizică, chimie, biologie și informatică (Davies, 2021).

Ce este informația?

Toate teoriile, inclusiv genetica modernă, se concentrează în primul rând pe purtătorii materiali de informație. În realitate „Informația este informație; ea nu este nici materie, nici energie.”

Conceptul de informație provine din domeniul cunoașterii umane și până cu puțin în urmă era considerată ca fiind o proprietate specifică numai omului. Informația joacă acum un rol fizic extrem de important în lumea tehnicii și în biologie. Informația este invizibilă, dar influențează lumea. Puterea informației în calitate de cauză poate avea un impact real și imens (Davies, 2021).

Informația reală este complet independentă de mediul material. Acesta servește doar la „purtarea” acestuia. Purtătorul de material nu poate fi și nu este cauza informației (Marks, 2013).

Datorită studierii și dezvoltării ciberneticii, a dezvoltării informaticii, computerelor, roboticii, iar acum a inteligenței artificiale, informația de abia acum poate fi studiată și înțeleasă. Davies ne propune să adoptăm o perspectivă asupra biologiei potrivit căreia fundamentele vieții sunt asemănătoare sistemelor cibernetice, în sensul în care viața, așa cum o cunoaștem, ar trebui să fie considerată un fenomen asemănător stocării și gestionării informației.

Natura a descoperit modalitatea de procesare a informației digitale cu miliarde de ani înainte ca oamenii să inventeze computerul. Însă omenirea știe de ea de mai puțin de un secol!

Informația este o proprietate specifică a materiei vii.

Folosind un limbaj accesibil, în cartea sa *”Rețelele de informație și misterul vieții”* Davies (2021) expune diferite teorii interdisciplinare pentru a ne putea face să înțelegem locul pe care îl are ea și omul în univers.

Viziunea informației ca mesaj a devenit proeminentă odată cu publicațiile lui Ralph Hartley în 1928 și Claude Shannon în 1948. Aceste lucrări au stabilit bazele teoriei informației și a înzestrat cuvântul „informație” nu numai cu un sens tehnic, ci și cu o unitate de măsură.

Entropia informațională (H) a lui Shannon este adesea confundată cu entropia fizică (S), deoarece ambele conceptele au o formulare matematică foarte asemănătoare. Cu toate acestea, ele au semnificații foarte diferite. Entropia termodinamică caracterizează un ansamblu statistic de stări moleculare, în timp ce entropia văzută de Shannon caracterizează un ansamblu statistic de mesaje. În termeni de termodinamică, entropia se referă la toate modurile în care moleculele sau particulele ar putea fi aranjate, iar entropia crescută înseamnă că mai puțină munca fizică poate fi extrasă din sistem. În concepția lui Shannon, entropia se referă la faptul că toate căile mesajelor ar putea fi transmise printr-o sursă de informație, iar entropia mai mare înseamnă că mesajele sunt mai la fel de probabile (Laszlo, 2008).

Există o definiție precisă a informației?

Spre deosebire de masă și energie în fizică, nu există un singur model sau definiție a informației. Informația își are definiția în afara materiei și energiei pe care se află și, în plus, constrânge materia și

energia să funcționeze într-un mediu termodinamic departe de echilibru. McIntosh (Marks II *et al.*, 2013) a evidențiat principiile interacțiunii informaționale cu energia și materia în sistemele biologice. În diferite domenii ale cunoașterii informația este privită și înțeleasă în sensuri diferite, care sunt de obicei legate de interesele domeniului respectiv. Fiecare alege exact formularea care descrie cel mai precis aplicarea informațiilor în domeniul său de cunoaștere. Niciuna din definițiile existente pentru informație nu este unanim acceptată, fapt ce produce confuzii și ambiguități. În prezent sunt cunoscute mai mult de 400 de definiții care funcționează în diferite domenii ale cunoașterii.

Pentru ingineri, biologi, geneticieni și psihologi, conceptul de "informare" este identificat cu acele semnale, impulsuri, coduri care sunt observate în sistemele tehnice și biologice. Informația trebuie raportată întotdeauna la un sistem oarecare, propriu domeniului respectiv, cum ar fi ADN-ul, limba vorbită, computerele ș.a. Norbert Wiener, părintele ciberneticii, a spus că „Informația este informație, nici materie, nici energie” (Davies, 2021). Gitt, Compton și Fernandez (Marks II, 2013) definesc informația universală ca: „Un mesaj codificat simbolic, reprezentat abstract, care transmite acțiunea așteptată și scopul propus.”

În 1990, Tom Stonier, susținea ideea că informația este „o expresie a organizării energiei și materiei în evoluția Universului. Există o creștere exponențială, în spirala informației.” Câțiva ani mai târziu, tot el susținea că: „descrierea oricărui sistem fizic cuprinde nu doar parametri care definesc cantitatea de materie și de energie, ci și cantitatea de informație, iar orice schimbare într-un sistem trebuie să țină seama nu numai de schimbările în energie sau masă, ci și de schimbările în informația conținută de sistem” „Deci, dacă informația este o componentă intrinsecă a tuturor sistemelor fizice, atunci toate legile fizicii trebuie reevaluate” (Stonier, 1997).

Unii consideră că tot ceea ce se poate reduce gradul de incertitudine, fie că sunt fapte, evaluări, previziuni, conexiuni sau zvonuri generalizate trebuie să fie considerate informații.

Alții consideră că:

- informația este o reflectare a lumii reale care este exprimată sub formă de semnale;
- informații sunt orice set de semnale, informații (date), pe care orice sistem le percepe din mediul înconjurător (informații de intrare), problemele provenite din mediul înconjurător (informațiile de ieșire) sau care sunt stocate în interiorul unui anumit sistem (informații interne);
- informațiile există sub formă de semnale sonore și lumină, impulsuri de energie și nervoase;
- informațiile sunt date despre obiectele și fenomenele lumii înconjurătoare, care sunt percepute de orice fel de organisme vii - dar conștient numai de om - și care au ca scop să sporească nivelul de conștientizare;
- informația este un termen generic legat de orice semnale, sunete, semne etc., care pot fi transmise, acceptate, înregistrate și/sau stocate;
- informația poate fi considerată și acea parte din spațiul care reflectă o anumită parte a lumii reale și ne oferă un set de cunoștințe despre obiectele și conceptele reale și abstracte, conexiunile și semnele lor);
- informația are un caracter subiectiv, adică există doar în măsura în care este înțeleasă de o persoană.

Ceea ce pentru o persoană poate reprezenta o informație, pentru alta poate însemna doar o oarecare cantitate de date fără nici un înțeles. De asemenea, aceeași cantitate de date poate dobândi semnificații diferite în funcție de receptor (Marks II, 2013; Gleick, 2011).

Informațiile pot fi împărțite conform metodei de percepție în funcție de tipul de receptori senzitivi care există: vizual, tactil, olfactiv, vibrator, termic etc.

Informațiile au propriile proprietăți. Acestea sunt adecvarea, obiectivitatea, disponibilitatea, acuratețea, fiabilitatea și relevanța.

Shannon a spus că atunci când obținem informație, învățăm ceva ce nu știam înainte (prin urmare avem mai puțină incertitudine). Shannon a propus ca "bitul" să devină unitatea de măsură a informației. Tot el a observat că formula sa matematică de cuantificare a informației în biți este, cu excepția semnului minus, similară formulei folosite de fizicieni pentru entropie, ceea ce sugerează că informația este, într-o oarecare măsură, opusul entropiei (deci este anti-entropică). Această conexiune nu este surprinzătoare dacă echivalăm entropia cu ignoranța.

Deci "informația se referă la ceea ce știm, iar entropia la ceea ce nu știm. Informația înseamnă reducerea gradului de ignoranță sau de incertitudine cu privire la sistemul măsurat" (Davies, 2021).

Atât teoria informației, cât și termodinamica împărtășesc conceptul de entropie referitor la dezordine și incertitudine maximă. Recunoscând că viața nu se conformează cererii termodinamicii pentru o dezordine în continuă creștere, Erwin Schrödinger a inventat termenul de negentropie (entropie negativă) pentru a se aplica vieții.

Landauer era interesat de limitele fizice fundamentale ale informației utilizate în industria informatică. Descoperind legătura dintre operațiile logice și generarea căldurii de către calculatoare, el a descoperit o legătură profundă între fizică și informație. Pornind de la Landauer, informația nu a mai fost o cantitate vagă, mistică, ci a devenit puternic ancorată în lumea materială, deoarece el a apreciat că volumul informației poate fi corelat cu volumul entropiei. Deci informația are proprietăți comune cu energia: ea poate fi măsurată.

De asemenea energia, ca și informația, poate trece de la un sistem la altul; deci poate fi conservată (Davies, 2021). Energia și materia servesc doar ca medii de transcriere pentru informații. Informația poate controla și structura materiei și fenomenele energetice.

Față de materie sau energie, informația prezintă următoarele caracteristici (Stonier, 1990):

- Ea nu cunoaște ideea de original, se poate copia ori de câte ori se dorește și este independentă de loc;
- Informația nu se învechește și se poate combina aproape nelimitat;
- Informația este puternic condensabilă;
- Informația se percepe ca o anumită măsură a ordinii întrucât ea anihilează incertitudinea și nedeterminarea. O măsură a ordonării este entropia negativă, termen care a luat naștere prin analogie cu entropia, care este, în termodinamică, o mărime exprimabilă matematic a neordonării;
- Calitatea unei informații constă în gradul de probabilitate cu care îi creează utilizatorului certitudinea unei afirmații;
- Informațiile sunt transmise utilizând mesaje.

Informațiile și cunoștințele au o mare importanță pentru evoluția și desfășurarea tuturor proceselor din lumea vie - în prezent pentru desfășurarea tuturor activităților la nivelul organismelor vii - (și implicit pentru oameni, atât pentru dezvoltarea personalității umane, cât și societății).

Nici societatea și nici indivizii ei nu pot progresa satisfăcător dacă nu folosesc o multitudine de informații. Prin intermediul informațiilor se asigură transferul cunoștințelor de la o generație la alta, se asigură accesul la cele mai avansate realizări ale omenirii.

Cunoașterea apare adesea spontan atunci când informațiile disponibile ating o masă critică. O caracteristică foarte importantă și distinctivă a informațiilor este aceea că aceasta cuprinde date care au sens pentru expeditor și destinatar. Informațiile sunt datele, în special cele organizate, care au o semnificație, au o valoare pentru producătorul lor și care sunt necesare pentru factorul receptor. Valoarea atribuită de date oferă mijloace și forme de cunoștințe și experiență, scurtarea incertitudinii și accidentelor și ignoranței.

Informațiile nu sunt un obiect static - ele se schimbă dinamic și există numai în momentul interacțiunii datelor și metodelor. Informațiile există numai în momentul procesului de informare.

Ce este informația biologică

Despre informația biologică s-a scris și se scrie mereu. Redăm în cele ce urmează, sub formă de citate, câteva dintre aceste păreri.

"Cu toții știm că Terra, spre deosebire de celelalte planete ale sistemului nostru solar a fost modelată în bună parte de viața care există pe ea de peste 3,8 miliarde de ani. Viața se diversifică și se adaptează, ocupând neîncetat nișe noi, și inventând mecanisme ingenioase de supraviețuire, dintre care cea mai importantă este gestionarea informației" (Davies, 2021).

Extinderea cunoștințelor noastre trebuie să se facă prin cuprinderea în sfera de studiu a cât mai multor forme de manifestare a materiei vii, forme care până acum erau fie neglijate, fie tratate superficial, dar cel mai adesea erau cvasinecunoscute. În ceea ce privește recepționarea, prelucrarea și valorificarea informațiilor mai importante pe care mediul o oferă organismelor, consta în strângerea a cât mai multe detalii ale legăturilor informaționale ale sistemelor vii cu mediul mineral abiotic, pe când legăturile informaționale existente în cadrul sistemelor vii erau foarte limitate și cel mai adesea superficiale (Șerban, 1986).

Într-un fel, toată biologia este cuantică. Efectele cuantice reprezintă o formă subtilă și delicată de ordine atomică și moleculară. Inamicul tuturor efectelor cuantice este dezordinea. Ori, viața este plină de dezordine. Viața se deosebește de orice alt fenomen prin capacitatea sa de a înmagazina și procesa informația într-o manieră organizată și totodată antientropică. Viața presupune atât o informație bogată, cât și o chimie complexă.

„Lucrul care separă viața de non-viață este informația. Organismele se reproduc. Prin acest proces ele transmit urmașilor în primul rând informații despre ele ca formă și activitate, deci despre informația despre generațiile anterioare și modul în care a trecut la următoarea. Esența reproducerii biologice este replicarea informației ce poate fi moștenită. Marele merit a lui Schrödinger a fost că el a așezat stocarea, procesarea și transmiterea informației la nivel molecular, la scară nano, în interiorul celulelor vii. Cu ajutorul mecanicii cuantice s-a putut explica stabilitatea stocării de informație. Astăzi baza informațională a vieții a pătruns în fiecare domeniu al științei, (Davies, 2021).

”Povestea vieții este alcătuită din două fire narative care se întretes. Unul dintre ele este reprezentat de chimia complexă, o rețea bogată și elaborată de reacții, iar celălalt de informație, nu doar cea stocată pasiv în gene, ci și cea care curge prin organisme și străbate materia biologică pentru a menține o anumită ordine. Astfel, viața este un amestec din două tipare dinamice: cel chimic și cel informațional. Aceste tipare nu sunt independente, ci cuplate, formând un sistem unic de cooperare și coordonare. Informația controlează și organizează activitatea chimică în același fel în care un program controlează procesele unui computer. Prin urmare, îngropată adânc în domeniul chimiei complexe, există o rețea de operații logice. Informația biologică este software-ul vieții”(Davies, 2021).

”Biologii încă nu sunt de acord cu privire la termenii cei mai adecvați pentru a defini informațiile biologice. Din păcate, definițiile multiple ale acelorași termeni și alte dezacorduri au inhibat multă vreme dezvoltarea unui cadru general de integrare a diferitelor categorii de informații biologice” (Danchin și Wagner, 2010).

Mihai Șerban (1986) afirmă: ”Trebuie subliniat faptul că, mai presus de orice, fiecare organism reprezintă o unitate informațională complexă. Studiarea organismelor sub aspect informațional este, în perspectivă istorică, ultima sosită în arsenalul de probleme ale biologiei. Orice sistem viu poate fi privit sub trei aspecte distincte: material, energetic și informațional. În fiecare organism există o informație imanentă, chiar de la primele sale momente de existență.”

”Termenul de „informații biologice” este definit în prezent destul de ambiguu, deoarece se pare că există mai multe niveluri de sisteme de comunicație de cercetat: de la informația codificată în ADN-ul din genom (care este cea mai bine studiată), până la informația intracelulară (bazată pe rețele de comunicații care implică ARN și proteine), la semnalizarea intercelulară (prin entități precum hormoni și mergând până la sistemul nervos și creier). Dacă vom putea identifica și studia mai aprofundat toate aceste sisteme de comunicare și defini mai exact toate formele de informație care sunt transferate, vom avea mult de câștigat. Este clar că există multe categorii de informații biologice și cu siguranță că încă se vor mai descoperi” (Marks, 2013).

Știința referitoare la informația biologică este foarte tânără. ADN-ul a fost descoperit în 1953 (Wilkins, Crick și Watson), codul genetic în 1961 (Nirenberg și Matthaei), secvențierea proteinelor în 1951 (Sanger), cea a acidului nucleic în 1977 (Sanger); prima bază de date de secvențe a fost publicată în 1965 (Dayhoff), iar secvențierea genomului uman a fost finalizată în 2003 (fiind condusă de Collins și Venter). Bioinformatica (un nou domeniu științific interdisciplinar) a apărut în 1981 când Smith & Waterman au descris ecuația lor fundamentală pentru căutările de similaritate de secvențe. Acest domeniu a devenit fructuos abea în ultimii 50 de ani.

Se apreciază că în secolul XXI, informația biologică a devenit problema generală care unifică științele vieții. Reamintim că în secolul al XIX-lea, pe vremea lui Darwin și a colegilor săi nu exista noțiunea de informație biologică (Sanford, 2013).

Convenționalul sau „vechiul” asupra informației biologice este determinat de faptul că informația biologică, se manifestă prin procese pur chimice. Originea, structura și dinamica informațiilor biologice se reducea la o combinație de chimie stocastică și forțe evolutive nedirecționate.

În 2011 Marks II a inițiat și organizat la Universitatea Cornell din S.U.A. o conferință intitulată ”Biological Information. New perspectives”, care a adunat cei mai buni specialiști în domeniul informației biologice. Lista participanților a inclus experți în teoria informației, informatică, simulare numerică, termodinamică, teoria evoluției, biologia întregului organism, biologia dezvoltării, biologie moleculară, genetică, fizică, biofizică, matematică și lingvistică. Doi ani mai târziu, lucrările și câte o sinteză a lucrărilor pe secții a

fost publicată (Marks II *et al.*, 2013). Volumul reprezintă un moment de cotitură în cercetările de bioinformatică. Toți participanții la acest congres au pus la îndoială perspectiva convențională privind originea și evoluția informației biologice. Mulți biologi teoreticieni consideră acum că sunt necesare noi abordări teoretice pentru a înțelege rețelele de informații integrate ierarhic care stau la baza morfogenezei.

Dacă definim informația mai larg ca „tot ceea ce este comunicație”, cantitatea de informație dintr-o celulă vie este mult mai mare decât cea acumulată în secvențele ADN-ul acesteia.

Davies afirmă că „organismele vii se comportă ca niște adevărate computere!”

„Organismele vii au puteri ciudate, cum ar fi capacitatea de a se mișca autonom, de a-și rearanja mediul și de a se reproduce. Și totul este controlat de informația care există în corpul lor. Deși e conținută în materie, informația biologică nu e inerentă acesteia. Organismele vii posedă multiple mecanisme minuscule care manipulează informația prin metode inteligente și extrem de eficiente, producând ordine din haos și evitând astfel limitările celei de a doua legi a termodinamicii. Trebuie subliniată eficiența termodinamică extraordinară a vieții. Evoluția a rafinat mecanismele vieții până la punctul în care acestea operează extrem de eficient, altfel ar fi murit în propria lor căldură reziduală (entropia provocată de procesul de copiere a informației din moleculele de ADN.” (Davies, 2021).

În funcționarea celulelor există mai multe rețele complexe. Ele sunt rețelele metabolice, care controlează energia celulelor, rețelele de transducție a semnalelor, care presupun interacțiuni proteină-proteină, rețelele hormonale și rețelele neuronale (la animale). Acestea nu sunt independente, ci se cuplează între ele pentru a crea un set de rețele în care fluxurile de informație se întrepătrund. Existența unui număr atât de mare de căi chimice de reglare le permite celulelor să răspundă la schimbările externe printr-un grad foarte ridicat de fidelitate (Davies, 2021).

Indiferent de forma de înmulțire a organismelor vii, putem vorbi de o acumulare continuă a informației. Din acest punct de vedere, în întreaga lume vie există o remarcabilă unitate – concentrarea informației, transmiterea și utilizarea ei au loc în spațiul cantităților infinitezimale de substanță și energie (Șerban, 1986).

Toate componentele celulei, inclusiv toate moleculele de ARN și proteinele comunică continuu între ele. Acum se recunoaște că acolo sunt sute de mii de tipuri diferite de interacțiuni, iar majoritatea lor implică într-un fel sau altul comunicare. În acest sens, uimitoarea rețea de comunicații din interiorul unei celule poate să fie comparată cu internetul, dar este cu mult mai complexă și mult mai puțin energofagă.

Informația biologică este de obicei văzută ca fiind transmisă de gene, în care sunt stocate informații. Informațiile non-genetice pot fi și ele, de asemenea, moștenite de-a lungul generațiilor (Champagne, 2008; Danchin și Wagner, 2010) și pot fi transferate printr-o diversitate de vehicule (Jablonka *et al.*, 1998, Danchin *et al.*, 2004; Wood și Oakey 2006; Jaffee și Price, 2007; Miller și Sweatt, 2007; Wilkinson *et al.*, 2007; Champa *et al.*, 2007, 2008; Hager *et al.*, 2008; Mesoudi, 2008; toate cit. Wagner și Danchin, 2010).

Un fapt devine informație numai după ce un organism îl detectează și sunt valoroase doar în măsura în care prezice starea viitoare a mediului. Această putere predictivă este cea care permite organismelor să ia decizii adaptative. Aceste procese pot genera dinamici complexe care, la rândul lor, pot afecta evoluția utilizării informațiilor (Wagner și Danchin, 2010).

Schrödinger afirma că o calitate definitorie a vieții este faptul că ea reușește să înfrângă tendința celei de a doua legi a termodinamicii (deci că ea este antientropică). După Schrödinger organismele vii reușesc să sfideze entropia acumulând informație și orientând-o spre anumite obiective (Davies, 2021).

Explozia cantității de informații biologice pe care o recunoaștem acum ne face să concluzionăm că informația biologică este profund multidimensională și se mișcă în toate direcțiile prin rețele de comunicații elaborate. Multele tipuri de informații nu sunt doar dinamice, ci sunt integrate la nivel global.

Tipuri de informație biologică

În prezent se recunosc două categorii generale: informația genetică, care este codificată în ADN, și informațiile non-genetice (Danchin și Wagner, 2010).

Numeroși autori au aplicat sensuri diferite tipurilor de informații non-genetice, tocmai ca urmare a confuziei produse din utilizarea unor termeni care nu sunt legați în mod explicit de semnificațiile termenilor folosiți.

Danchin și Wagner au realizat o sistematizare a diferitelor tipuri de informații biologice. Acestea sunt reprezentate ierarhic, de la general la specific și decurg unele din altele, după cum urmează:

Informațiile biologice pot fi de două feluri: potențiale și exprimate. Ambele pot afecta fenotipul. Informațiile biologice pot fi dobândite pasiv din gene sau prin procese epigenetice (ca influențe date de părinți în cursul creșterii progeniturilor), sau ca urmare a experiențelor proprii acumulate de-a lungul întregii lor vieți (Danchin și Wagner 2010):

Informații biologice mai pot fi:

1. Informații genetice, codificate în secvențele AND ca o sinteză și tot odată o consecință a informațiilor colectate și stocate de indivizii speciei respective în cursul miilor de generații care l-au precedat.
2. Informații non-genetice, nu sunt codificate în secvențele ADN. La rândul lor ele pot fi dobândite pasiv sau activ. La rândul lor acestea pot fi:
 - A. Informații non-genetice dobândite pasiv: informații dobândite prin diferite procese precum epigenetica, efectele parentale și moștenirea habitatului;
 - B. Informații non-sociale: informații care nu sunt extrase din interacțiunile cu alte organisme, sau din observarea acestora. Toate sunt informații extrase din mediul înconjurător abiotic;
 - C. Informații sociale: informații extrase din interacțiunile sau observațiile legate de celelalte componente ale biocenozei din care fac parte. Se disting următoarele feluri de informații sociale:
 - Informații sociale determinate genetic - extrase din trăsături fenotipice determinate genetic ale altor organisme.
 - Informații sociale nedorite - fapte care sunt produse neintenționat de organisme și sunt detectate de alte organisme.
 - Informațiile sociale involuntare - pot fi extrase din fapte care dezvăluie calitatea resurselor fie direct, fie indirect.

Informațiile mai pot fi divizate în:

1. Informații preluate în mod conștient: ele sunt sinonime cu un semnal (care este o trăsătură sau comportament produs prin selecție pentru a transmite în mod intenționat informații, a cărei funcție adaptativă este de a modifica comportamentul receptorilor în beneficiul emițătorului).
2. Informații personale (sau "Cunoașterea personală"): suma informațiilor obținute neintenționat de propriul individ.

Proprietăți specifice informațiilor biologice

Proprietăți specifice informațiilor biologice sunt (Biro, 2011):

1. Semnalele utilizate în tehnologia comunicațiilor sunt întotdeauna modificări bidimensionale, analogice sau digitale (în mod normal ele sunt unde electromagnetice în spațiu sau electroni / fotoni în cabluri). Semnalele biologice sunt întotdeauna molecule 3D transferate în mediu umed (biologic comunicarea este "comunicare umedă", spre deosebire de comunicările tehnice, care sunt denumite de obicei "comunicări uscate").
2. Sunt două categorii foarte importante de semnale biologice; prima este cea dată de secvențe. Acizii nucleici fac parte dintr-o primă categorie. Ei sunt compuși din 4 variabile (bazele), în cea de a doua categorie intră proteinele, care sunt construite din 20 de variabile (aminoacizii). Aceste secvențe sunt reprezentate prin unități binare pentru a le estima densitatea semnalului și pentru a comprima aceste semnale binare (Shannon). Secvențele biologice se pliază și au adesea mai mult de o configurație 3D. Aceste configurații alosterice au aceeași secvență primară și aceeași densitate de semnal calculată (sau conținut de informații).
3. Receptorul (recipientul semnalelor) este o componentă esențială pentru procesarea informațiilor. Receptorul este întotdeauna o structură proteică care formează un fel de imagine în oglindă a moleculei implicate în comunicarea unui semnal biologic (fiind un ligand). Receptorul și ligandul interacționează unul cu celălalt în un mod unic și foarte specific (spre ex. insulina se leagă numai de receptorii de insulină, nu și de alte molecule).
4. Receptorul are o mare afinitate pentru ligandul său specific. Concentrația ligandului crește în jurul receptorului său specific.
5. Un alt fenomen biologic deosebit este plasticitatea receptorului (destinatarul). Semnalele sunt adesea capabile să-și modifice receptorii specifici. Repetarea semnalelor biologice îmbunătățesc recepția acestora. Aceasta este una dintre bazele biologice ale învățării (orice fel de învățare, în orice stadiu al evoluției biologice). Învățarea biologică nu necesită conștiință sau cunoaștere. Un tip special de învățare biologică este maturizarea sistemului imunitar. Nou-născuții au un răspuns imunitar insuficient. Cu toate acestea, sunt expuși la un mediu biologic

din care sistemul lor imunitar trebuie să „învețe” cât mai rapid cum să reacționeze la milioane de semnale biologice venite din mediu. Răspunsul imun se realizează în câteva săptămâni după ce a primit pentru prima dată semnalul biologic respectiv (în acest caz -numit antigen). A doua oară când este întâlnit un antigen, răspunsul imun va apărea în câteva ore, deoarece organismul și-a dezvoltat receptori specifici (anticorpii) la acel antigen. Deci inducerea anticorpilor de către antigeni sugerează că un semnal biologic este capabil să creeze un receptor propriu căruia îi transferă mesajul sub formă de informații.

6. În biologie există totdeauna o redundanță a semnalului (deoarece întreaga informație genetică a speciei este prezentă în fiecare celulă a organismului respectiv).
7. Conceptele de „semnal” și cel de „zgomot” sunt foarte diferite în ceea ce privește informațiile în sistemele biologice și în cele fizice. Un semnal pentru o anumită specie poate fi numai un zgomot pentru alta.
8. Siguranța transferului de informații este o problemă vitală în sistemele vii. Redundanța este o modalitate de a realiza acest lucru pe sistem de „feedback”. Semnalele continuă să curgă de la expeditor spre receptor până când sunt recunoscute de celulele țintă, iar aceasta trimite înapoi un semnal de recunoaștere, pentru a confirma recepția semnalului. Este un mecanism de reglementare minunat, majoritatea pe baze endocrinologice.

Locul informațiilor în teoria sistemică

Dacă extindem mai mult analogia dintre informația biologică și cea din informatică, putem lua în considerare genomul - ca fiind informații stocate („hard diskul” celulei), în timp ce ARN-ul, proteinele și alte structuri pot fi considerate „informații active” (RAM-ul celulei). În timp ce multe dintre lucrările prezentate la simpozionul din 2011 de la universitatea Cornell se ocupă de informații în cadrul genomului, este foarte important să nu uităm că majoritatea informațiilor biologice în celulă depășesc pe cele existente în genom (Marks II, 2013). Informațiile nu au loc nu numai în cadrul unei celule, ci și între celule și între diferite organisme. La un nivel superior, sunt informațiile biologice umane (încă puțin înțelese, care constau în propria noastră inteligentă și în conștiința umană). Ele sunt tot informație biologică! Există un număr necunoscut de limbaje simbolice (cele genetice codul fiind doar unul dintre multele coduri biologice) care stau la baza acestei comunicări uluitoare de tip labirint care integrează toate nivelurile de informație biologică (Marks II, 2013)

Ax și Gauger (Behe, 2013 și Marks II, 2013) consideră că viața constă din mai multe straturi de informații, de la molecular la celular, apoi la organism și la ecosistem. Dacă este așa, aceasta înseamnă că teoria sistemică a lui von Bertalanffy își găsește aplicarea și în modul în care informația biologică se aplică în diferitele niveluri de organizare ale materiei vii (a se vedea cap. Biosfera).

Informațiile acumulate în orice celulă, atât la procariote, cât și la eucariote sunt subordonate nivelului superior (în cazul eucariotelor există o specializare a informațiilor în funcție de gradul de specializare a fiecărui organ sau țesut din individul respectiv).

La nivel de individ informațiile formează un tot unitar, care permite funcționarea optimă a tuturor subunităților sale pe tot parcursul întregii sale vieți. La moarte informația integratoare la nivel de individ dispăre. Ca urmare tot organismul, fiind lipsit de această informație integratoare, intră într-un proces haotic de dezagregare (denumit „moarte”) când asupra celulelor - acum lipsite de informația nivelului superior de organizare - acționează microorganismele cu care era de-a lungul întregii sale vieți în diferite forme de simbioză, sau de colaborare/cooperare (de ex. interacția intestin-bacterii descompunătoare a chilului intestinal). Se poate spune - la figurat -, că dispariția informației individuale poate fi echivalată cu plecarea „sufletului” din individul respectiv.

Nivelele superioare cărora li se subordonează informațiile sunt, în ordine crescătoare, celula, organul (sau țesutul), individul, populația, specia, biocenoza și biosfera.

Trebuie să înțelegem mai bine întregul domeniu de aplicare a ceea ce este cu adevărat „informația biologică”. Este o eroare gravă să ne gândim la informația biologică ca fiind pur și simplu localizată în genom, deoarece acum putem înțelege cel mai bine genomul ca un fel de hard disk al celulei, căci el reflectă în mare măsură numai informațiile stocate în scopul menținerii informațiilor respective pentru a fi utile generațiilor viitoare. În această lumină, ar trebui să vedem că RAM sau memoria activă a celulei este acea galaxie de ARN și proteine care cuprinde rețeaua de comunicare activă din interiorul celulei (Sanford, 2013).

Caracteristicile informației biologice

Organizarea vieții are nevoie de un sistem de tipul "stăpânește și controlează". Dacă informația este o proprietate ne-materială și ne-energetică a materiei vii, pentru a se manifesta, ea are nevoie de un suport material. Acesta este reprezentat de o serie de proteine din masa corpului organismelor vii. Dacă sunt mai multe feluri de informații, este normal să existe și mai multe tipuri de proteine capabile să preia diferitele tipuri de informație.

Viața implică un pact încheiat între cele două clase diferite de molecule proteice: acizii nucleici și proteinele. Atribuțiile lor sunt: acizii nucleici stochează detalii despre "planul vieții", iar proteinele fac posibilă funcționarea organismului. E nevoie permanent de ambele elemente. Pentru aceasta trebuie luată în calcul nu doar chimia organizată și complexă creatoare de tipare, ci și chimia informată, adică chimia plus informația (Davies, 2021).

Indiferent de forma de înmulțire, se poate vorbi de o acumulare continuă a informației. Din acest punct de vedere, în întreaga lume vie există o remarcabilă unitate – concentrarea informației, transmiterea și utilizarea ei au loc în diferitele forme pe care le ia substanța și energia (Șerban, 1986).

Celulele răspund în mod normal la mesaje moleculare foarte scurte în moduri foarte specifice. Această specificitate și discriminare între semnale se dezvoltă încă din timpul diferențierii celulare. Fiecare celulă dintr-un organism conține întregul set genetic de informații cu caracteristicile speciei respective încă de la începutul vieții sale, și are potențialul de a îndeplini o gamă largă de funcții (este deci pluripotentă).

Prin informație genetică se înțelege informația codificată în materialul genetic cu care este înzestrat orice organism viu. Totalitatea informației genetice dintr-un organism se numește *genotip*. Informația genetică este stocată în structura macromoleculară complexă a acidului dezoxiribonucleic (ADN) (Figura 101), care este prezent atât în nucleul fiecărei celule (ADN nuclear) dar și în afara acestuia (ADN extranuclear). Întreaga cantitate de material genetic dintr-un organism se numește *genom*. Există un genom nuclear și un genom celular. Genomul nuclear este reprezentat de una (la procariote) sau mai multe (la eucariote) macromolecule de ADN bicatenar (*chromozomi*). Numărul acestora este o caracteristică a speciei, fiind același pentru toți indivizii speciei respective. Dar el este și pentru toate celulele somatice ale fiecărui organism care aparține speciei respective.



Figura 101. Spirala ADN-ului. Sus, dublu helix, Jos cele două spirale desfăcute
(<https://www.slideserve.com/imelda/acizi-nucleici>)

Informația necesară construirii și funcționării unui organism se află în mare măsură în capacitatea sistemului de a activa sau dezactiva gene și de a modifica proteinele în urma traducerii instrucțiunilor genetice. Viața a creat metode incredibil de inteligente și eficiente de a citi ADN-ul rezultat și de a corecta abaterile.

Cellula ca întreg este o rețea vastă și complexă de gestionare a informației. De una singură, informația din genă este statică. Dar odată citită, ea declanșează o mare varietate de activități. Informația din ADN e combinată cu alte fluxuri de informație care urmează diferite căi complexe din cadrul celulei și cooperează cu o mulțime de alte fluxuri de informație pentru a produce o ordine colectivă coerentă. Ca urmare celula integrează toate aceste informații și înaintează sub forma unei singure unități prin un ciclu cu diferite etape identificabile care culminează cu diviziunea celulară. (Davies, 2021).

ADN-ul și ARN-ul sunt purtătoare de informația care este stocată și transmisă ereditar de la o generație la alta, deci de informația genetică. Purtătorii de informație adaptativă și de informație cosmică nu se cunosc - și, din păcate, nici nu au existat încă încercări de a depista purtătorii materiali ai acestor informații.

Între sistemele noastre ADN / ARN intracelular și capacitatea noastră de a exprima gândurile prin cuvinte există multe niveluri înalt integrate, organizate în sisteme care ele însele operează în mod necesar sub controlul unor anumite tipuri de informație biologică. La fiecare dintre aceste niveluri există multe componente structurale și mașini biologice care efectuează acțiunile cerute. În esența toate aceste structuri și mașini sunt compuse din proteine sintetizate de către sistemul de sinteză a proteinelor ADN / ARN.

Codul genetic este universal, fiind același pentru toate organismele vii. Ultimele cercetări au pus totuși în evidență câteva excepții de la universalitatea codului genetic. Absența unui mecanism care să poată inversa direcția acestui proces de la proteine către ADN stă la baza faptului că experiența pe care un organism o câștigă în timpul propriei sale vieți nu poate fi moștenită.

Timp de decenii s-a crezut că există un singur cod genetic și că numai secvențele care codifică proteinele din genom sunt funcționale (și care reprezintă mai puțin de 2% din genomul uman). Acest concept a fost inversat în ultimii zece ani. Acum este clar că majoritatea genomului care nu codifică proteine este funcțional. Aceasta înseamnă în primul rând că există mult mai multe informații în genom care trebuie explicate și, în al doilea rând, înseamnă că există multe coduri, altele decât codul de aminoacizi (Sanford, 2013).

În plus față de codul proteinei de bază, există alte coduri asociate conceptului convențional de genă. Ele includ cele 12 coduri ale lui Trifanov, codurile de transcripție, codurile alternative de îmbinare și pliarea ARN-ului / procesarea codurilor. La un nivel complet diferit, există coduri la nivelul întregului genom care transcend conceptul de genă. Acestea includ codurile izocore, codurile de poziționare a nucleozomilor, codurile topologice 3-D și codurile epigenetice. Chiar și elementele minuscule, dar super-abundente Alu din genomul uman, cea mai faimoasă clasă de „ADN nedorit”, sunt acum se recunoaște că ele conțin mai multe coduri (acestea includ codul de reglare a transcripției, codul de legare a proteinelor și, de asemenea, un cod special „pyknon” - ARN mic). Este evident că și alte coduri așteaptă să fie descoperite. Seaman a dezvăluit noi dovezi foarte interesante pentru codurile bazate pe repetare din genom (Marks II, 2013).

Pe parcursul vieții unui organism, genele sale sunt activate și dezactivate în funcție de necesitate. Modificările aduse proteinelor după producerea lor sunt elemente reglatoare importante din cadrul sistemului prin care celula gestionează informațiile.

Când genele sunt replicate, informația este întâi copiată și apoi verificată pentru a se identifica posibilele erori; dacă e nevoie, erorile sunt corectate. Chiar și celulele strâng informații despre mediul lor înconjurător, iar dincolo de organismele individuale, se află structurile sociale și ecosistemele. Știința a demonstrat că relația dintre informație și energia pe care aceasta o presupune a fost folosită de organismele vii de miliarde de ani încoace. Se pare că celulele vii conțin o mulțime de nanomecanisme extrem de eficiente și bine calibrate, alcătuite în mare parte din proteine (Davies, 2021).

Cu toate acestea, uneori, în procesul de copiere a ADN-ului se produc greșeli. Celulele au totuși un mecanism care verifică și corectează aceste greșeli, dar, uneori, câte o greșeală scapă necorectată, rezultatul fiind apariția unei mutații genetice - iar acestea influențează ulterior chiar selecția naturală (Biro, 2011).

În prezent se consideră că sistemul endocrin este o rețea de semnalizare bine înțeleasă în organismele cu circulație dezvoltată, mesajele hormonale sunt transportate de sistemul circulator. Există o rețea locală de comunicații între celule situate foarte aproape una de alta și care realizează așa, numita reglare autocrină și respectiv paracrină.

Evoluția informației

Informația a funcționat neconținut, de la apariția primelor macromolecule care au putut face schimb de substanțe și energie și până la felul în care viața există în prezent.

Dacă la început informația a realizat o ordine în care se desfășurau celelate modalități ale evoluției, treptat ea a funcționat în așa fel, încât a format niște tipare care s-au perfecționat neconținut.

Evoluția informațională a avut roluri hotărâtoare în momentele cheie ale dezvoltării lumii vii – apariția procariotelor, a fotosintezei, apariția nucleului și a diviziunii celulare, trecerea de la procariote la

eucariote, apariția organismelor multicelulare, apariția organelor specializate și a sistemelor de organe la eucariote, trecerea de la mediul oceanic în mediile dulcicol, terestru și subteran și a culminat cu preluarea controlului asupra materiei nevii.

Cel mai important fapt a fost introducerea în lumea vie a capacității de transmitere a principalelor procese care au devenit legi ale vieții: a) perpetuarea/continuitatea acesteia, b) perfecționarea funcțiilor de bază, c) adaptarea la mediul ambiant și d) dirijarea tuturor proceselor la nivel planetar.

Un rol important l-a avut informația de când a început să se transmită condensat, la nivel de specii, pe cale genetică. Este deci interesant cum la organismele vii informația a găsit modalități proprii de organizare, pe care biologia le-a reunit într-o știință separată, genetica.

În funcție de actualele cunoștințe, informațiile sunt de mai multe feluri:

- adaptative (funcționale la nivelul vieții unui singur individ),
- stabilizatoare (neereditare și ereditare) și
- cele cu caracter social (care se manifestă la speciile care au ajuns la un mod de viață socială).

Se pare că în lumea vie mai există și alte forme de informație, dar care sunt încă prea puțin luate în seamă (sau care uneori chiar sunt negate de către lumea științifică, deși de ele se știe de multă vreme). În această ultimă categorie (care a fost descoperită la oameni, dar care ulterior s-a constatat că se manifestă la toate tipurile de viețuitoare) intră în așa numita informație subtilă, în care pot fi incluse aura corpurilor, efectul Kirlian, premoniția sau comunicarea extrasenzorială.

Organismele vii nu pot exista decât în condițiile unor informații mult mai complexe decât cele liniare, așa cum sunt ele cunoscute în fizică, chimie și în alte științe ale naturii (și de aceea informația biologică în timp, le-a subordonat).

La interacțiunile neconținute determinate de relațiile cu alte organisme vii și cu fluctuația neconținută a factorilor mediului înconjurător, viețuitoarele au trebuit să facă față, prin sisteme proprii de învățare activă (deci informațiile adaptative) și prin informațiile stocate în memoria speciei (adică informațiile ereditare). Acest lucru este cel mai bine evidențiat de mortalitatea foarte ridicată a indivizilor tineri de eucariote (care sunt lipsiți de experiența detaliilor de supraviețuire specifice fiecărui individ și apoi a fiecărei populații) și ulterior de scăderea acestei mortalități odată cu înaintarea în vârstă, tocmai ca urmare a dobândirii unei mai mari experiențe individuale.

Informațiile ereditare sunt acele informații care au trecut, ca urmare a repetării lor foarte frecvente de la nivel individual, apoi la nivel populațional, până la stocarea sa în memoria speciei, deci în memoria genetică, în ADN-ul și ARN-ul celular (mai ales în celulele reproducătoare).

Alături de aceste informații apărute la nivelul planetei noastre, viețuitoarele primesc din cosmos, diferite alte forme de informație, care sunt grupate sub numele generic de informație cosmică / akashică (Laszlo, 2008). Ea există permanent, se modifică neconținut, acționează asupra corpului fizic, asupra reacțiilor chimice (dar și sub acțiunea diferitelor forme de viață care pot exista în alte sisteme solare din galaxia noastră sau din alte galaxii și pe care în prezent le putem considera că există numai din punct de vedere teoretic).

După ce indivizii s-au grupat în populații, ale căror interrelații au luat forme diferite la tipuri diferite de organisme, și informația s-a diversificat și a pornit să evolueze pe căi diferite. Acest lucru este cel mai evident odată cu apariția relațiilor sociale.

Cu timpul, treptat, au apărut și se manifestă prin o mare varietate de forme așa numita "informație subtilă" (menționată ceva mai înainte). Despre ea nu avem date concludente, deși suntem nevoiți să admitem că ea există.

În figura 102 prezentăm formele de manifestare a informației - de când a apărut viața pe planeta noastră și până în prezent.

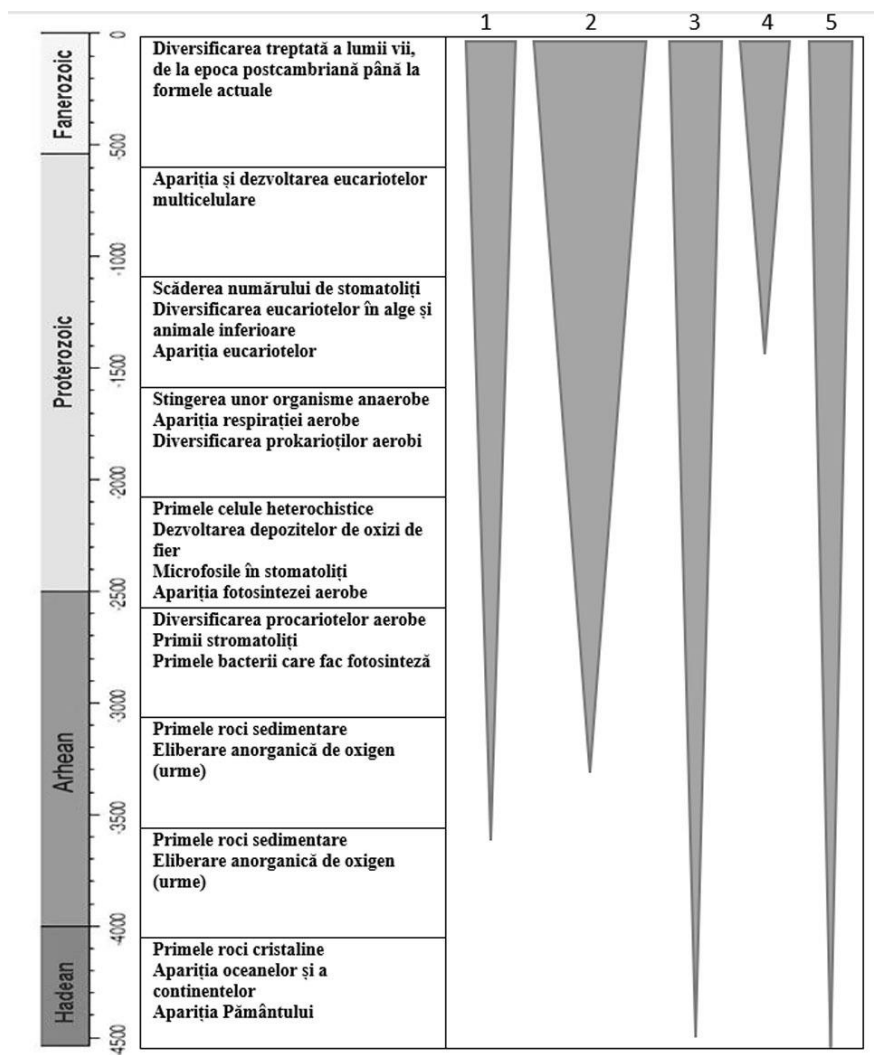


Figura 102. Evoluția diferitelor forme de informație în cursul dezvoltării și diversificării viului pe planeta noastră. 1- informația adaptativă individuală, 2- informația stocată la nivel de specie (genetică), 3- informația cosmică, 4- informația socială, 5 – alte forme de informație (informația subtilă) (Godeanu și Popa, 2022)

Cum s-a complexat informația la oameni

Câte gene sunt în genomul uman? Manualele sugerează în continuare că la oameni există peste 30.000 de gene. Acum știm că ceea ce obișnuim să numim o genă a fost o simplificare excesivă, căci ea este de fapt un complex de multe elemente funcționale, care codifică mai multe proteine și mai mulți ARN. Dacă definim fiecare dintre aceste elemente funcționale ca o genă, trebuie să existe sute de mii de gene.

Conștientizarea noastră cu privire la informațiile biologice, chiar în interiorul genomului, explodează cu adevărat (Figura 102) (Sanford, 2013).

Trecerea de la materia vie la mașinile create de om

"Natura a descoperit procesarea informației digitale cu miliarde de ani înainte ca oamenii să inventeze computerul" (Davies, 2021).

Când a fost descoperit ADN-ul, a devenit în sfârșit clar că informația genetică seamănă foarte mult cu informațiile umane scrise, ea semănând cu o gamă largă de șiruri de text codificate într-un anumit limbaj.

Revenind la informația biologică, ea a fost implementată clar, în cursul ultimei manipulari genetice, în urmă cu circa 8500 de ani, de către Neofilimi. Dacă urmărim (vezi cap. 3) cunoașterea umană, de la cea de a doua manipulare genetică, evoluția filozofiei, a culturii, a vieții sociale, a relațiilor interumane și apariția limbajului, se poate observa că de atunci și până în ultimele două secole nu s-au produs

schimbări semnificative (cu excepția perioadei Evului Mediu, când a avut loc un regres evident a interrelațiilor umane în toate domeniile). Dacă analizați literatura din antichitate cu atenție, chiar în ceea ce privește conștiința, omenirea nu a mai evoluat semnificativ comparativ cu oamenii din Grecia antică!

În ultimii 300 ani au apărut schimbări extraordinare într-un singur domeniu: cel al științei, cu corolarul ei aplicativ - al tehnicii. În aceste domenii se constată o evoluție permanentă, ascendentă. Parcă a funcționat un ferment care a determinat o evoluție aproape explozivă, uluitoare, care nici acum nu dă semn că ar scădea în intensitate. Ce este foarte important pentru omenire, este faptul că în domeniul științelor naturii acumularea de cunoștințe noi, tot mai precise, s-a petrecut în special în fizică, chimie și biologie (aplicațiile acestor domenii determinând un salt tehnologic, care a culminat cu activitatea de cucerire a cosmosului).

Vrem să precizăm că, deși nu se recunoaște acest lucru, cuceririle din științele amintite, nu fac decât să recunoască faptul că știința în prezent "descoperă America", în sensul că extraordinarele cuceriri ale științei nu fac decât să ne pună în fața faptului că ceea ce noi descoperim acum, este realizat și aplicat de natură de mii și milioane de ani. Din păcate noi ne dovedim a fi ca "ucenicul vrăjitor", care, cum a făcut primii pași, se repede să sară etape și riscă să facă greșeli care pot avea implicații negative imense. Despre acestea vom vorbi în capitolul 4.3. Antroposfera.

În ultima sută de ani omenirea a făcut câteva salturi care ne interesează acum în mod deosebit: este cazul cercetărilor care au dus la apariția unor direcții noi în știință, cum sunt cibernetica, informatica și inteligența artificială (cu corolarul lor tehnic: calculatoarele, manipulările genetice, folosirea pe scară largă a nanomaterialelor).

Dacă analizăm cu atenție cunoștințele dobândite și le comparăm cu ceea ce a făcut de mult natura, constatăm că ea este cu mult înaintea noastră (spre exemplu, informația biologică funcționează formidabil, pe multiple paliere, aproape fără pierderi de energie, deci are proprietăți evidente antientropice, situație pe care știința încă nu a reușit să le obțină). De aceea credem că observând natura cu mintea de acum, putem găsi în lumea vie mai repede și mai eficient soluții de-a gata (sau mai bine optimizate) decât dacă le-am "descoperi" noi prin încercări lungi și repetate și pe care le putem mai rapid și mai eficient transpune în cunoștințe științifice și tehnice.

Relația informației biologice cu informația cosmică (universală)

Descoperirile științifice, în special în ultimele șase decenii, nu au lăsat nicio îndoială că „informația” joacă un rol central în biologie (Gitt *et al.*, 2013).

Cercetătorii din domeniul informaticii au ajuns la concluzia că există o informație superioară tuturor felurilor de informație descoperite de om. Este vorba de așa numita Informație Universală (alții o numesc Conștiință universală).

Dacă examinăm sistemele în care are loc sinteza a proteinelor care intră în ADN și ARN și ținând seama de existența și perfectă funcționare a Informației Universale (UI), putem concluziona că Informația Universală este într-adevăr prezentă și că este esențială pentru toate procesele biologice (Gitt *et al.*, 2013). Gitt *et al.*, (2013) disting următorii emițători, transmițători și receptori ai Informației Universale:

1. Un expeditor original este un agent inteligent care creează mesajul original al UI;
2. Emițătorii intermediari primesc un mesaj UI și pur și simplu copiază, transmit, afișează sau difuzează mesajul;
3. Receptorii obțin și procesează mesajele și efectuează acțiunea comandată;
4. Receptorii inteligenți au capacitatea de a determina semnificația mesajului.

Biro sintetizează astfel datele despre informația universală: "Ea nu este doar un concept teoretic interesant; ea există cu adevărat. Informația universală nu este doar o componentă de bază a naturii și a limbajelor umane și al comunicării; ea este un sistem de funcționare și de control vital găsit în toată viața biologică de pe pământ" (Biro, 2011).

4.1.2 Energia

Energia este un concept folosit la înțelegerea și descrierea proceselor fizice și chimice. În prezent se consideră că universul care ne înconjoară există sub două forme: de substanță (materie) și câmp de forțe. Materia este caracterizată prin două mărimi fundamentale: *masa* și *energia*. Cea mai generală definiție, prezintă energia ca fiind *măsură a mișcării materiei*. Această formulare, deși corectă, prezintă inconvenientul unei exprimări mai puțin explicite, având în vedere diversitatea mare a formelor de mișcare a materiei.

Energia clasică definește calitatea schimbărilor și proceselor care au loc în univers, începând cu deplasarea în spațiu și terminând cu gândirea. Unitatea și legătura formelor de mișcare a materiei, capacitatea lor de transformare reciprocă a permis măsurarea diferitelor forme ale materiei printr-o măsură comună: energia.

Energia este unul dintre cele mai importante concepte fizice descoperite de om. Înțelegerea corectă a noțiunii de energie constituie o condiție necesară pentru analiza sistemelor și a proceselor energetice. Formal, energia definită în fizica clasică, în mecanică, respectiv în termodinamică, este starea unui sistem fizic oarecare de a efectua lucru mecanic între două poziții diferite ale respectivului sistem fizic în spațiu.

Energia este o *funcție de stare*. Când un sistem fizic trece printr-o transformare, din starea sa în starea de referință, rămân în natură schimbări cu privire la poziția sa relativă și la proprietățile sistemelor fizice din exteriorul lui, adică poate avea: schimbarea poziției, vitezei, schimbarea stării termice, ori schimbarea stării electrice, magnetice atât ale lui cât și ale sistemelor din exteriorul său. Efectele asupra sistemelor externe se numesc acțiunile sistemului în cursul transformării.

Suma echivalenților în lucru mecanic al tuturor acțiunilor externe care se produc când un sistem fizic trece, prin transformare, dintr-o stare dată într-o stare de referință se numește energia totală a sistemului fizic în starea dată față de cea de referință și reflectă capacitatea sistemului de a produce lucru mecanic.

Cele două legi ale termodinamicii sunt:

1. Conservarea energiei există când căldura e inclusă ca formă de energie. Ea, este parte a materiei, cu cele două forme de existență ale sale, substanța și câmpul de forțe. Prima lege, cea de conservare (conservarea masei) a fost formulată de către Antoine Lavoisier.
2. Există o tendință universală spre degenerare și dezordine (entropie). A doua lege a termodinamicii e valabilă în toate sistemele fizice, chiar și la nivelul întregului cosmos. Entropia este unitatea de măsură a dezordinii dintr-un sistem cu mai multe componente (Eddington scria că "legea conform căreia entropia crește mereu, ocupă poziția supremă printre legile naturii"). Când e generată căldură, entropia crește (deoarece entropia câștigă totdeauna).

Ca și restul lumii fizice, viețuitoarele sunt supuse celei de-a doua legi a termodinamicii: entropia - dezordinea – poate, fie să rămână constantă, fie să crească, dar nu poate scădea niciodată. În raport cu acest principiu fundamental, viața în sine constituie un aparent paradox: la ele se manifestă un proces de *negentropie*. Și atunci, cum pot ființele vii să se construiască, să crească și să-și mențină organizarea – deci să creeze și să mențină ordinea – fără o scădere a entropiei? Această întrebare a fost studiată încă din 1944 de către fizicianul și câștigătorul Premiului Nobel Erwin Schrödinger, care a introdus conceptul de negentropie.

Conform acestui principiu, ființele vii funcționează ca sisteme disipative deschise. Deci:

1. ele sunt permanent dependente de un flux de energie care vine din afara sistemului;
2. această energie este folosită pentru a construi structuri ordonate, ceea ce corespunde efectiv unei scăderi a entropiei interne, și
3. eliberează căldură în mediul lor, ceea ce induce o creștere a entropiei externe.

În balanța entropiei globale, dacă luăm în considerare atât ființele vii, cât și mediul lor, entropia crește întotdeauna, iar legile termodinamicii sunt respectate. Întrucât viața depinde de schimburi permanente de energie, orice sistem ecologic are nevoie de o sursă de energie și de organisme capabile să capteze această energie și să o integreze prin organismele autotrofe în rețeaua trofică din care fac parte. Biosfera terestră depinde în primul rând de energia solară, datorită organismelor capabile de fotosinteză (plante, fitoplancton, alge etc.).

Într-o măsură mai mică, alte forme de energie pot fi integrate ca o completare, de exemplu energia geotermală pentru bacteriile termofile. Odată integrată în lanțul trofic, energia este stocată sub formă de energie chimică, și circulă în cadrul rețelelor trofice, trecând de la un nivel trofic la altul: de la autotrofe la heterotrofe, de la pradă la prădători, fără a uita rolul esențial al descompunătorilor. Importanța deosebită a energiei solare pentru biosfera actuală este ilustrată de extincțiile în masă, în care un eveniment catastrofal împiedică radiația solară să ajungă la sol (iarnă vulcanică, iarnă de impact etc.).

Ca urmare, supuse frigului și lipsite de lumină, plantele devin rare, apoi ierbivorele mor de foame, iar apoi este rândul prădătorilor (se crede că un asemenea eveniment a provocat dispariția dinozaurilor la

sfârșitul Cretacicului). În celule, energia poate fi prezentă într-o formă direct utilizabilă (ca adenosin trifosfat), sau dimpotrivă, poate fi stocată pentru mai târziu sub formă de zaharuri simple sau mai complexe, ca grăsime (la animale), sau uleiuri (la plante).

În funcție de diferite criterii, se vorbește despre *diverse forme de transfer energetic*.

Evoluția diferitelor forme de energie

Evoluția energetică este expresia modului în care viețuitoarele obțin și gestionează energia la nivel planetar (Botnariuc, 2006; Godeanu și Popa, 2022).

La început, când existau numai macromoleculele organice, apa oceanului era caldă deoarece scoarța terestră abia se formase și era încă fierbinte, iar circulația apei în raportul vaporii-lichid era foarte activă. Primele macromoleculele de substanțe organice funcționau bazându-se pe energia termică venită și acumulată în apă din tânăra scoarță terestră. Ele au fost capabile să se diversifice pe verticală, în funcție de fluctuația gradientelor de temperatură.

După ce temperatura oceanului planetar primitiv a scăzut și a ajuns sub o anumită limită, deci insuficientă pentru satisfacerea proceselor metabolice primare, a apărut necesitatea procurării de energie și din alte surse. La început a fost utilizată tot energia termică, care era luată și din alte surse naturale (ca de exemplu prin fixarea de substratul bentonic format din roci calde, încălzite de magma din interiorul pământului, sau în apele de suprafață care erau încălzite de radiațiile venite direct de la soare).

Prima alternativă a constat din apariția unor reacții chimice anaerobe, prin reducerea sulfaților sau a azotaților. Acest mod de procurare a energiei există și în prezent la multe tipuri de procariote și eucariote care funcționează în toate mediile de viață lipsite de oxigen liber, dar și în fosele de pe fundul oceanelor. O dovadă de menținere a proceselor chimice anaerobe este și viteza de cicatrizare a rănilor la toate organismele terestre eucariote, pentru că la nivel intracelular procesele anaerobe să nu fie perturbate de acțiunea directă a oxigenului molecular.

Evoluția energetică a continuat, viețuitoarele găsind ulterior o altă soluție mult mai eficientă. La un anumit moment viețuitoarele au fost capabile de a-și sintetiza substanțe pe baza energiei preluate din radiațiile luminoase venite din cosmos. Pentru aceasta, au apărut niște formațiuni speciale –moleculele de clorofilă. Inițial ele se aflau răspândite în mod difuz în corpul unor procariote primitive (cianobacteriile), dar ulterior ele s-au concentrat în organite specializate – cloroplastii. Organisme fotosintetizante, există în prezent la procariote (cianobacterii), la unele protiste eucariote unicelulare (flagelatele fotosintetizatoare și algele) și la unele eucariote pluricelulare (plantele).

După ce au apărut reprezentanții regnului Plantae, organismele fotosintetizatoare, au devenit principalii producători de energie pe baza căreia s-au sintetizat substanțele organice. Toate tipurile de organisme fotosintetizante au devenit veriga de bază a lanțurilor trofice, fiind denumite producători primari. În prezent mediul terestru, cel dulcicol și parțial cel marin (la acesta până unde ajung radiațiile luminoase) este dependent de organismele fotosintetizatoare. Excepție mai fac solul, mediul subteran, sedimentele organice în descompunere, depozitele de necromasă - în care se manifestă predominant procese anoxice.

În figura 103 prezentăm tipurile și amploarea formelor de manifestare a energiilor la nivelul organismelor vii de pe planeta noastră.

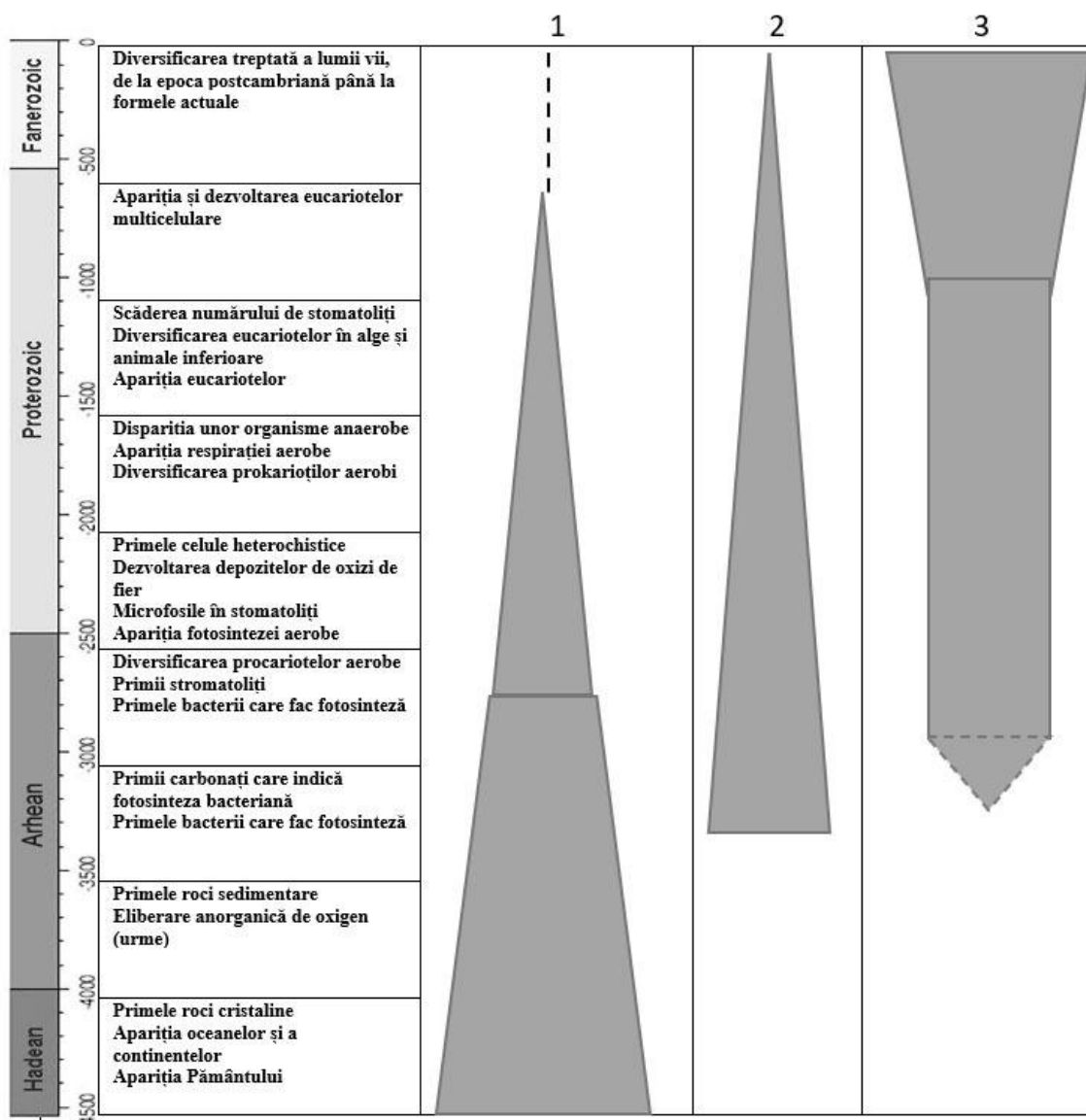


Figura 103. Apariția diferitelor tipuri de energie și intensitatea utilizării lor de către organismele vii. 1-energia geotermală, 2-energia chimică (chemosinteza), 3- energia biochimică (fotosinteza) (Godeanu și Popa, 2022)

4.1.3 Materia

Materia este un termen general pentru toate elementele care ne înconjoară și din care sunt alcătuite toate organismele vii, inclusiv noi, oamenii (<https://ro.wikipedia.org>).

Din punctul de vedere al fizicii, materia este ceea ce alătuiește toate corpurile, deci orice obiect real, care se întâlnește sub formă de substanță sau câmp și există în spațiu. Trăsăturile caracteristice care definesc materia sunt: masa, spațiul, structura internă și energia termică internă a materiei.

Materia este compusă din particule divizibile ca atomi - care se grupează formând molecule. Atomii la rândul lor sunt alcătuiți din protoni, neutroni și electroni - numite și particule elementare. La un milion de ani după explozia inițială începe era materiei, alcătuită din norii de hidrogen, s-au format galaxiile, apoi stelele, iar ulterior, prin fuzionarea atomilor de hidrogen a luat naștere heliul, iar apoi celelalte elemente chimice până la carbon și fier.

Se presupune că prin coliziunea stelelor alcătuite din neutroni, ca și în supernove, s-au format elementele grele. Materia se află sub formă solidă, lichidă, gazoasă, dar și sub formă de plasmă (deci gaz ionizat cu o hidrodinamică magnetică specifică) și un condensat al ionilor Fermi (materie într-o

stare suprafluidă la o temperatură apropiată de zero absolut 0° Kelvin). Orice substanță materială se caracterizează prin: masă, volum, structură și o anumită cantitate de energie calorică.

Materia, la nivel fundamental, este formată din quarci și leptoni⁶⁾. Quarcii se combină pentru a forma hadroni (în principal barioni și mezoani prin intermediul unor forțe puternice și se presupune că sunt întotdeauna limitați în acest fel). Printre barioni se numără protonul (a cărui sarcină electrică este pozitivă) și neutronul (cu sarcină electrică zero), care se combină pentru a forma nucleele atomice ale tuturor elementelor chimice ale tabelului periodic.

Deși legile fundamentale ale fizicii nu indică o preferință pentru materie față de antimaterie, observațiile cosmologice indică faptul că Universul este compus aproape exclusiv din materie. Este foarte interesat de reținut că cea mai mare parte (99,99% din volumul unui atom), este alcătuită din spațiu gol. Aceasta se numește o structură lacunară. Nucleele (deci materia strictă) a doi atomi care constituie „materie” sunt separate și ele printr-o distanță mare de vid (<https://fr.wiktionary.org/>). În mod normal, aceste nuclee sunt înconjurate de un nor de electroni (de sarcină electrică negativă și exact opusă cu cea a protonului). Setul format dintr-un nucleu și un nor care include tot atâția electroni negativi cât protoni pozitivi prezenți în nucleu este un atom. El este neutru din punct de vedere electric, altfel ar fi un ion. Atomii se pot potrivi împreună pentru a forma structuri mai mari și mai complexe, cum ar fi moleculele. Chimia este știința care studiază modul în care nucleele și electronii se combină pentru a forma diferite elemente și molecule. Savantul francez Teilhard de Chardin a inventat principiul noosferei, un fel de mediu de energii psihice care ar învălui pământul, și astfel a afirmat că, după natura gândurilor umane bune sau rele, acestea din urmă pătrunzând în mediul înconjurător, vor fi, printre altele, capabile să genereze organisme vii. În acest caz, materia nu este altceva decât un fel de aluat pentru spirit, deci pentru ființa umană și avem creația în sarcina noastră. După el, materia, la propriu și la figurat, este greutatea noastră pe care o avem de suportat. Nu comentăm!

Noțiunea de **factor de mediu** sau factor ecologic este un element material capabil de a produce o acțiune directă sau indirectă asupra altor elemente materiale, provocând reacții corespunzătoare (<https://ro.wikipedia.org>). Factorii de mediu sunt foarte variați; ei pot fi necesari (utili) sau din contră pot fi dăunători pentru ființele vii și, de asemenea pot, să favorizeze sau să împiedice supraviețuirea și reproducerea organismelor. Se deosebesc mai multe categorii de factori de mediu:

- *factori ecologici*: capabili de a influența viața organismelor. Fiecare organism simte permanent asupra sa acțiunea directă sau indirectă a altor ființe, intră în relații directe cu reprezentanții ai altor specii, depinde de ele, și el însuși exercită o acțiune asupra lor. Lumea organică ce înconjoară orice ființă vie reprezintă o parte a mediului ei de viață.
- *factori abiotici (fizici, climatici și hidrici)*: aerul, apa, lumina, căldura, umiditatea, vântul.
- *factori geomorfologici*: altitudinea reliefului, înclinarea, expunerea.
- *factori edafici*: solul cu proprietățile lui fizice, chimice și biologice.
- *factori biotici*: organismele vii cu interrelațiile lor biocenotice (fitocenotice, zoocenotice).
- *Factori antropogeni*: sunt forme de activitate a societății omenești ce modifică natura din punct de vedere al calității mediului de viață pentru alte specii, sau se răsfrânge în mod direct (nemijlocit) asupra vieții lor.

Evoluția factorilor mediului abiotic

Înainte de a continua să prezentăm cea de a doua și **ultima formă de evoluție a materiei vii – etapa de interconectare a viului cu neviul prin formarea de unități ecologice stabile și specifice – deci de creare a ecosferei**, trebuie să abordăm câteva din problemele referitoare la domeniul larg de care se ocupă o altă știință a naturii, geografia. Acest lucru este necesar deoarece existența organismelor este strâns legată de starea mediului în care ele trăiesc, deci de mediul înconjurător.

După cum am scris la începutul acestei lucrări, înainte de apariția vieții, Terra era asemănătoare cu celelalte planete din sistemul nostru solar, deci avea o scoarță mai tare și un miez fierbinte (era constituită din materiale solide, din materiale lichide/fluide - ambele foarte fierbinți - și materiale

⁶⁾ În fizica teoretică modernă materia are o structură mult mai complicată, dar noi nu suntem interesați de caracteristicile fizice complexe.

gazoase). Dar Terra mai avea ceva și anume apa, care se afla sub două forme: lichidă și sub formă de vapori.

Pentru a folosi eficient substanțele și energia din mediul înconjurător, viețuitoarele s-au adaptat permanent. Ele au "cucerit" treptat toate mediile de viață, pe care apoi le-au utilizat în folosul lor.

Primul mediu, cel în care a apărut viața, a fost mediul acvatic. El este reprezentat de o singură substanță - relativ simplă din punct de vedere chimic-, **apa** (care este o combinație între doar două elemente – hidrogen și oxigen). Numai că în apa aflată în stare lichidă se pot dizolva un număr foarte mare de substanțe anorganice și organice și din care organismele puteau prelua orice le era necesar. Apa are o vâscozitate redusă, poate transporta orice și oriunde, este un bun selector al radiațiilor solare, și este totodată protector în fața radiațiilor cosmice nocive (mai ales pentru primii compuși organici vii, care erau mai sensibili). Și - ce este cel mai important -, apa este un compus care se găsește totdeauna în cantitate mare. Putem vorbi de apa lichidă ca unul dintre cele trei medii principale de viață de pe planeta noastră.

În prezent apa se întâlnește pe Terra sub toate cele trei stări fizice: solidă, lichidă și gazoasă. Cu timpul ea a modificat morfologia scoarței terestre, atât la suprafață, cât și în interiorul straturilor superficiale ale litosferei (deci în mediul subteran); apa a transformat scoarța terestră prin eroziune, dizolvare și ca urmare a precipitațiilor. Ea transformă munții în dealuri și apoi în șesuri, erodează stâncile, determină transportul sedimentelor și acumularea lor în zonele plane, colmatează văile râurilor și depresiunile scoarței terestre, dar și litoralul mărilor și al oceanelor, modelând mereu relieful planetei.

În subteran apa lichidă, prin infiltrații și prin dizolvarea rocilor, a creat un sistem hidrologic diferit de cel de la suprafața pământului. El constă din mări și lacuri interioare de dimensiuni variabile (a nu se uita că sub Sahara există o mare interioară ce conține 150.000 Km³ de apă, iar în America de Nord există cel mai mare rezervor subteran al planetei, bazinul Ogallala - cu un volum de 450.000 Km³ de apă) și dintr-o rețea imensă de ape lin curgătoare, dar și din cavități subterane umede sau uscate. Între apa de la suprafața planetei și cea din subteran este o legătură permanentă, creată de procesele gravitaționale.

Am prezentat apa mai pe larg, pentru a înțelege rolul deosebit de important pe care îl are ea nu numai pentru toate formele de viață, dar și pentru actuala structură a scoarței terestre.

Cu timpul viețuitoarele au cucerit toate mediile geografice: oceanic, apele dulci (curgătoare și stătătoare), zonele mlăștinoase (dulci și sărate, acide sau alcaline), mediile terestre (munți, platouri, câmpii, deșerturi de nisip sau de gheață), mediul subteran (cavități, fante, rezervoare de ape stagnante sau lin curgătoare), dar și mediul aerian (în care s-au adaptat ca să petreacă, măcar o parte din viață o serie de bacterii, protiste, unele animale, sporii multor ciuperci, dar și forme de rezistență sau de reproducere a multor plante).

Se poate deci considera că pe Terra, viața a depins totdeauna de prezența apei aflate în stare lichidă.

În comparație cu apa lichidă, **mediul terestru** nu este propice apariției și menținerii macromoleculilor organice primordiale. În absența apei lichide, mediul terestru este incapabil de schimburi metabolice directe. El a devenit propice vieții numai după ce primele organisme acvatice au colonizat mediile umede și mai ales după ce s-a creat solul, care este asemănător unui imens burete care conține permanent apa (a se vedea capitolul 4.2. Ecosfera naturală). În prezent viața în mediul terestru depinde în proporție de 100% de acest înveliș nou, de materie vie și nevie, care este pedosfera.

Pe planeta noastră există un mediu care este mai puțin abordat: **mediul subteran**, în care viața a pătruns aproape de la începutul ei, îmbrăcând modalități diferite și constituind un tip mai special de ecosisteme. Deși el se află în straturile superioare ale litosferei, el depinde în cea mai mare măsură de apa care se infiltrează în el (prin care circulă sau staționează și care aduce aici și asigură supraviețuirea unei mari varietăți de forme vii).

Aerul, mediul compus din atomi și molecule aflate în stare gazoasă, pulberi și vapori sau particule fine de apă, este, comparativ cu mediul terestru, cu atât mai impropriu apariției vieții. Aerul, care constituie atmosfera, este interfața dintre mediul cosmic și cele trei medii terestre de pe Terra și are proprietăți deosebite pe care le-am prezentat în cadrul unui capitol separat.

Viața nu putea exista fără o componentă spațială, sau dacă organismele nu ocupau un anumit teritoriu. Treptat, în funcție de natura materialului vegetal viu și mort, dar și de condițiile hidrologice și climatice, au apărut modificări climatice cu specific local, care, la rândul lor au influențat, și modificat relieful planetei.

Toate aceste schimbări ale structurii geosferei, hidrosferei, a climatului, a albedoului etc, sunt efectele directe sau indirecte ale funcționării ecosistemelor, și apoi, cu timpul, au dus la apariția unor unități supraecosistemice, denumite de geografi landsafturi, ecobiomi, zone biogeografice, și în final s-a constituit ecosfera (Tabelul 21).

Tabelul 21. Nivelele ecologice de organizare a materiei; componentele sale vii și nevie (Godeanu și Doniță, 2021)

Componenta vie	Componenta nevie	Tipul de sistem ecologic
Biocenoză	Habitat / Biotop	Ecosistem
Biolandșaft	Topolandșaft	Landșaft
Zonă biogeografică	Topozonă	Ecozonă
Biom	Topobiom	Ecobiom
Biosferă	Toposferă	Ecosferă

Multe aspecte din trecutul planetei noastre sunt explicate de geografi, geologi și paleontologi recurgând la aceasta abordare ecologică. În prezent există o ramură importantă a geografiei, biogeografia, care delimitează zonele biogeografice din principalele medii terestre și acvatice (a se vedea capitolul 2.3.2), face propuneri de amenajare a teritoriului pe baze biogeografice și, mai nou, se ocupă de influența omenerii asupra planetei (studiind antroposfera și privind critic spre viitorul ei).

4.1.4 Interacții biosferă – toposferă

Cum interacționează sferele planetei

În alte lucrări am abordat problema paradigmatelor și cea a influenței factorilor biotici la nivel de sisteme ecologice (Doniță și Godeanu, 2017, 2019, 2020, 2021; Godeanu 2016, 2019, 2020; Godeanu și Doniță, 2016, 2021; Godeanu și Popa, 2022). Din ele a reieșit că toate au un numitor comun: acela al modului în care interacția viu ↔ neviu se manifestă în mod specific la fiecare nivel sistemic de organizare din domeniul ecologiei.

Subliniem de la început faptul că din punct de vedere ecologic, se poate constata că sub aspect material, energetic și informațional, planeta noastră este sub controlul biotei! Relațiile informaționale sunt cele directoare, deoarece informația dirijează totul. Ea este predominant de natură biologică și subordonează funcționalitatea desfășurării tuturor proceselor de la nivel atomic, până la cel planetar.

Cele patru sfere ale Pământului interacționează în toate cele șase combinații posibile: litosferă și hidrosferă, litosferă și biosferă, litosferă și atmosferă, hidrosferă și biosferă, hidrosferă și atmosferă, biosferă și atmosferă - și totdeauna în ambele direcții. În plus, considerăm că, în conformitate cu ideea emisă de Barry Commoner, încă din 1972, esența interacțiunilor dintre sferele planetei constă în conceptul său că "toate se leagă de toate".

La interpretarea rezultatelor acestor interacțiuni "toți se pricep". Fiecare specialist își dă cu părerea, vine cu argumente pro și contra din domeniul său de activitate, astfel încât este greu să găsim doi oameni să aibă exact aceleași păreri. Suntem convinși deci, că așa va fi apreciat și acest material.

Un eveniment este o schimbare la unul dintre învelișuri (sferă) sau efectul unei schimbări într-o sferă contiguă. Interacțiunea are loc atunci când un eveniment dintr-o sferă ajunge să afecteze o altă sferă. Un exemplu clasic de interacțiune între sfere este atunci când o plantă (parte a biosferei) ia dioxidul de carbon din atmosferă (din atmosferă) și apă (din hidrosferă), iar săruri minerale prin rădăcinile sale din subteran (din litosferă) pentru a efectua fotosinteza, creindu-și propriile alimente și eliberând oxigen în atmosferă. Un alt exemplu este atunci când vulcanii (litosfera) erup; praful și particulele de cenușă (deci componente ale litosferei) se răspândesc în mare parte în atmosferă și blochează lumina soarelui. Mai puțin soare poate provoca un climat mai rece, mai uscat în anumite părți ale lumii. Clima mai rece afectează biosfera prin scurtarea sezonului de creștere.

Dintre sferele planetei, cea mai mare ca suprafață și diversitate o are biosfera, iar ca factor determinant al prezenței sale pe planetă, este hidrosfera - căci fără ea nu ar exista viață. Lor le vom acorda în principal atenția noastră.

Biosfera este, din punct de vedere cantitativ, un înveliș foarte subțire; cu toate acestea el este de o diversitate uluitoare, posedă cea mai mare capacitate de acțiune și realizează cele mai diverse și versatile acțiuni asupra celorlalte componente ale toposferei. Biosfera nu poate exista fără a nu avea un schimb permanent de informație, energie și materie cu mediul înconjurător neviu (deci cu

componentele toposferei), dar aceste schimburi pot avea loc și între milioanele sale de componente sub care se prezintă pe pământ. Deoarece viața este atât de complicată, tocmai de aceea ea apare și se dezvoltă atât de rar pe alte planete sau în alte sisteme solare (continuăm să sperăm că se va ajunge să intrăm în contact, în viitor, cu alte forme de viață existente în alte sisteme solare).

Interacțiunile biosferă – hidrosferă – litosferă - atmosferă joacă un rol crucial în structura vremii și a climei. Apele de suprafață și fluxurile de schimb de energie conduc dinamica diurnă și sezonieră a stratului inferior al atmosferei, atât la scară locală, cât și regională. Fluxurile de schimb de gaze dintre litosferă și atmosferă afectează compoziția chimică a stratului superficial solid, acționând atât ca sursă, cât și ca un rezervor de gaze ce vin în atmosferă. Ele includ atât gazele cu efect de seră, cât și alte gaze mai reactive care pot modifica chimismul atmosferei, așa cum ar fi izoprenul. Împreună, aceste interacțiuni suprafață-atmosferă domină condițiile de mediu ale vieții de pe pământ. Pe măsură ce emisiile provocate de om modifică bilanțul energetic al pământului, interacțiunile suprafață-atmosferă se schimbă și ele. Ciclurile hidrologice mărite sau reduse și schimbarea lentă a biosferei și a condițiilor de suprafață a solului, ca urmare a schimbării utilizării terenurilor sau a frecvenței în creștere a fenomenelor meteorologice și climatice extreme, nu numai că vor modifica fluxurile locale de energie și apă de la nivel regional, dar vor afecta și ratele de schimb ale gazelor. Ambele sunt de așteptat să creeze feedback-uri cu condițiile atmosferice.

Cele patru învelișuri ale Pământului interacționează neîntrerupt. Datorită acestor interacțiuni, în natură există o capacitate uimitoare de auto-curățare, de auto-reglementare. Dacă am o componentă dereglatoare în vre-un complex natural, în toate celelalte învelișuri apar imediat reacții de autoreglare, sistemul căutând astfel să-și recapete echilibrul.

Apa, deși este și ea peste tot, sub cele trei forme fizice (vapori, apă și gheață), este "utilizată" de componentele biosferei în special în formele sale lichidă și sub formă de vapori. În atmosferă, ea este în amestec cu celelalte gaze, dar și sub formă de vapori de apă care alcătuiesc norii.

Schimbul de energie, apă, dioxid de carbon și alte urme de gaze între biosferă și atmosferă are un impact profund asupra proceselor legate de suprafața solului, structura termodinamică a atmosferei și clima sistemului Pământului. Schimbările în disponibilitatea apei, temperatura sau activitatea vegetației pot modifica aceste interacțiuni. Variabilitatea sezonieră și perioadele de secetă oferă informații importante asupra mecanismelor de feedback care sunt legate de fotosinteză, transpirație și folosirea energiei.

Atmosfera protejează toate ființele vii de pe Pământ de efectele nocive ale radiațiilor ultraviolete de la soare și razele cosmice – particule de mare energie în mișcare, care au o viteză aproape de cea a luminii.

Litosfera, deși are la bază materia solidă din care s-a format planeta la început, are în componența sa și materiale atrase din spațiu, dar și material produse de biosferă, material care formează acum roci specifice. Componentele litosferei, cu aportul biosferei, a creat un înveliș special, pedosfera.

În biosferă a fost creat omul. Acesta este unul din factorii biosferei care de mai puțin de 1000 ani acționează asupra tuturor învelișurilor planetei și a ecosferei, creind o sferă nouă, antroposfera, cea mai tânără - și mai distructivă formă de deteriorare a interacțiilor dintre învelișurile planetei noastre.

În cele ce urmează vom încerca să trecem în revistă succint modul în care viul a modificat componenta nevie a planetei la nivel de ecosferă.

Efectele biosferei și ale componentelor sale asupra planetei

Interacții multiple la nivel planetar

Biosfera a schimbat modul de circulație a elementelor biogene în cadrul circuitelor lor biogeochimice. Biosfera a schimbat structura spectrului luminos al planetei. Văzută din troposferă planeta are câteva culori predominante: albastru (de la culoarea oceanelor, mărilor și lacurilor mari), galben și maroniu (de la culoarea deșerturilor și a zonelor aride lipsite de vegetație) și verde (de la culoarea vegetației terestre care acoperă pedosfera).

Biosfera a determinat un mod nou de circulație a materiei din univers, transformând circulația materiei (de la circuite chimice simple, la spiralele evolutive biochimice).

Biosfera, prin caracteristicile sale antientropice, a schimbat viteza de scurgere a energiei, care în prezent se desfășoară mult mai lent, dar are o eficacitate mult mai ridicată.

Biosfera, prin funcționarea sa complexă și neîntreruptă, a extras din mediu anumiți compuși minerali, creind astfel noi tipuri de roci (cloruri, carbonați, roci sedimentare predominant organice - cărbune, grafit, zăcămintele petroliere etc), care intră acum în mod natural în structura litosferei. Procesele erozionale nu au loc numai mecanisme strict abiotice, așa cum funcționau înainte de apariția biosferei, ci au caracteristici noi, care pun probleme nu numai geologilor, dar și celor care exploatează sau acționează în diferite moduri asupra litosferei (construcții urbane, căi de comunicație terestră, străpungeri de munți (tunele), nivelări de terenuri, minerit, exploatarea ale celor mai diferite componente ale litosferei etc.

Regimul termic al învelișului atmosferic este influențat de repartiția oceanelor și a uscatului (continentelor) pe planetă. În mări și oceane apar curenți pe verticală și pe orizontală, unii calzi, alții reci, care se deplasează pe distanțe de mii de kilometri. Pe parcurs acești curenți permit fie amestecul unor cantități foarte mari de ape, cu temperaturi diferite, fie omogenizarea temperaturilor apelor pe care le străbat.

Un exemplu îl constituie curenții calzi, care transportă apa de la Ecuator la Poli, precum și cei reci, care o deplasează invers, dinspre Poli spre regiunile temperate (de ex. Curentul cald al Golfului – "Gulf-Stream", care scaldă țărmurile nord-vestice ale Europei, sau Kuro-Șivo pentru țărmurile estice ale Asiei, ori cei reci ai Groenlandei, Labradorului, Oia-Șivo). Egalizarea temperaturilor apelor de suprafață este mai evidentă în zona ecuatorială.

Apa și uscatul se comportă cu totul diferit față de insolație. Apele rețin și/sau eliberează mai lent căldura acumulată, pe când în mediul terestru acest proces se desfășoară mult mai rapid.

Prin crearea antroposferei, omul a schimbat structura învelișului vegetal, a distrus parte din pedosferă și a fragilizat funcționarea tuturor învelișurilor pământului. Un prim efect, cel mai vizibil, este efectul încălzirii globale declanșat de omenire în ultimul secol și jumătate (a creat un climat diferit de cel realizat de ecosfera naturală la nivel global în ultimele milenii).

Efectele biosferei asupra scoarței terestre

Interacțiunea dintre biosferă și litosferă este cea mai activă în partea superioară a litosferei, adică chiar la suprafața scoarței pământului.

Primele organisme care au ieșit din mediul acvatic sunt cele care au determinat crearea și dezvoltarea celei mai tinere sferă a planetei, pedosfera.

Biosfera a redus intensitatea proceselor erozionale. Deoarece biosfera a creat covorul vegetal, acesta a produs schimbări deosebite privind acțiunea de protecție împotriva acțiunilor erozionale determinate de factorii climatici și hidrologici asupra scoarței terestre. În acest fel procesele erozionale care se efectuează predominant pe căi fizico-chimice sunt mult încetinite, sau chiar oprite. Efectul constă în reducerea proceselor de colmatare a bazinelor acvatice marine, salmastre sau dulcicole cu apă stagnantă.

Plantele, prin rădăcinile lor, penetrează crăpăturile din litosferă, distrug pietrele dure și le fragmentează, formând sedimente minerale. În crusta acumulată, resturile de plante și animale care se depun pe fundul rezervoarelor, determină formarea unor straturi de sedimente (calcarul sau creta din scheletele diferitelor animale - în special spongieri și celenterate -, depozitele de sedimente organice și altele). Din resturile moarte de plante, pe căi de fermentare abiotică se formează turba și cărbunii, etc.

Efectele hidrosferei asupra biosferei

Aproximativ 70% din suprafața Pământului este acoperită de apă. Acesta este spațiul în care viața a apărut, unde o mare parte dintre viețuitoarele care au trecut în mediul terestru continuă să se reproducă și trăiesc o parte din ciclul lor de viață. O cantitate semnificativă din activitatea biotică se desfășoară în oceane, râuri, pâraie, lacuri și în alte medii acvatice. Fără apă viața din mediul terestru nu poate avea loc. Dacă privim plantele din mediul terestru observăm că ele acoperă cea mai mare parte a continentelor. Ele au nevoie de apă pentru a supraviețui. Apa joacă un rol esențial în procesul de realizare al fotosintezei (deci putem considera apa ca o sursă de hrană), iar plantele ca producători de oxigen (a doua cerință pentru viață) pe care îl respiră atât ele, cât și toate animalele terestre. Interacțiunea dintre biosferă și hidrosferă este cea care furnizează apă plantelor producătoare de oxigen și viața vegetală pentru ca animalele să o mănânce.

Efectele biosferei asupra mediului acvatic marin și oceanic

Interacțiunea dintre biosferă și hidrosferă este esențială, deoarece fără ea, organismele nu pot exista. La rândul ei, biota afectează compoziția chimică a apei. Se apreciază că în ultimii 200 de milioane de ani, salinitatea apei oceanice nu s-a schimbat. Sărurile din apa de mare sunt folosite de organisme pentru funcțiile lor vitale. De exemplu, calciul stă la baza constituirii scheletelor și a cochiliilor melcilor și a scoicilor, dar stă și la baza constituirii suportului celenteratelor care au creat recifii de corali. În prezent compoziția chimică a apelor marine și a celor oceanice se menține constantă tocmai datorită proceselor ce au loc în componenta marină a biosferei planetei noastre.

Biosfera a schimbat și compoziția substanțelor anorganice dizolvate existente în masa acestor ape (ca urmare a reducerii proceselor de chemosinteză și a apariției celor de fotosinteză). Biosfera a dus la apariția proceselor oxidative determinate de prezența oxigenului produs de organismele vii.

Biosfera a determinat apariția unei game foarte largi de compuși organici nevii care se întâlnesc acum în ape sub formă dizolvată, coloidală și particulată. Prezența lor are efecte complexe asupra proceselor fizico-chimice din aceste ape și determină apariția unor reacții chimice cu compușii chimici nevii care existau și anterior în aceste ape. Mai mult, compușii organici produși de organismele vii contribuie la accelerarea proceselor de sedimentare a suspensiilor aduse de apele curgătoare (și care provin din eroziunea rocilor litosferei aflate în mediul terestru și sunt supuse acțiunii factorilor climatici și hidrologici distructivi).

Biosfera a dus la schimbarea parametrilor fizici ai apelor: cel mai adesea organismele din ape schimbă transparenta, temperatura, uneori chiar și viteza de mișcare a maselor de apă. Organismele fotosintetizante aflate în masa apei (algele) au produs oxigenul dizolvat, care, la rândul său, a dus la schimbarea majorității proceselor chimice (care astfel au devenit predominant oxidative) și a celor biochimice din aceste tipuri de ape. Biosfera a dus la crearea mai multor tipuri majore de biocenoze (planctonul și nectonul din masa apei, biocenozele de pe sedimentele solide sau nisipoase din zonele costiere și de pe talvegul zonei litorale, biocenoza de pe sedimentele de nămol organic din zonele bentale etc.).

Tot biosfera a determinat apariția rocilor sedimentare de origine biogenă, care ulterior, prin mișcarea plăcilor litosferei, au ajuns în mediul terestru, unde au creat relieful noi, reprezentate de munți, văi sau platouri formate în special din roci de origine biogenă (de ex. munții calcaroși).

Efectele biosferei asupra mediului acvatic dulcicol

Biosfera acvatică a modificat chimismul apelor, la fel cum a procedat și în mediul acvatic oceanic și cel marin. Biosfera a modificat parametrii fizici ai apelor curgătoare – viteza de scurgere, transparenta, intensitatea proceselor erozionale. Organismele vii au determinat și modificat chimismul apei și sedimentelor (au apărut compuși organici). La rândul lor viețuitoarele se dezvoltă pe substraturi dure, pietroase, asigurând astfel o protecție a lor față de procesele erozionale de origine fizico-chimică din ape, curățând apele de poluanți și de diverși compuși organici biodegradabili). În multe cazuri organismele vii au redus durata de viață a bazinelor de ape stagnante, prin intensificarea proceselor lor de colmatare cu substanțe organice moarte. În alte cazuri au dus la apariția unor zone umede, iar apoi a terenurilor uscate formate din sedimentele organice aduse de ape. Aceste sedimente au determinat - sau asigură și acum - creșterea fertilității terenurilor agricole de pe terenurile aflate în albiile majore ale multor fluvii de pe toate continentele.

Efectele biosferei asupra mediului subteran

Cercetările întreprinse în mediul subteran au evidențiat faptul că viața este prezentă nu numai în soluri, la interfața litosferă-pedosferă, dar și în fantele care există în rocile din care se compune litosfera. În subteran apa lichidă, prin infiltrații și prin dizolvarea rocilor, a creat un sistem hidrologic diferit de cel de la suprafața pământului. El constă din mări și lacuri interioare de dimensiuni variabile și din o rețea imensă de ape curgătoare, dar și din cavități subterane umede sau uscate. Între apa de la suprafața planetei și cea din subteran este o legătură permanentă, creată de procesele gravitaționale ale planetei noastre. Organismele vii pot coborâ până la adâncimi foarte mari, de sute sau chiar mii de metri (unde temperaturile pot fi adesea destul de ridicate), dar se pot întâlni și în cavități subterane, probabil aduse aici de apele de infiltrație venite de la suprafața litosferei. Viața este prezentă, sub diferite forme în toată rețeaua hidrografică subterană a planetei. Organismele existente aici contribuie, prin activitatea lor metabolică, la curățarea acestor ape de infiltrațiile care aduc poluanți, consumă compușii organici dizolvați, sau pe cei aflați sub formă de particule de materie organică moartă. Din păcate despre aceste organisme existente la mari adâncimi, se cunoaște încă foarte puțin.

Efectele biosferei asupra atmosferei

Biosfera, prin acțiunea sa, a provocat schimbări fizice și chimice fundamentale asupra atmosferei terestre, în special a stratului său inferior, troposfera.

Învelișul viu al planetei este responsabil de apariția și creșterea progresivă a cantităților de oxigen dizolvat existent în prezent în atmosfera terestră (el se află într-un procent de peste 21% din compoziția totală a gazelor din atmosfera terestră), dar și a stratului de ozon aflat în stratosferă.

Biosfera a determinat scăderea drastică a dioxidului de carbon (CO₂), dioxidului de sulf (SO₂), și a hidrogenului sulfurat (H₂S) din atmosfera primitivă.

Biosfera este factorul determinant al reducerii semnificative a intensității ploilor acide care corodau scoarța terestră. Tot ea acționează și în prezent în mod activ la reducerea efectelor negative ale poluanților gazoși emiși de diferitele activități antropice în atmosferă.

Aceste trei învelișuri biosfera, hidrosfera și atmosfera sunt interdependente. În moduri mai subtile, interacțiunile atmosferă-biosferă influențează sănătatea aerului pe care îl respirăm: vegetația elimină aerosolii, oxigenul și alte gaze reactive din aer. Biosfera terestră captează aproape 30% din emisiile de dioxid de carbon provenite de la combustibili fosili. Poluanții atmosferici afectează la rândul lor biosfera. Acizii ajunși în aer pot suprima creșterea plantelor. La rândul lor praful ajuns în aer, aerosolii și vaporii de apă au efecte directe și indirecte asupra formării norilor, proces care duce la scăderea radiației luminoase, sau, dimpotrivă, conduce la creșterea radiației difuze.

Plantele emit o mare diversitate de compuși organici volatili care au diferite funcții fiziologice și ecologice. Acești compuși afectează chimismul atmosferei și au efecte în cascadă asupra comunităților de organisme, a ecosistemelor, a calității aerului și climei. Estimările actuale prevăd o creștere substanțială a emisiilor de substanțe biochimic active ca răspuns la schimbările globale. Temperatura este prima care este de așteptat să fie afectată, ceea ce înseamnă că va crește și intensitatea fotosintezei și apoi a eliberării în atmosferă a substanțelor volatile.

Biosfera terestră influențează atmosfera prin multe procese. Unele dintre cele mai importante includ schimbul de CO₂ și distribuirea energiei sub forma unor fluxuri de căldură latentă. Sensibilitatea biosferei terestre la climă și chimia atmosferică face ca biosfera și atmosfera să se comporte ca un sistem cuplat, cu potențialități sporite pentru feedback-uri pozitive și negative mai puternice. Perturbarea antropică a ecosistemelor naturale, a climei și a chimiei atmosferice schimbă în prezent acest sistem cuplat pe o mare parte a suprafeței terestre a Pământului. Înțelegerea comportamentului lor astfel cuplat este o prioritate pentru cercetare, nu în ultimul rând din cauza rolului major al ecosistemului terestru în ciclul global al carbonului, dar și datorită semnificației caracteristicilor suprafeței pentru clima locală și regională prin efectele sale biogeofizice.

Viața oamenilor depinde de interacțiunile dintre atmosfera Pământului și biosferă. Plantele furnizează oxigenul pe care îl respirăm, elimină dioxidul de carbon pe care îl expirăm și, prin transpirație - evaporarea controlată biologic a apei din frunzele plantelor – furnizează o mare parte din apa care cade din atmosferă asupra culturilor noastre și care ne umple rezervoarele cu apă potabilă.

Biosfera a determinat variate schimbări macroclimatice și microclimatice, ca urmare a dezvoltării covorului vegetal, dar și separat, asupra celorlalți factori climatici.

Efectele biosferei asupra proceselor energetice la nivel planetar

Biosfera a determinat diversificarea formelor de obținere și stocare a energiei la nivel planetar. Dacă până la apariția ei, energia se obținea din reacțiile termonucleare care aveau loc în centrul planetei, în prezent biosfera, ca urmare a procesului de fotosinteză a permis producerea, iar apoi stocarea acestei energii sub formă de biomasă, care, după moartea plantelor, a dus la formarea depozitelor fosile de țiței, cărbune și gaze naturale.

Circuitele biogeochimice

Un circuit biogeochimic poate fi considerată calea prin care un element - prezent sub o serie de diverși compuși chimici circulă între diferitele componente ale biosferei și cele ale toposferei. Principalele cicluri biogeochimice sunt ciclul apei, ciclul carbonului și ciclul azotului. În fiecare ciclu, elementul sau molecula chimică sub care se prezintă elementul respectiv la un anumit moment dat este transformat și circulă cu viteze diferite prin organismele vii și prin diferite forme existente în atmosferă, hidrosferă, pedosferă sau litosferă (unele poate fi stocată uneori pentru perioade diferite de timp).

Ciclurile biogeochimice implică interacțiunea proceselor biologice, geologice și chimice. Procesele biologice includ influența organismelor, care sunt factori critici ai ciclului biogeochimic. Acestea au capacitatea de a efectua o gamă largă de procese metabolice esențiale pentru ciclul de nutrienți și substanțe chimice la nivelul tuturor ecosistemelor. Fără acțiunea organismelor vii multe dintre aceste procese nu ar avea loc. Acest lucru poate avea un impact semnificativ asupra funcționării tuturor tipurilor de ecosisteme, dar și asupra tuturor ciclurilor biogeochimice la nivel planetar, deoarece ciclurile sunt interconectate și joacă roluri importante chiar și în reglarea climei. Subliniem de la început că toate activitățile umane pot perturba ciclurile biogeochimice, cu urmări greu de estimat, deci implicit și toate echilibrele ecologice la nivel planetar.

Conceptul de ciclu biogeochimic a fost introdus tot de biogeochimistul Vernadski în 1945.

În prezent sunt destul de bine cunoscute următoarele circuite biogeochimice:

- Circuitul apei în natură
- Circuitul carbonului
- Circuitul hidrogenului
- Circuitul oxigenului
- Circuitul azotului
- Circuitul sulfului
- Circuitul fosforului
- Circuitul unor metale.

Existența unor astfel de cicluri, conferă ecosferei o putere considerabilă de autoreglare, fapt care asigură perenitatea lor. Cercetările au dus la constatarea că există o rată relativ constantă de circulație a fiecărui element. În orice ciclu biogeochimic se deosebesc anumite etape în care circulația se desfășoară rapid (de pildă, azotul din sol) și etape în care circulația se desfășoară mai lent (de pildă, azotul atmosferic). În raport cu capacitatea substanței de a se reîntoarce în circuitul general al elementului respectiv, deosebim două categorii de cicluri biogeochimice globale:

- *Ciclurile relativ perfecte sau gazoase.* Acestea există la apă, oxigen, carbon și azot. Rezervorul principal al acestor elemente îl reprezintă atmosfera.
- *Ciclurile relativ imperfecte sau sedimentare.* Ele există la fosfor, calciu, fier, sulf, seleniu, mercur etc.. Rezervorul principal al acestor elemente îl reprezintă litosfera. Alături de aceste elemente există și alte cicluri mai puțin importante, ca de exemplu cel al mercurului și al multor metale.
- *Ciclul perfect este cel al apei.* Apa nu este un element, ci un compus chimic esențial pentru biosferă necesar pentru desfășurarea celor mai multe procese din cadrul componentelor toposferei.
- *Cicluri ale unor compuși sintetizați de oameni.* Asemenea cicluri au apărut începând din secolul XIX; ele sunt tot mai frecvente. Așa sunt ciclurile detergenților, pesticidelor, sau ale unor medicamente de sinteză, despre care avem prea puține informații, dar care pe viitor pot ridica probleme mari legate de viteza lor de circulație, sau de remanența în diferitele componente ale ciclurilor biogeochimice naturale.

În cadrul ciclurilor biogeochimice substanțele care apar, posedă perioade diferite de remanență. Unele au durate de viață de ordinul orelor, altele de ordinul anilor, sau chiar al mileniilor.

Figura 104, prezintă schematic circulația energiei și a materiei la nivelul sistemului ecologic global (al ecosferei). Principala formă de energie folosită în prezent pe planeta noastră, cea venită de la soare, determină funcționarea sistemelor vii pe baza transformării ei prin procesul de fotosinteză a plantelor.

Energia și nutrienții circulă de la producătorii primari (plante) prin consumatorii primari (ierbivorele), apoi energia trece prin o succesiune de consumatori de ordin superior (carnivorele și paraziții). La moartea producătorilor și a consumatorilor, necrofagii și degradatorii readuc în sol elementele minerale, care pot astfel să își reia ciclurile biogeochimice. În cursul acestor procese, și energia este redată naturii, dar sub formă de căldură și mișcare.

Această trecere alternativă între toposferă și biosferă (deci între mediul neviu și cel viu) se constituie într-un ciclu biogeochimic. Această constanță remarcabilă de schimburi dintre diferitele elemente ale componentei neviu și cele vii din cadrul ciclurilor biogeochimice determină o mare capacitate de autoreglare, care asigură biosferei permanența sistemelor ecologice, dar și a ecosferei în integralitatea sa.

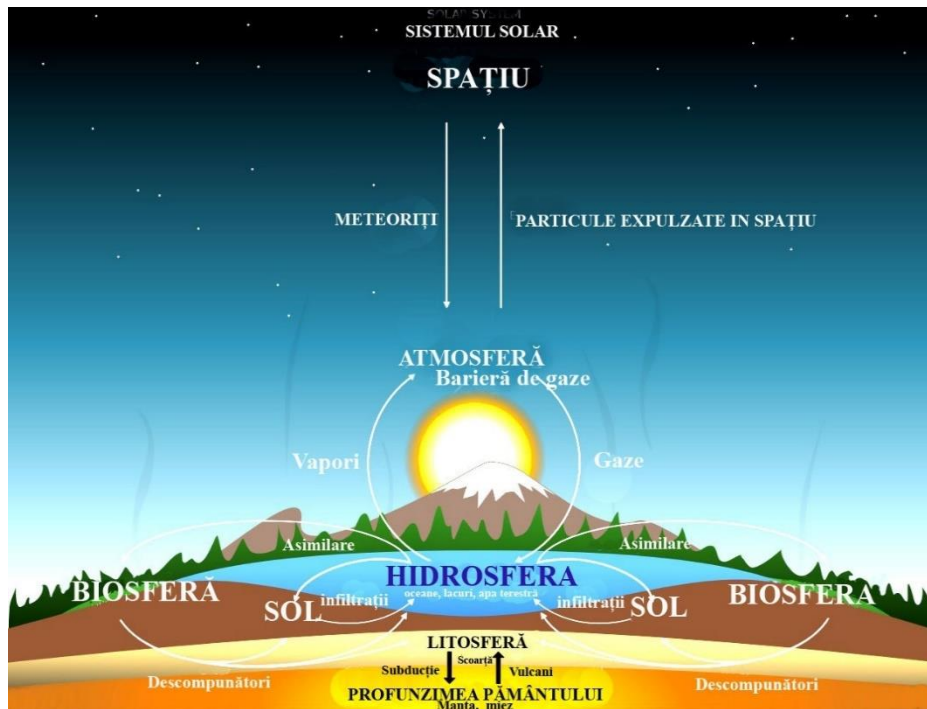


Figura 104. Schema generală a circulației energiei și materiei în cadrul ciclurilor biogeochimice (https://ressources.uved.fr/modules/moduleDynResNat/html/m2c1_1.html, modificat)

Principalele circuite biogeochimice

1. Circuitul carbonului

Circuitul carbonului din natură este format dintr-o serie de schimburi succesive de substanțe care conțin acest element. În figura 105 sunt prezentate fluxurile carbonului care se desfășoară între atmosferă, biosferă, hidrosferă și litosferă. Cea mai mare parte a carbonului de la care se pornește circuitul biogeochimic al carbonului se află sub formă gazoasă, în special cel sub firmă de dioxid de carbon.

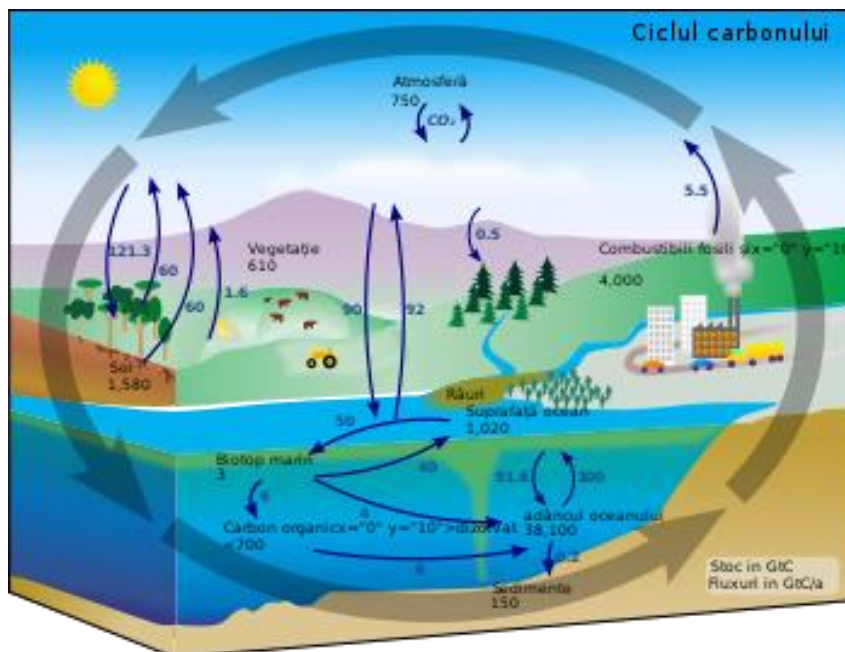


Figura 105. Ciclul carbonului în natură (https://ro.wikipedia.org/wiki/Circuitul_carbonului_%C3%AEn_natur%C4%83)

În cadrul biosferei toate organismele vii elimină prin respirație dioxid de carbon. În timpul zilei plantele asimilează carbonul din CO₂ și, cu ajutorul luminii solare, prin procesul de fotosinteză îl transformă în combinații organice, eliberând oxigenul. Capacitatea biosferei de a asimila carbonul este totuși, limitată.

Între atmosferă și hidrosferă CO₂ este un gaz relativ solubil în apă și există un echilibru al concentrației sale aici. Océanele conțin dizolvate cantități imense de CO₂, care, în caz că echilibrul ar fi perturbat, ar putea fi eliminate în atmosferă, ducând la o perturbație climatică extremă. Solubilitatea gazelor în apă descrește pe măsură ce temperatura apei crește. Ca urmare la o încălzire a apei oceanelor, eliberarea intensă de CO₂ în atmosferă devine un pericol real.

Principalele mecanisme de utilizare a carbonului la nivelul biosferei sunt fotosinteza, respirația și oxidarea.

În prezent între atmosferă și litosferă carbonul este eliberat sub formă de CO₂ și prin activități antropice (mai ales prin arderea combustibililor fosili). Se consideră că în ultima jumătate de secol au fost emise în atmosferă cantități foarte mari de CO₂ și metan, care, prin efectul de seră au dus la demararea unui fenomen de încălzire globală.

Circuitul carbonului are loc cu o viteză relativ mare. Carbonul circulă în diverse medii nevii și în interiorul biocenozelor prin intermediul rețelelor trofice. Carbonul este prezent în natură sub formă de roci calcaroase de origine biogenă, de carbonați minerali și sub formă gazoasă (ca dioxid de carbon). Atmosfera conține dioxid de carbon în proporție de 320 ppm. Rezervorul de CO₂ din atmosferă se cifrează la 700 x 10⁹ tone, iar cel din hidrosferă la 50.000 x 10⁹ t. Biomasa realizată prin sinteza anuală de către plante se estimează a fi între 30 x 10⁹ t și 150 x 10⁹ t.

Cu tot consumul mare de carbon preluat din atmosferă și asimilat de către organisme, cantitatea sa în atmosferă se menține constantă de-a lungul timpului, deoarece în natură mai există un alt rezervor important de CO₂, cel care se găsește în oceanul planetar.

Ciclul global al carbonului se realizează din următoarele rezerve majore de carbon care sunt interconectate: atmosfera terestră, biosfera, oceanul (prin compușii organici și anorganici dizolvați și prin cel existent în biota marină vie și moartă), sedimentele organice, combustibilii fosili și depozitele din interiorul litosferei. Schimburile de carbon între rezervoare apar ca rezultat al diferitelor procese chimice, fizice, geologice și biologice. Oceanul conține cel mai mare bazin activ de carbon de lângă suprafața pământului.

Fluxurile naturale de carbon între atmosferă, oceane, ecosistemele terestre și sedimente sunt destul de echilibrate; astfel încât nivelurile de carbon ar fi aproximativ stabile fără influența umană. Fluxurile naturale de carbon între atmosferă, oceane, ecosistemele terestre și sedimente sunt destul de echilibrate; astfel încât nivelurile de carbon ar fi aproximativ stabile în lipsa influențelor umane.

2. Circuitul hidrogenului

Hidrogenul este un element care participă activ la ciclurile biogeochimice ale apei, carbonului, oxigenului, azotului și sulfului. Rolul hidrogenului constă în schimburile atomilor de hidrogen care au loc între sursele biotice și cele abiotice ale acestui element (Figura 106).

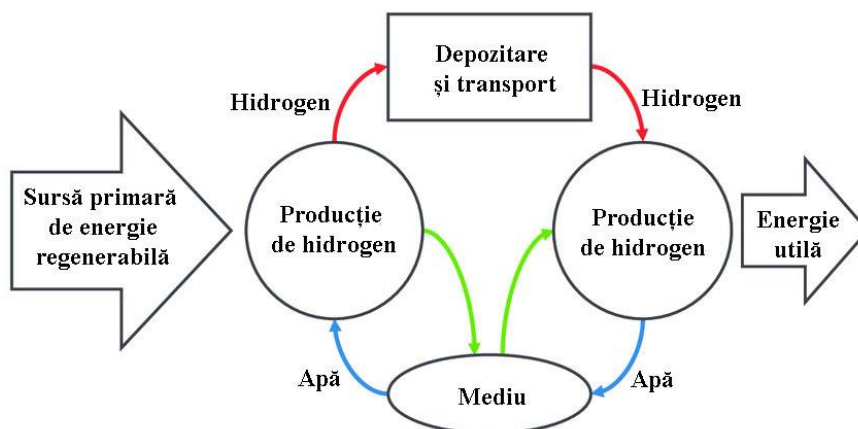


Figura 106. Circuitul biogeochimic al hidrogenului (https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&sca_esv=583632294&q=biogeochemical+cycle+of+hydrogen&tbm=isch&source)

Microorganismele anaerobe joacă un rol important în fermentația anaerobă a multor substanțe organice, intrând în reacție cu dioxidul de carbon și cu metanul, deoarece acționează ca un fel de simbiot în unele arheele metanogene și bacteriile anaerobe nemetanogene (care în cursul proceselor lor metabolice descompun unele substanțe organice, producând printre altele și hidrogen molecular (H_2), pe care apoi bacteriile metanogene îl folosesc pentru a sintetiza metanul (CH_4), chiar și în condițiile în care concentrația de hidrogen din mediu este deosebit de scăzută și favorizează producerea compuşilor bogați în hidrogen).

Ciclul hidrogenului constă în schimburi ale acestui element între sursele biotice și abiotice și rezervoarele de compuși care conțin hidrogen. Ca o consecință a metabolismului microbial sau a interacțiunilor naturale rocă-apă, se poate crea hidrogen gazos. Alte bacterii pot consuma apoi hidrogen liber, care poate fi oxidat fotochimic în atmosferă (sau poate fi pierdut în spațiu). Se crede, de asemenea, că hidrogenul a fost un reactant important în chimia prebiotică și evoluția timpurie a vieții pe Pământ și – potențial - în alte părți ale Sistemului Solar. În acest fel se eliberează hidrogenul gazos, care este preluat de unele bacterii și oxidat fotochimic.

Hidrogenul sub forma sa gazoasă este implicat în reacțiile apă-rocile din litosferă (cum sunt cele care au loc în subsolul oceanic lângă gurile hidrotermale care erup magmă și gaze) și în multe reacții fotochimice de oxidare a unor minerale (cum este siderita). Hidrogenul este produs de enzimele hidrogenaze și nitrogenaze în multe microorganisme, dintre care unele sunt studiate pentru potențialul lor de producere a biocombustibililor, deoarece fermentarea ca parte a lanțului alimentar microbial anaerob are loc pe căi dependente fie de lumină, fie în absența acesteia.

Oxidarea anaerobă a hidrogenului are loc adesea în timpul transferului său între specii, în care acest gaz este produs și transferat către un alt organism, care îl folosește pentru a reduce dioxidul de carbon la metan, acetat, hidrogen sulfurat sau pentru a trece fierul trivalent în fier bivalent. Acest transfer de hidrogen menține concentrațiile optime ale moleculelor de hidrogen, deoarece fermentația devine mai puțin favorabilă termodinamic pe măsură ce presiunea parțială a acestui gaz crește.

3. Circuitul oxigenului

Circuitul oxigenului evidențiază modul în care acest element trece din atmosferă în biosferă apoi, în hidrosferă, litosferă și pedosferă, pentru a reveni în biosferă (Figura 107)

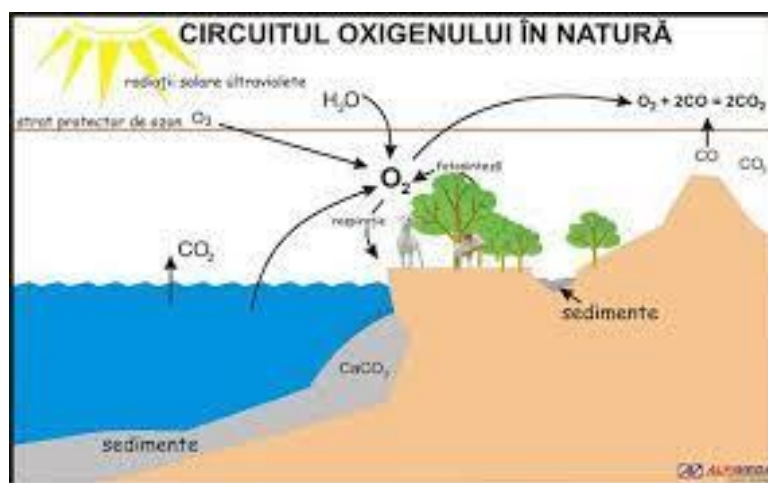


Figura 107. Circuitul biogeochimic actual al oxigenului (https://en.wikipedia.org/wiki/Oxygen_cycle)

Din punct de vedere cantitativ, după carbon, oxigenul este principalul component al substanțelor organice vii. Ciclul oxigenului este complicat, deoarece intră în compoziția unui număr mare de compuși, care au diferite forme și funcții atât în mediul viu, cât și în cel neviu, creind astfel numeroase subcicluri în cadrul aceluiași ciclu global al oxigenului.

Oxigenul nu era decât ca urme în atmosfera primitivă a planetei Terra. El a fost produs de către organismele autotrofe. Oxigenul, având o origine biogenă, este acum prezent atât în atmosfera terestră, cât și sub formă de diverși oxizi în sedimente calcaroase, în depozitele feruginoase din litosferă, cât și în apa din hidrosferă.

Eliberarea oxigenului din apă în cursul procesului de fotosinteză a început probabil imediat după apariția în oceanul primitiv a bacteriilor fotoautotrofe și s-a intensificat odată cu trecerea viețuitoarelor de la mediul acvatic la cel terestru.

Remintim rolul fundamental în crearea stratului de ozon care protejează biota terestră de influența negativă a radiațiilor planetelor și controlul lor asupra concentrației oxigenului actual din atmosfera planetei. Oxigenul molecular eliberat de organismele autotrofe prin disocierea moleculelor de apă poate fi considerat deci ca fiind de origine strict biogenă. Ciclul oxigenului are loc în principal între atmosferă și biosferă, el decurgând invers comparativ cu producția de dioxid de carbon.

În prezent este un echilibru între producția de oxigen atmosferic și viteza cu care are loc reînnoirea sa de către producătorii primari. Acest proces se desfășoară într-un ritm destul de rapid, care a avut loc acum 2000 ani. În contrast, anhidrida carbonică din atmosferă are un timp de reînnoire de numai 300 ani!

În condiții naturale, excluzând acțiunea umană modernă de poluare și distrugere a oxigenului prin diverse mijloace tehnice, fotosinteza și respirația sunt foarte echilibrate, astfel încât procentul de oxigen din atmosferă rămâne constant. Detalii privind acțiunea omului asupra atmosferei vor fi date și în cap. 3.6. (Omul și antroposfera).

4. Circuitul azotului

Circuitul azotului în natură reprezintă procesul de circulație continuă al azotului între atmosferă, scoarța terestră, organismele animale și cele vegetale. În timpul acestui circuit, acest element chimic trece prin diverse forme și combinații chimice (Figura 108). Ciclul global al azotului reactiv include în prezent producția de îngrășăminte industriale, azotul fixat de ecosistemele naturale, azotul fixat de oceane, azotul fixat de culturile agricole, oxizi de azot emiși de arderea biomasei sau emiși din sol, azot fixat de fulgere, oxizi de azot emiși de ecosistemele terestre, depozitele de azot din mediul terestru și din oceane, emiși din oceane, sau din atmosferă și denitrificarea care are loc în oceane. Ciclul biogeochimic al azotului este foarte echilibrat, deoarece pe măsură ce acest element este consumat, mecanismele active de feed-back readuc azotul din nou în circuit.

Conversia azotului poate fi realizată atât prin procese biologice, cât și prin procese fizice. Procesele importante din ciclul azotului includ fixarea, amonificarea, nitrificarea și denitrificarea. Majoritatea atmosferei Pământului (78%) este azot atmosferic, ceea ce o face cea mai mare sursă de azot. Cu toate acestea, azotul atmosferic are o disponibilitate limitată pentru uz biologic, ceea ce poate conduce la un deficit de azot utilizabil în multe tipuri de ecosisteme.

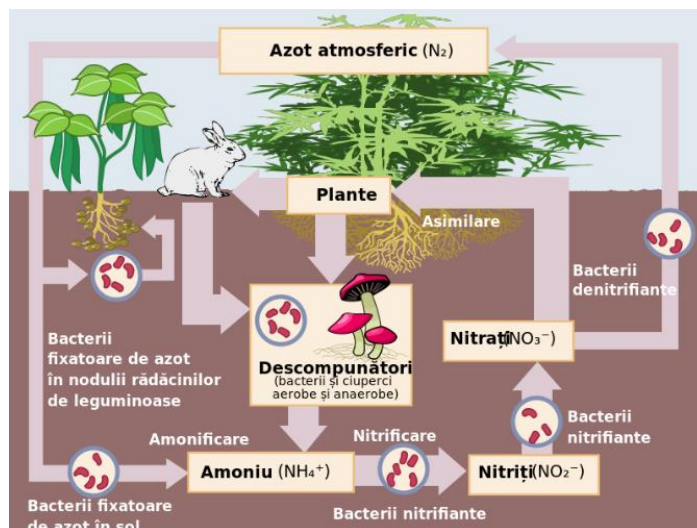


Figura 108. Ciclul azotului în natură

(https://ro.wikipedia.org/wiki/Circuitul_azotului_%C3%AEn_natur%C4%83#/media/Fi%C8%99ier:Nitrogen_Cycle_ro.svg)

Ciclul azotului prezintă un interes deosebit, deoarece disponibilitatea azotului poate afecta rata proceselor cheie ale ecosistemului, inclusiv producția primară și descompunerea necromasei. Activitățile umane, cum ar fi arderea combustibililor fosili, utilizarea îngrășămintelor artificiale cu azot și

eliberarea de azot în apele uzate au modificat dramatic ciclul global al azotului. Modificarea antropică a ciclului global al azotului poate afecta negativ mediul natural, dar și sănătatea oamenilor.

Azotul este prezent în mediu într-o mare varietate de forme chimice, inclusiv azot organic, amoniu (NH_4^+), nitriți (NO_2^-), nitrați (NO_3^-), protoxid de azot (N_2O), oxid nitric (NO) sau azot gazos anorganic (N_2). Azotul organic poate fi sub formă de organisme vii, humus sau se află în produșii intermediari de descompunere a materiei organice moarte.

Procesele din ciclul azotului sunt transformarea azotului dintr-o formă în alta. Multe dintre acestea sunt efectuate de microbi, fie în efortul lor de a obține energie, fie de a acumula azot într-o formă necesară creșterii lor. De exemplu, deșeurile azotate din urina animală sunt descompuse de bacteriile nitrificatoare din sol pentru a fi folosite de plante. Diagrama din figura 108 arată cum aceste procese se cuplează pentru a forma ciclul azotului.

În ecosferă există rezerve practic nelimitate de azot (în special sub formă moleculară în atmosferă și sub formă de compuși ai azotului în sol). Formele azotului accesibile pentru plante sunt azotații. O sursă de obținere a azotaților pentru plante o constituie organismele fixatoare de azot atmosferic (de exemplu, Bacteria *Radicicola* fixează până la 280 kg azot/ha/an).

În procesul de fixare a azotului participă și unele metale tranzitionale, printre care mai frecvente sunt fierul și molibdenul. După ce sunt înglobați în protoplasma plantelor, azotații sunt preluați de animale și incluși în protoplasma acestora.

De aici o parte trec în uree, iar alta, după moartea organismelor, sub acțiunea bacteriilor se transformă în amoniac (https://ro.wikipedia.org/wiki/Circuitul_azotului_in_natură).

O sursă de amoniac o reprezintă descărcările electrice din atmosferă și emanațiile vulcanice; o parte din acest gaz ajunge în corpul plantelor, iar altă parte, sub influența bacteriilor se transformă în nitriți și nitrați. Parțial, nitriții, sub acțiunea microorganismelor denitrifiante pot ajunge din nou în atmosferă sub formă de azot molecular.

În prezent, circuitul biogeochimic al azotului este modificat datorită factorilor antropici printre care cei mai importanți sunt agricultura și poluarea. Procesele industriale de fixare a azotului atmosferic pentru a produce îngrășăminte chimice constituie, de asemenea, o altă cauză de perturbare a circuitului biogeochimic al azotului.

5. Circuitul sulfului

Cea mai mare parte a ciclului sulfului este de natură sedimentară și are loc în ape și soluri. Ciclul sulfului este considerat a fi echilibrat în absența acțiunii umane, deoarece stocurile și fluxurile sunt substanțial constante în interiorul și între diferitele compartimente ale biosferei (Figura 109).

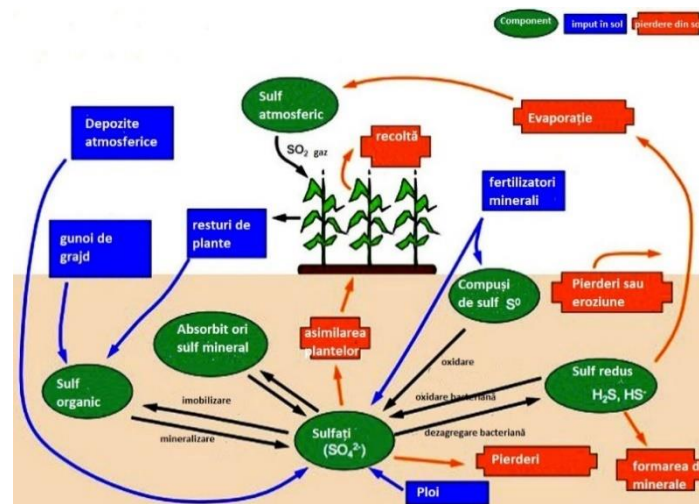


Figura 109. Circuitul sulfului în natură

(<https://www.google.com/search?q=circuitul%20azotului%20in%20natura%20schema&tbm=isch&client=firefox-b-d&hl=en&sa=X&ved=0CKkBEKzcAigAahcKEwiAtKTjqf>)

Principala sursă de sulf disponibilă ființelor vii este sulfatul. Solubilitatea în apă a multor sulfatați îi face singura formă elementară, anorganică de sulf disponibilă ecosistemelor. Sulfatații sunt absorbiți de plante

care îi reduc și produc aminoacizi sulfurați. Sulfurul ajunge în mod normal în atmosferă prin vulcanism, ca produs de fermentație în zonele mlăștinoase, ca nămol de fermentație acumulat în sedimente marine (atât cele costiere, cât mai ales cele din fantele abisale). Se estimează că deși vulcanismul eliberează în atmosferă în medie 28 de milioane de tone de sulf/an (în principal sub formă de dioxid de sulf), totuși această producție este inferioară celei produse de microorganismele sulfatreducătoare.

6. Circuitul fosforului

Circuitul fosforului seamănă destul de mult cu cel al azotului. El este un constituent indispensabil organismelor vii pentru a-și constitui propria materie organică, chiar dacă greutatea și ponderea sa este relativ mică în comparație cu cea a azotului sau a potasiului.

Rolul său este legat de stocarea și transferul de energie (pentru producerea de acizi nucleici) și formarea multor compuși structurali (nucleotide, fosfolipide, coenzime ș.a.). De aceea el este deosebit de important pentru toate organismele vii. Fosfatul este un element limitator în multe ecosisteme terestre, deoarece disponibilitatea sa este direct legată de alterarea suprafeței rocilor (Figura 110).

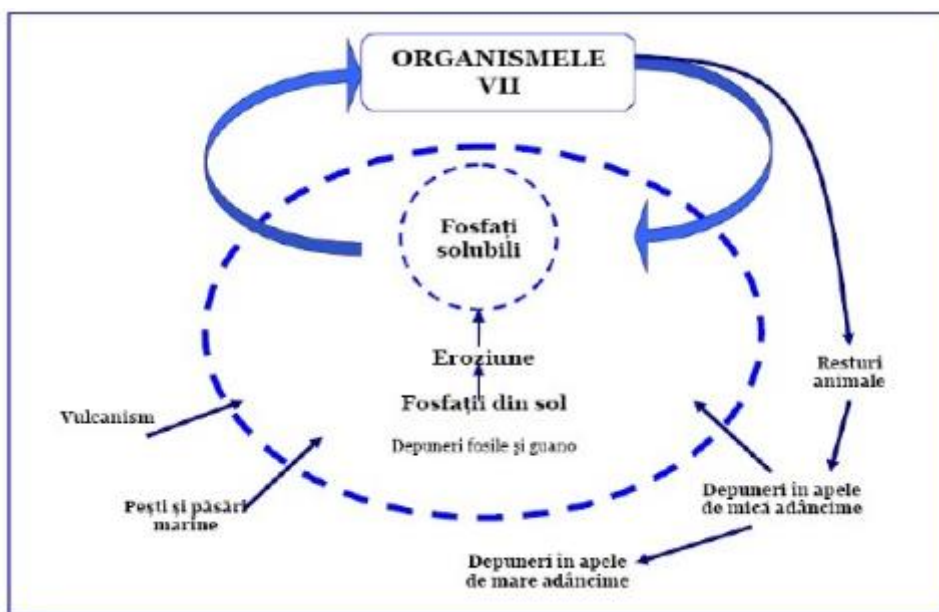


Figura 110. Circuitul fosforului în natură (<https://www.scribd.com/doc/73359475/Circuitul-Fosforului-in-Natura>)

Neavând faza gazoasă în cantitate semnificativă, fosforul nu afectează atmosfera. El este mai mult în litosferă, pedosferă și în hidrosferă. Odată cu activitatea umană, efectul poluant al unor compuși care conțin fosfor se manifestă în mod semnificativ (în special scurgerile de ape uzate și deșeurile care sunt adunate în diferitele sisteme acvatice, contribuind la fenomenul de eutrofizare). Efectul limitativ al fosforului este perturbat de intrările antropice, care pot provoca probleme de mediu privind accelerarea proceselor de eutrofizare a tuturor tipurilor de ape, deoarece fosforul în exces stimulează înmulțirea algelor verzi. Sedimentele marine sunt o capcană pentru fosfor, ele primesc fosfor sub formă de particule și pot adsorbi fosforul dizolvat.

Concentrația de fosfat din sedimente este de ordinul a 0,02 - 0,1 mg/cm³. Ciclul de viață al fosforului este legat de lanțurile trofice din ecosistemele acvatice, care încep cu fitoplanctonul. Acest fitoplancton este consumat de zooplancton, iar mai departe de pești sau moluște. Acestea pot fi mâncate de păsări marine care permit fosforului să se întoarcă pe uscat (în cea mai mare parte prin excrementele și cadavrele lor). În general, fauna sălbatică joacă un rol important, deși el este mult subestimat în ciclul fosforului.

Pescuitul contribuie și el la reintroducerea fosforului în mediile terestre.

În soluri, compușii simpli ai fosforului (pe bază de oxizi de Fe, Al și argile), sunt inutilizabili de către consumatorii primari. Pentru ca acest lucru să fie fezabil, trebuie să fie sub formă de ioni de fosfat în soluție.

Fosforul trebuie desorbit din fazele minerale ale solului, eliberat prin dizolvarea mineralelor fosfatice, sau fosforul organic trebuie degradat de enzime specifice (fosfataze), astfel încât ionii fosfatici să fie disponibili plantelor. Acesta este modul în care fosforul intră în circuitul său.

Oamenii au provocat schimbări majore în ciclul global al fosforului, prin exploatarea industrială a mineralelor fosforice și utilizarea îngrășămintelor cu fosfor, precum și transportul alimentelor de la ferme la orașe, unde se pierd sub formă de deșeuri în efluenți.

Clima planetei

Clima reprezintă dinamica statistică a tuturor fenomenelor meteorologice dintr-un anumit loc sau regiune de pe glob, într-un interval de timp relativ mare (Organizația Mondială a Sănătății a estimat că intervalul optim pentru a defini o climă ar trebui să fie de circa 30 ani). Principalele elemente care se urmăresc sunt radiația solară, temperaturile medii pe uscat și în apă, presiunea atmosferică, mișcările maselor de aer, cantitatea de precipitații, umiditatea, latitudinea, altitudinea, raportul mare/uscat, existența curenților marini, a vânturilor dominante, existența unor bariere de munți, frecvența de apariție a unor condiții meteorologice extreme și în mai mică măsură covorul vegetal.

Schimbările climatice se datorează de obicei unor factori naturali externi (de exemplu modificări ale emisiilor solare sau ale orbitei planetei, apariția unor procese interne ale sistemului climatic determinate de diferite impacte umane, etc.).

Clasificarea zonelor climatice. Zonele de climă ale Pământului se împart în 3 mari categorii, fiecare cu mai multe subcategorii:

1. **Zona caldă**, cu subcategoriile de climat ecuatorial, subecuatorial, tropical-uscat (deșert) și tropical-umed.
2. **Zona temperată**, cu subcategoriile de climat subtropical (clima mediteraneană), temperat-maritim, temperat-continental și cel de climă rece temperată.
3. **Zona rece**, cu subcategoriile de climat subarctic (subpolar) și cel polar.

Distribuția acestor climate pe glob depinde de factorii de mediu prezentați anterior și este ilustrată în figura 111.

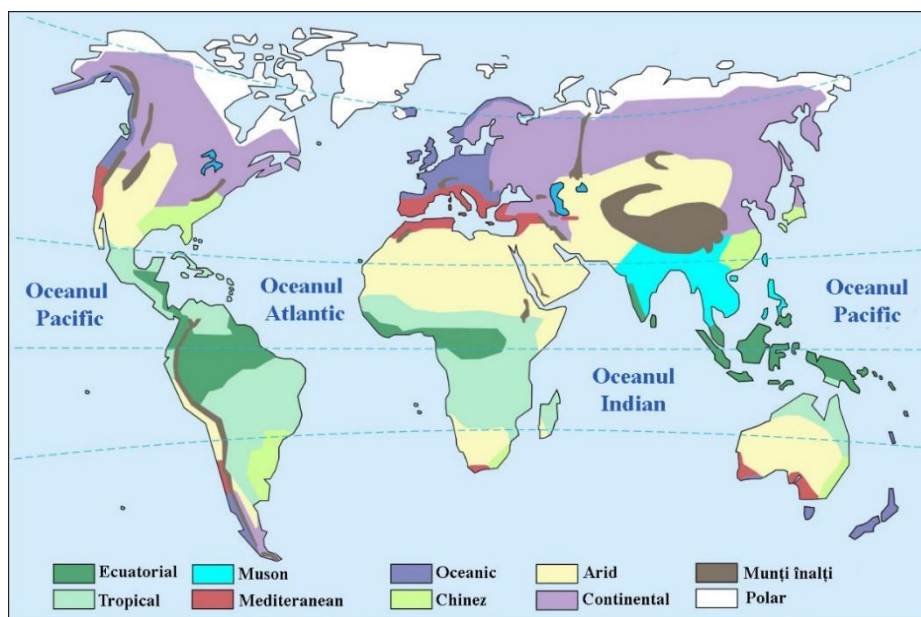


Figura 111. Harta schematică a tipurilor de climate pe glob
(<https://ro.wikipedia.org/wiki/Clim%C4%83>).

Clima globală variază necontenit pe toate scările de timp - timpul geologic profund (de la sute la zeci milioane de ani), timpul cuaternar (de ordinul milioanelor de ani), timpul preistoriei și istoriei umane (zeci de mii până la o mie de ani), în timpul erei actuale (de la sute la zeci de ani), în funcție de oscilații neregulate continue care leagă perioade mai mult sau mai puțin lungi, etape și faze de relativ cald și rece mai mult sau mai puțin intens.

În afară de aceste schimbări majore, există numeroase climate regionale și locale.

Amploarea climatelor regionale, care se aplică unor regiuni de câteva mii de kilometri pătrați care sunt supuse unor fenomene meteorologice foarte specifice (ca de exemplu vânturi din deșert, efectul El Nino din Pacific) și se datorează interacțiunii dintre circulația generală și relief.

Climatele locale se stabilesc pentru zone de cel mult câteva zeci de kilometri pătrați și rămân strâns legate de particularitățile de mediu ale unei zone mici. Ele depind de prezența reliefulor (de exemplu o climă montană) sau existența unor întinderi acvatice. În fundul văii, de exemplu, la răsăritul zilei, temperatura va fi mult mai scăzută decât în vârful pârtiilor de pe ski, deși se află doar la câțiva kilometri distanță. Circulația, schimburile între masele de aer locale nu vor fi așadar aceleași ca în valea vecină și pot fi orientate diferit față de soare. În prezent aceste particularități pot avea chiar o origine umană (cum este un microclimat urban — sau pot fi menținute de un mediu natural, cum ar fi un mal de mare sau un lac, ori chiar o pădure). Treptat, în funcție de natura materialului vegetal viu și mort, dar și de condițiile hidrologice și climatice, apar modificări climatice cu specific local, care, la rândul lor pot influența, și modifica relieful planetei.

Se pot distinge și microclimate specifice. Ele sunt situri mici, de circa 100 metri pătrați, uneori chiar mai puțin, care sunt determinate de caracteristicile specifice ale topografiei și ale mediului la scară mică — clădiri și diverse obstacole, grad de acoperire vegetală, stâncării etc., în funcție de caracteristicile generale ale curenților de aer, de soare, temperatură și umiditate.

Un aspect special îl constituie schimbările climatice. Schimbările climatice reprezintă variația climei globale sau regionale. Ele reflectă modificări ale variabilității sau stării medii a atmosferei pe scări de timp care variază de la decenii la milioane de ani. Aceste schimbări pot fi cauzate de procese interne Pământului, de forțe externe (de exemplu, variații ale intensității luminii solare) sau (mai recent) de anumite activități umane. În contextul politicii de mediu, termenul „schimbări climatice” se referă adesea doar la schimbările de acum a climatului, inclusiv la creșterea temperaturii medii și a stării meteorologice de moment, sub numele de ”încălzire globală”.

Schimbările climatice apar ca urmare a unui dezechilibru între radiațiile de intrare și de ieșire în atmosferă. Creșterea cantității gazelor cu efect de seră care captează căldura (de exemplu, dioxid de carbon, metan și protoxid de azot) în atmosferă crește temperatura medie a suprafeței Pământului. Nivelurile de gaze cu efect de seră sunt mai mari acum decât oricând în ultimii 800.000 de ani. Pe măsură ce temperatura crește, mai multă apă se evaporă din oceane și din alte surse de apă în atmosferă, provocând o creștere suplimentară a temperaturii.

Dioxidul de carbon din atmosferă provine din două surse primare, naturală și antropică (induse de om). Sursele naturale de dioxid de carbon includ majoritatea animalelor care expiră dioxid de carbon ca produs rezidual. Sursele antropogene de dioxid de carbon au fost determinate în principal de activitățile umane încă de la începutul secolului XX (de când a demarat revoluția industrială), ele sunt un efect al arderii combustibililor fosili, al emisiilor de gaze provenite din activități agricole și ca urmare a defrișărilor. Spre exemplu defrișarea actuală în fiecare an a pădurii amazoniene echivalează cu aproape un milion de terenuri de fotbal de acoperire forestieră. Practicat în principal în scopuri agricole, el contribuie în mod semnificativ la schimbările climatice la nivel global.

Schimbările climatice provoacă o multitudine de efecte secundare atât pentru mediul fizic al planetei, cât și pentru organismele vii de pe glob. Toate schimbările din mediul fizic al Pământului afectează viața plantelor, animalelor și a oamenilor. Recifele de corali, pădurile și comunitățile umane de coastă sunt deosebit de vulnerabile la schimbările climatice. Unele dintre efectele schimbărilor climatice pot fi provocate de creșterea susceptibilității la poluarea chimică. Deși majoritatea efectelor schimbărilor climatice sunt negative, totuși în unele regiuni pot avea unele beneficii pentru sănătatea oamenilor (de exemplu, iernile mai calde pot reduce numărul de decese).

4.1.5 Legile ecologice cu impact asupra ecosferei

Legea este o activitate sau o regulă largă de aplicabilitate care apare în urma unor cercetări care au rezultate similare (deci aplicarea legii conduce totdeauna la rezultate repetabile). Deoarece se crede că ele ar fi imuabile, ele sunt considerate legi în domeniul respectiv.

Termenul de lege în sensul susmenționat există în toate științele. Caracteristicile oricărei legi sunt următoarele (Ro-Wikipedia, En-Wikipedia, Fr-Wikipedia):

- Legea este o afirmație care descrie relații particulare între fenomene observabile;
- Legea este ansamblul de condiții dintr-un anumit domeniu al cercetării științifice;

- Legea este un raport general și repetabil între procesele interne ale unei activități, sau între stadiile succesive ale unui anumit proces;
- Legea este un eveniment sau o formulă care evidențiază un raport foarte, relativ stabil și repetabil între laturile aceluiași fenomen sau proces;
- Legea provoacă modificări cu caracter/repetitiv, care intervin într-un fenomen sau proces, exprimând esența acestuia;
- Legea este o însușire inerentă și determinantă a unui fenomen sau a unui proces.

Este normal ca și în ecologie să existe o serie de legi care au fost elaborate de diverși specialiști de-a lungul anilor. Prezentăm în cele ce urmează câteva din legile enunțate până acum:

Barry Commoner, în lucrarea sa "Cercul care se închide" a prezentat și explicat patru legi fundamentale, așa numitele legi ale lui Commoner (1980):

1. Toate sunt legate de toate.

La nivel de ecosferă există o rețea complexă de legături reciproce care funcționează pe principiile descoperite de cibernetică, deoarece aceasta se ocupă de ciclurile de fenomene care coordonează comportamentul unui sistem. Mai mult, relațiile cibernetice de stabilizare sunt incluse în ciclurile ecologice și în cele biogeochimice. Comportamentul cibernetic al unui sistem ecologic depinde de frecvența oscilațiilor relative ale fazelor componente. Sistemele ecologice sunt fluctuante și se bazează pe un sistem de control flexibil. Pentru ca sistemul să se mențină totuși în echilibru, viteza totală a ciclului trebuie să depindă de cea a fazei celei mai lente. Vitezele diferitelor procese sunt supuse relațiilor ciclice de autoreglare. Majoritatea sistemelor ecologice funcționează pe baza unor rețele de relații informaționale, energetice și materiale între care există legături reciproce permanente. Rețeaua ecologică este un fel de amplificator (o perturbare minoră undeva poate avea consecințe ample la distanțe mari, chiar și după lungi intervale de timp). Datorită proceselor redundante, cu cât sistemul este mai complex, cu atât el va rezista mai bine la presiunile externe, deoarece orice sistem ecologic are caracteristici de feed-back.

2. Toate trebuie să ducă undeva.

Deoarece o lege a fizicii afirmă că materia este indestructibilă, atunci în sistemele ecologice nu există "deșeuri". În toate sistemele naturale, ceea ce se elimină de un organism, este folosit de altele ca hrană. În natură nimic nu dispare; totul trece dintr-un loc în altul, schimbându-și structura moleculară și influențând procesele vitale ale altor organisme în care pot rămâne un oarecare timp.

3. Natura se pricepe cel mai bine.

În natură este un sistem permanent de autoreglare și de autoperfecționare, căci nimic nu dispare; orice poate influența toate procesele ecologice. Deoarece natura se bazează pe o experiență de câteva miliarde de ani de încercare-verificare-repetare, ființele vii au realizat structuri complexe de părți compatibile, deoarece orice nu este "compatibil", este eliminat. Cu toate acestea varietatea imensă de substanțe chimice existente în natură, în organismele vii sunt mai restrânse decât cele teoretic posibile spre exemplu în natură nu există decât substanțe organice levogire, iar numai ele au enzime specifice care le pot "distruge" (nu însă și pe cele dextrogire, sintetizate de om). De aceea toți compușii organici artificiali dextrogiri care sunt activi sub raport biologic, trebuie tratați cu atenție și cu mare prudență, deoarece orice schimbare majoră introdusă de om într-un sistem natural poate fi nocivă pentru sistemul respectiv.

4. Nimic nu se poate câștiga sau pierde.

Deoarece ecosfera este un sistem global cu un tot încheșat, în care nimic nu se poate câștiga sau pierde, și care nu poate fi îmbunătățit, tot ceea ce se extrage din el prin străduința umană trebuie înlocuit numai cu alte elemente luate din natură.

Begon și Harper (1986), Collin (1997), Godeanu (1998), Callow (1999), Doniță și Godeanu (2019) au prezentat și alte legi ecologice:

- Legea complexității sistemelor ecologice (Reimers) – Sistemele ecologice și-au direcționat evoluția prin perfecționarea sistemelor informaționale, pentru ca procesele să se realizeze cu cheltuieli minime de materie și energie.
- Legea excluziunii (Gause) – Într-un sistem ecologic două specii apropiate din punct de vedere ecologic nu pot ocupa concomitent aceeași nișă ecologică.

- Legea factorilor limitativi (Liebig) – Creșterea și dezvoltarea unui sistem este condiționată de acel element care se află în cantitatea cea mai mică.
- Legea limitării resurselor naturale (generalizarea legii factorilor limitativi a lui Liebig) – Deoarece resursele naturale sunt limitate, un sistem ecologic le utilizează cât mai judicios, în vederea asigurării capacității de autosuținere a sistemului respectiv pe perioade cât mai lungi de timp.
- Legea migrării atomilor în ecosferă (Perleman) - Migrația și circulația elementelor chimice în biosferă și toposferă are loc sub acțiunea componentelor vii ale ecosferei.
- Legea optimalității (Rosen) – Un sistem ecologic funcționează optim în anumite limite spațio-temporale. Ca o consecință orice sistem ecologic are o limită în gradul său de extindere.
- Legea toleranței (Shelford) – Orice proces și sistem din lumea vie posedă un optim; acesta se află între pragurile minim și cel maxim de acțiune care sunt, la rândul lor, dependente de numeroși factori interni și externi.
- Principiul diminuării efortului energetic – Prin interacțiuni biocenotice complexe, efortul determinat pentru realizarea fluxului energetic este diminuat la maxim (este vorba deci de caracterul antientropic al componentelor vii din orice sistem ecologic).

Bazat pe teoria sistemică elaborată de L.von Bertalanffy, N. Botnariuc a enunțat următoarele legi ale ecologiei (2003):

- Coexistența sistemelor ecologice aflate pe niveluri diferite de organizare. Fiecare nivel sistemic de organizare ecologică coexistă și interacționează cu sisteme ecologice specifice, care s-au structurat și perfecționat de-a lungul a mii sau milioane de ani.
- Fiecare sistem ecologic se subordonează nivelului său superior de organizare sistemică. Conform teoriei sistemice, în natură sistemul are o structură piramidală, în care orice nivel de organizare este subordonat nivelului superior din care face parte.
- Toate procesele ecologice se desfășoară pe o scară spațio-temporală. Nimic nu apare din nimic, ci este o continuitate dusă la un nivel superior de existență, care poate apărea brusc, dar care apoi este perfecționat în cursul unor perioade lungi de timp.

Vernadsky V.I., ca biogeochimist, a enunțat câteva legi ale "biosferei" (ecosferei n.n.). La el în "biosferă" rolul principal îl joacă materia vie și funcțiile sale:

- Funcția principală a ecosferei este asigurarea continuă a circulației elementelor chimice între sol, atmosferă, hidrosferă și organisme vii. Dezvoltarea vieții este posibilă printr-o aprovizionare permanentă cu elementele chimice strict necesare, deoarece ele se află în natură în cantități limitate.
- Funcția de a produce permanent oxigen necesar atât activităților biologice oxifile, producției de materie organică nouă, cât și reînnoirii stratului de ozon din stratosferă.
- Funcția materiei vii de redistribuire a atomilor din biosferă prin procese de concentrare. Multe organisme au capacitatea de a acumula anumite elemente, în ciuda conținutului lor nesemnificativ în mediu. Carbonul este pe primul loc. Multe organisme concentrează calciul, siliciul, sodiul, aluminiul, iodul etc. care, după ce mor, se reîntorc în toposferă. Așa au apărut zăcămintele de cărbune, calcar, bauxită, fosforit, minereuri sedimentare de fier etc.
- Funcția de redox a materiei vii. Organismele vii au capacitatea de a desfășura reacții chimice oxidative și de reducere care sunt aproape imposibil de a funcționa în natura neînsuflețită.

4.2 Apariția și evoluția ecosferei naturale

Constituirea unei ecosfere funcționale la nivelul Pământului este rezultatul a mai multor milioane de ani de evoluție, timp în care diferite forme prin care materia organică vie și nevie au funcționat concomitent (dar cu viteze diferite) (Heywood, 1995; Mustață, 2011; Mustață și Mustață, 2006; Odum, 1993). Între timp, au avut loc o multitudine de relații și interacții complexe între diferitele tipuri de medii nevie și medii vii. Rolul major l-a avut, încă de la început, informația care a dirijat procesele biologice.

În literatura română, principalii autori care au abordat tema apariției și evoluției vieții au fost Botnariuc, 1984, Soran și Borcea în 1995.

Pe baza ideilor lor, dar completându-le cu date mai recente (Botnariuc 2006; Doniță *et al.*, 2020; Godeanu și Popa 2020, dar și altele) vom încerca să urmărim calea care a determinat existența, așa cum este ea, a actualei ecosfere.

4.2.1 Apariția vieții și a sistemelor ecologice pe pământ

Despre apariția vieții am tratat mai pe larg în cap. 3.1, când am prezentat Biosfera. Conform ultimelor studii, viața a apărut în oceanul primitiv. Caracteristicile fizice și chimice ale apei din oceanul planetar primordial, precum și temperatura sa ridicată (cauzată de crusta terestră foarte subțire, abia formată) au fost propice apariției primelor forme de viață. Întrucât ființele primare erau foarte simple, mediul în care au existat a avut, pentru o lungă perioadă de timp, o influență majoră asupra lor.

Datorită varietății mari de substanțe anorganice și organice, dizolvate sau coloidale, prezente în ocean, hrana folosită de aceste protoorganisme a fost ușor de obținut și, în plus, foarte diversificată. Mai mult, deoarece modul de hrănire era prin osmoză, acest lucru a permis dezvoltarea concomitentă a unei mari varietăți de organisme, care au coexistat aproape fără a se concura și care pot fi numite osmotrofe.

Pe măsură ce numărul și diversitatea lor creșteau, cantitatea de materie dizolvată sau coloidală pe care protoorganismele o puteau extrage din mediu înconjurător a scăzut. Ca o consecință evidentă, între acestea a apărut la un moment dat concurența pentru accesul la sursele de hrană. Această competiție a avut ca rezultat, pe de o parte, începerea unei specializări privind modul de hrănire (de aici, apariția unor organisme foarte diferite care au nevoie de anumite tipuri de substanțe asimilabile) și, pe de altă parte, la dezvoltarea unor noi modalități de hrănire.

În funcție de modul în care protoorganismele colectau substanțele necesare metabolismului lor și de modalitățile din ce în ce mai diverse de asimilare și metabolizare a acestor substanțe, osmotrofelor li s-au adăugat alte două noi categorii de viețuitoare:

- consumatori ai substanțelor eliminate de protoorganismele existente, ca produse de dezasimilare incompletă și consumarea organismelor moarte (adică organismele detritofage);
- la scurt timp după detritofage, au apărut prădătorii – viețuitoare care se hrănesc cu alte protoorganisme (consumatorii altor entități vii). Dacă, de la început, aceștia nu erau selectivi în ceea ce privește hrana, treptat ei au început să se specializeze, adică să selecteze anumite prăzi. S-a demarat deci procesul de specializare a predatorilor. Capturarea prăzilor de către prădători se făcea la început numai prin fagocitoză.

Aceste noi modalități de hrănire au dus la dezvoltarea primelor relații interspecifice. Ele au determinat crearea primelor lanțuri trofice, la baza cărora se aflau osmotrofele, care la rândul lor erau consumate de diferiți prădători. Toate aceste organisme deveneau – după moarte – hrana organismelor detritofage. Astfel au demarat primele lanțuri trofice.

Concomitent, informația biologică, cea necesară realizării primelor forme de metabolism, s-a tot îmbunătățit și a condus la apariția primelor relații interindividuale, pe care le putem numi relații ecologice primare.

Înmulțirea și diversificarea protoorganismelor a determinat diminuarea substanțelor utilizate de protoorganismele osmotrofe. În consecință, acestea au avut două alternative, să-și restrângă numărul, ceea ce ar fi avut ca rezultat o presiune suplimentară exercitată asupra lor de către prădători (deci apare pericolul lor de dispariție) sau să se adapteze la un nou mod de hrănire. Cea mai eficientă alternativă a constat în demararea preprocesului de sintetiză a propriei materii organice – deci biosinteza).

Prin urmare, mai întâi a fost necesar ca acestea să găsească și să utilizeze o sursă externă de energie (Godeanu, 2020). În acest scop, organismele osmotrofe au apelat la început la energia obținută prin oxidarea sulfaților (deci un mecanism de oxidare anaerobă).

Consecința logică a acestui proces metabolic nou a fost faptul că ele s-au diversificat și mai mult, au apărut noi organisme, specializate în producerea de energie – organismele chemosintetizatoare.

Până în acel moment, nu au existat adevărate relații interpopulaționale și nici nu a existat un sistem bine diferențiat de organizare ecologică. Deci, nici nu era vorba de existența unei ecosfere planetare, deoarece viețuitoarele primitive apăruseră și existau numai în apele oceanului primordial. Soran și Borcea (1985) au numit această stare, în care organismele nu formează sisteme ecologice reale, „protobiosferă” (Figura 112).

În această etapă a evoluției vieții, ciclurile biogeochimice nu erau încă constituite. Există doar un flux liniar de materie.

În timp, informația biologică devine tot mai complexă, dar era încă imperfect organizată. Totuși, încă de pe acum se poate vorbi de apariția unor retroacțiuni și de primele procese informaționale autoreglabile.

După un timp, în ocean s-a ajuns treptat la o carență de compuși organici simpli, cei sintetizați pur chimic, compuși pe care se baza la început fagotrofia protobiosferei osmofilelor.

Întrucât compușii organici care conțineau azot (element esențial pentru generarea proteinelor) deveneau principalii factori limitatori în sinteza materialului organic viu, de bunăvoie (sau mai degrabă de nevoie), o serie de organisme au dobândit capacitatea de a fixa azotul liber (preluat mai întâi din apă, iar mai apoi și din atmosfera primordială), Viața s-a complicat ca urmare a creșterii și diversificării ființelor chemosintetizatoare (care aparțineau categoriei ecologice a producătorilor primari).

În aceeași perioadă – estimată a fi avut loc în urmă cu trei miliarde de ani – procesele geochimice liniare (care caracterizau la acea vreme protobiosfera) au făcut loc celor ciclice și au demarat primele încercări de realizare a unor procese biogeochimice (Soran și Borcea, 1985) (Figura 112).

La acest moment apar procese ecologice noi, mai complicate, care vor caracteriza evoluția viețuitoarelor din oceanul planetar.

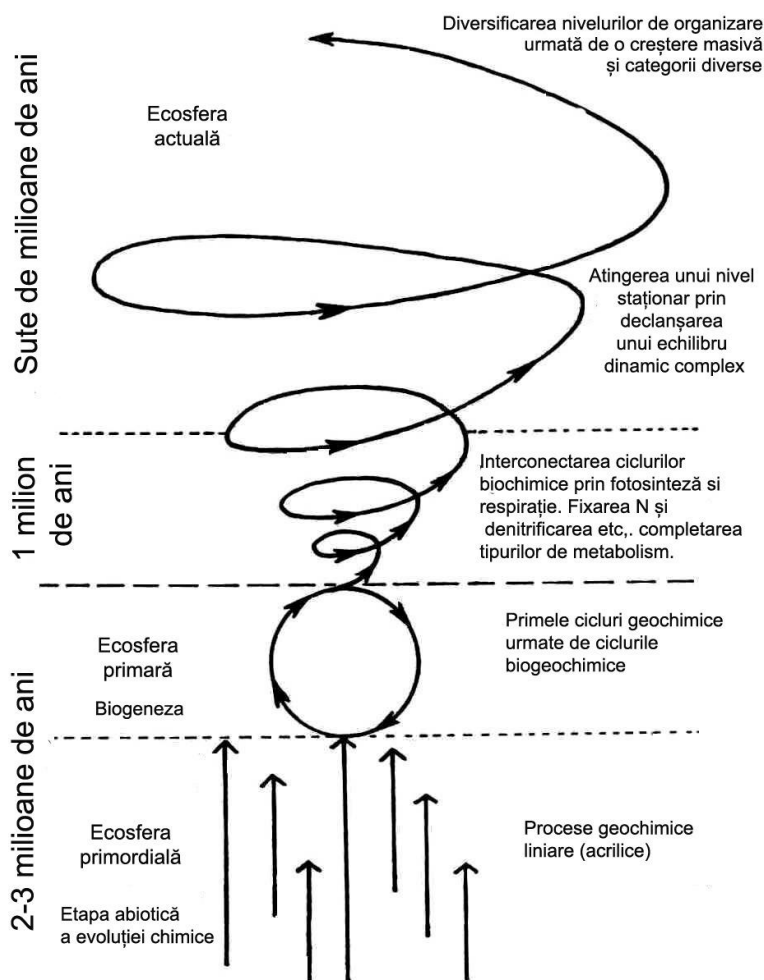


Figura 112. Fluxurile materiale și energetice în evoluția și complexarea proceselor vii de pe Pământ (Soran și Borcea, 1985)

Apariția și evoluția ecosferei (Godeanu și Popa, 2022)

Apariția, apoi perfecționarea proceselor de fotosinteză (un proces în care radiațiile luminoase emise de soare au fost preluate de anumite organisme vii pentru a le servi ca o nouă sursă de energie), a intervenit în sinteza unor substanțe organice simple (cum ar fi carbohidrații de tipul glucozei). Desfășurarea fotosintezei a dus, alături de producerea de hidrocarburi, și la eliberarea de oxigen liber – eliminat mai întâi în apele oceanului planetar, apoi, după ce acesta a ajuns la saturație, excesul a fost eliberat în atmosferă. Apariția fotosintezei a reprezentat prima mare revoluție ecologică, care a început în urmă cu aproximativ trei miliarde de ani (Soran și Borcea, 1985) (Figura 112).

Ca urmare a activității tot mai intense a organismelor fotosintetizatoare, compoziția chimică a atmosferei a început să se schimbe: cantitatea de oxigen liber a crescut, în timp ce dioxidul de carbon, monoxidul

de carbon și metanul s-au diminuat din ce în ce mai mult. În consecință, compoziția chimică a atmosferei primare (care era formată din emisii gazoase rezultate din activități vulcanice anterioare care s-au produs pe durate lungi de timp și care s-au desfășurat, mai ales la început, cu o mare intensitate (și care erau anaerobe și reducătoare) s-au modificat din ce în ce mai mult, devenind acum aerobe și oxidante (Figura 113 și 114).

Această nouă atmosferă a fost una total diferită de ce fusese până acum atmosfera planetei. Reamintim că până acum atmosfera primordială fusese toxică pentru procariotele acvatice (care constituiau protobiocenozele oceanice). Acest fapt a întârziat considerabil cucerirea mediului terestru (și a celui aerian) de către organismele vii (Doniță și Godeanu, 2021; Donita et al., 2020; Godeanu, 2020; Botnariuc, 2006).

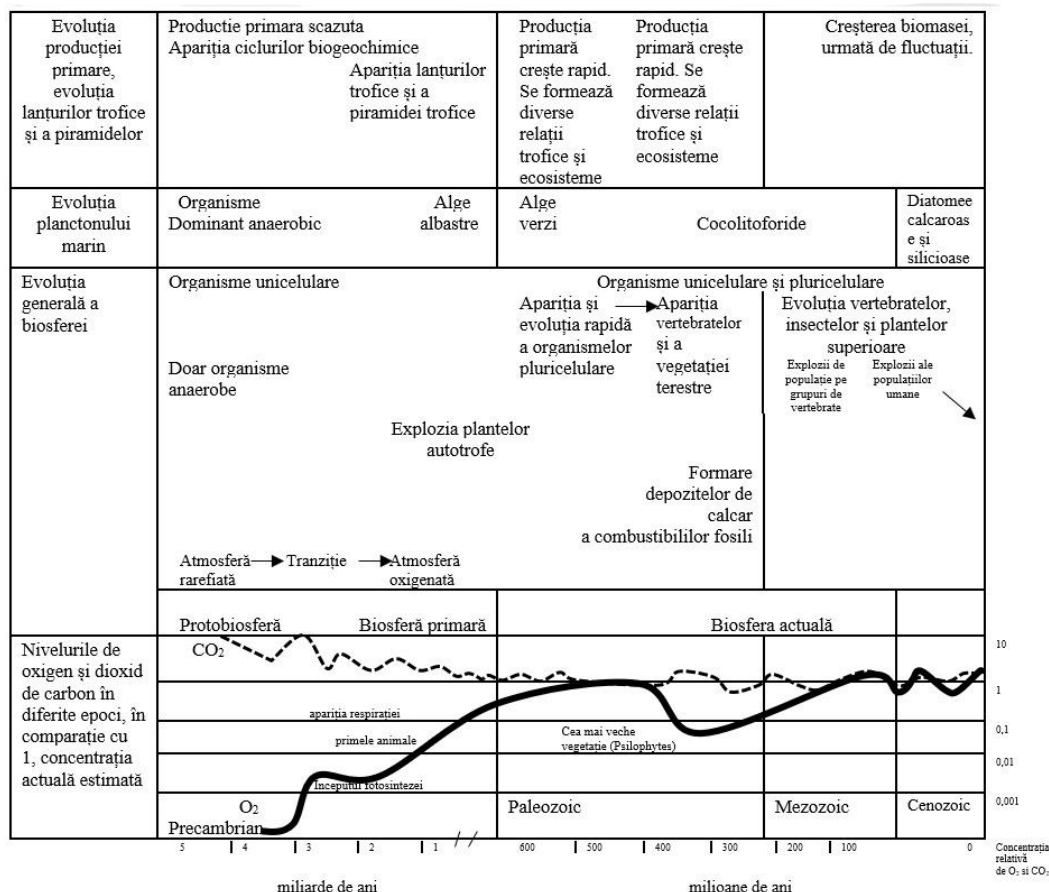


Figura 113. Momentele majore în evoluția biosferei și ecosferei planetei Terra (Soran și Borcea, 1985, modificat)

Fotosinteza a dus la apariția, apoi la dezvoltarea și în final la stabilirea de noi procese biochimice, total diferite de cele precedente (care au fost doar procese anaerobe de fermentație). Cam de acum se poate vorbi despre apariția primelor cicluri biogeochimice (Figura 112). Primele care au apărut au fost circuitul biogeochimic al apei și cel al carbonului; ele aveau loc în oceanul planetar și în atmosfera primitivă.

Odată cu apariția procariotelor fotosintetizatoare, a demarat scăderea treptată a raportului bioproducției efectuate de organismele chimiotrofe și anaerobe. Subliniem faptul că organismele anaerobe nu au dispărut, ci și-au continuat activitatea în medii care numai lor le erau în continuare favorabile (în zonele în care oxigenul lipsea și în sedimentele organice în curs de fermentare depuse pe fundul apelor oceanului planetar).

După ce organismele fotosintetizatoare au devenit principala verigă trofică (cea a producătorilor primari), ele au impus reorganizarea tuturor relațiilor trofice. La început ființele nou-apărute, nu aveau consumatori, ci doar descompunători. Aceasta a favorizat creșterea excesivă a numărului de organisme fotosintetizatoare, ceea ce a determinat o acumulare de necromasă aflată în descompunere (fapt care a

stimulat la început înmulțirea organismelor anoxice). Acum aveau loc permanent restructurări și reorganizări ale relațiilor ecologice din cadrul oceanului planetar. Reamintim că viața era debordantă în ocean, dar ea nu trecuse decât în mică măsură în mediul acvatic subteran, unde puteau trăi numai organisme anoxice de fermentație. Încă nu se putea considera că a apărut ecosfera planetei Terra, deoarece nu se dezvoltaseră și nici nu se complexaseră procesele ecologice, deoarece viața exista numai în un singur mediu de viață, oceanul planetar.

Cu un miliard și jumătate de ani în urmă existau deja în ocean) două direcții ale fluxului de materie și două fluxuri energetice distincte (Figurile 112 și 113) (Sorani și Borcea 1985)

- pe de o parte, fluxul primordial - cel care se derula în cadrul lanțurilor trofice existente (și care se perfecționa neconținut), care aveau ca punct de plecare viețuitoarele osmotrofe și chemosintetizatoare;
- pe de altă parte, noile lanțuri trofice, care porneau de la organismele fotosintetizatoare caracterizate prin o eficiență lor superioară în obținerea de energie.

Cele două direcții nu au fost opuse; ele s-au combinat și totodată s-au diversificat. În cadrul lor au fost posibile interconexiuni între consumatorii de gradul I și s-au ivit consumatori procarioți – care se hrăneau atât cu materie organică vie chimiosintetizată, cât și cu organismele fotosintetizatoare nou apărute.

Cu timpul biosfera anoxică a fost înlocuită cu cea actuală, care este mult mai complexă și mai echilibrată. Producția de substanțe nebiogene a devenit din ce în ce mai puțin importantă, în timp ce producția de material organic rezultat din procesele de fotosinteză a continuat să crească exponențial. Acest proces a început în precambrian și a durat până la începutul paleozoicului.

El a declanșat, la rândul său, o schimbare a rolului jucat de bacteriile anaerobe degradante, care au trebuit să se adapteze noilor condiții – adică să degradeze și organismele fotosintetizatoare moarte. Reamintim faptul că bacteriile și ciupercile anaerobe nu au dispărut; ele rămân și astăzi o categorie deosebit de importantă a lanțurilor trofice, cea a degradatorilor, asigurând eficient descompunerea materiei organice în elementele sale componente simple, cele pe care apoi producătorii primari fototrofi le preiau din mediu. În acest fel a fost asigurată funcționarea acelor cicluri biogeochimice care implică majoritatea substanțelor chimice din care este alcătuită litosfera (cele ale carbonului, azotului, sulfului, fosforului).

În toată această perioadă de timp a apărut un nou mod de stocare a informației biologice care s-a acumulat neconținut, cel genetic.

Vă reamintim faptul că până aproximativ în urmă cu un miliard de ani, biosfera primitivă exista doar în apele oceanului planetar, unde evoluția a depins predominant de forțe externe, și anume de factorii geologici, hidrologici, climatici și cosmici.

Concomitent cu diversificarea și specializarea continuă a organismelor procariote, au apărut eucariotele unicelulare, care au fost urmate de primele eucariote pluricelulare – metafitele și metazoarele. Pe lângă factorii externi deja menționați, cei biologici au început să joace un rol din ce în ce mai important în evoluția biosferei. Acești factori erau specifici activităților desfășurate în biocenozele care începeau să constituie primele ecosisteme marine și oceanice (în special în apele de mică adâncime, unde influența luminii solare era mai puternică). Relațiile intraspecifice, dar și cele interspecifice, au devenit din ce în ce mai complicate și mai complexe. Au apărut noi biocenoze, care nu numai că au interacționat mult mai puternic cu factorii abiotici, dar au modificat în bună măsură compoziția chimică a mediului acvatic și au modificat agenții lor fizici și chimici.

Să nu uităm că aceste procese se desfășurau concomitent cu schimbarea compoziției chimice a atmosferei planetei Terra (Figura 113).

În urmă cu aproximativ un miliard de ani, eucariotele unicelulare (protistele, reprezentate în principal de fitoflagelate și de alge) au preluat majoritatea activităților de fotosinteză pe care le efectuau procariotele unicelulare (cianobacteriile), fapt ce a determinat o stimulare a evoluției ecosistemelor primitive. Pentru organismele fototrofe aceasta a însemnat un plus de informație care a avut repercusiuni importante la nivelul informației biologice în ansamblul formelor ei de manifestare.

După apariția organismelor pluricelulare eucariote (pe la sfârșitul precambrianului), structura biocenotică s-a complexat, astfel încât în timpul cambrianului nișele tuturor speciilor erau din ce în ce mai bine structurate și erau ocupate de o gamă tot mare de ființe vii. A avut loc o alungire și complexare a lanțurilor trofice la nivelul tuturor ecosistemelor, au apărut rețele trofice tot mai diverse și a devenit tot mai eficientă utilizarea transferurilor energetice de la nivelul organismelor vii.

Pe măsură ce hrana a fost utilizată mai puțin în procesele metabolice ale diferitelor organisme, eficiența sa (deci, cea a resurselor materiale și energetice) a crescut și ea. Aceasta a fost o consecință a modului în care capacitatea informațională s-a îmbunătățit la nivelul materiei vii.

Ecologii au stabilit că eficiența actuală a transferului de energie este următoarea:

- eficiența energetică la organismele chemosintetizatoare este de 0,2-0,5%,
- eficiența energetică a organismelor fotosintetizatoare a crescut până la 1-5%,
- eficiența energetică a consumatorilor primari a crescut la 5-10%,
- eficiența energetică a consumatorilor secundari a ajuns la 10-20%,
- eficiența energetică a consumatorilor terciari a ajuns la 30-40%.

Până în silurian, „ecosfera” pământului era limitată la oceanul planetar, în timp ce atmosfera și mediul terestru erau lipsite de ființe vii (având în vedere că acestea nu aveau capacitatea de a trăi în condiții de mediu total diferite de cele în care avusese loc evoluția până atunci).

Primul pas important a fost realizat tot în mediul acvatic, deoarece aici, cu timpul, procesele biologice au demarat intensificarea proceselor oxidative care au loc în rocile terestre. Și aici, în special prin procese oxidative, au apărut tot felul de săruri noi, care au accelerat procesele de eroziune, iar datorită precipitațiilor și a curenților de aer, au generat primele depozite de material sedimentar. Sunt mai mulți factori care au favorizat și mai mult tendința ființelor vii marine de a cuceri noi medii: în aer s-a atins o concentrație de oxigen liber apropiată de cea din atmosfera actuală (Figura 114), a apărut stratul protector de ozon în stratosferă, atmosfera joasă se caracteriza printr-o nebulozitate importantă, iar cantitatea mare de precipitații care cădea pe pământ a influențat climatul din acea perioadă, aerul fiind aproape saturat în vapori de apă.

Începând cu precambrian (acum aproximativ un miliard de ani), apar și se dezvoltă sisteme ecologice semiacvatice (cele din mlaștinile sărate și din cele dulci) și apar sistemele ecologice în apele dulci continentale.

Doar de acum înainte se poate vorbi de existența unei protoecosfere a Pământului. Până acum fuseseră realizate sisteme ecologice specifice numai unui anumit mediu de viață, populat cu organisme vii perfect adaptate sistemului neviu existent.

Primele ființe vii care au părăsit oceanul planetar au fost niște procariote microscopice fotosintetizatoare (cianobacteriile); lor le-au urmat protistele eucariotele fotosintetizatoare (algele). Ambele grupe au populat la început apele salmastre stagnante. Numai după aceea, au apărut eucariotele pluricelulare mai primitive, urmate de plantele inferioare (Psyllophyta și Pteridophyta) care creșteau în ape dulci destul de puțin adânci și calde, iar apoi în mlaștini și zone umede.

Aceste organisme au continuat mult timp să folosească mediile acvatice în perioadele de reproducere a gameților și pentru dezvoltarea sporilor lor. Pentru a părăsi apa, plantele au trebuit să dobândească o modalitate de a-și întări structura corpului și să dezvolte sisteme antigraționale care să le permită să se ridice deasupra apei și solului umed, caracteristici care nu erau necesare traiului în mediul acvatic. Ultimele plante care s-au mutat în mediul terestru au fost mușchii și plantele superioare (Angiospermele și Gimnospermele). În zilele noastre, aceste grupuri de autotrofe sunt în mod clar producătorii primari dominanți în ceea ce privește diversitatea. Odată cu apariția lor, s-a pus bazele adevăratelor ecosisteme terestre (cele care au generat ulterior actualul covor vegetal al Pământului și constituie prima verigă a lanțurilor și rețelelor trofice din toate ecosistemele terestre actuale).

Consumatorii de plante semiterestre și terestre au venit și ei tot din mediile acvatice și semiacvatice, dar ceva mai târziu. Primii care au dezvoltat capacitatea de a trăi și de a se hrăni (ca adulți) într-un mediu aerian au fost cei care au continuat să se reproducă și să-și realizeze dezvoltarea ontogenetică în apă (spre exemplu amfibienii, moluștele pulmonate, unele insecte). Mai târziu au apărut organismele aérofile, care la început depindeau de un mediu foarte umed, iar numai ulterior au apărut cele care sunt considerate de fapt ca terestre (tolerând medii mai mult sau mai puțin lipsite de umiditate).

Din acea perioadă (din silurian) paleontologii au găsit primele fosile de animale care locuiau în mlaștini și în medii strict terestre (Figura 114).

În urmă cu aproximativ 600 de milioane, după ce au fost stabilite condiții ecologice optime, a avut loc o a doua explozie a biodiversității morfologice. Rezultatul a fost o extindere a celor trei regnuri majore actuale: plantele, animalele și ciupercile. Acest proces a fost realizat ca urmare a unei coevoluții strânse a producătorilor primari cu consumatorii lor și cu diferite tipuri de degradatori ai acestora.

Trebuie pus accentul pe importanța din ce în ce mai mare a degradatorilor în reciclarea necromasei vegetale în medii terestre. Odată prelucrată și amestecată cu fragmente de roci terestre erodate, necromasa participă și contribuie în mare măsură la generarea solurilor, la dezvoltarea vegetației terestre și în același timp a dus la apariția deasupra litosferei a unui înveliș nou, foarte important – pedosfera.

Sub acțiunea precipitațiilor, necromasa și o parte a solului au penetrat lent stratul superficial al litosferei, strecurându-se prin golurile și crăpăturile din roci. Ele au creat condițiile apariției unui tip nou de ecosisteme, cele care constituie în prezent mediul subteran. Aceste ecosisteme depind în continuare de materia și energia alohtonă, cea furnizată de mediile de trai existente la suprafața litosferei.

Cucerirea mediului terestru a dus la apariția unor noi relații intra- și interspecifice, într-o varietate tot mai mare de ecosisteme – de la primele, dezvoltate în zonele umede, până la cele care populează acum deșerturile și zonele montane.

De acum se poate vorbi de existența unei ecosfere complexe, specifice planetei Terra.

O particularitate a ființelor cele mai evolute (apărute în cadrul tuturor grupurilor principale de viețuitoare), este apariția vieții sociale, la care supraviețuirea și exploatarea resurselor naturale au atins un stadiu superior de eficiență energetică.

De-a lungul timpului, biosfera a populat tot globul, a ajuns la extinderea actuală, în timp ce ecosfera a atins o diversitate remarcabilă caracterizată prin autoorganizare și autoreglare.

Diversitatea mare a biosferei a controlat și condiționat starea și calitatea ecosferei și a nivelurilor sale supraecosistemice. În cadrul ecosferei, biodiversitatea a fost principalul factor care reglementează ciclurile biogeochimice, procesele hidrologice și a avut o influență profundă asupra specificului climatelor locale, a controlat compoziția chimică a aerului și a apei, a contribuit la stabilitatea solurilor etc. Toate acestea au fost posibile tocmai pentru că informația biologică este factorul director al tuturor proceselor informaționale la nivel planetar.

Ecogeneza este strâns legată de diversitatea filogenetică a organismelor vii și de gradul de perfecționare a relațiilor interspecifice, precum și de relațiile dintre organisme și mediul lor înconjurător.

Apariția de noi specii a determinat demararea unor noi perfecționări ecologice și implicit a dus la o stabilitate sporită a tuturor tipurilor de ecosisteme, deoarece competiția pentru ocuparea nișelor a accelerat evoluția filogenetică. În toate cazurile, șansele de a câștiga această competiție (care vizează dezvoltarea și perfecționarea sistemelor ecologice) revin organismelor cu cea mai mare capacitate de adaptare la condițiile reale, concrete, de viață.

Cel mai mare progres trebuie să fie legat de complexitatea relațiilor interspecifice și de stabilitatea sistemului – deci, de atingerea unei homeostazii cenotice, care să permită o cooperare mai armonioasă a tuturor mecanismelor de conservare și perfecționare implicând viața într-un mod mai complex. Mediul (atât cel neviu, cât și cel viu interconectat) lucrează împreună într-o manieră mai armonioasă. Această homeostazie se realizează printr-o neîncetată îmbunătățire a retroactivităților care funcționează în interiorul unui sistem ecologic dat și în condițiile unei biodeversități foarte mari care aduce o informație biologică tot mai bine dezvoltată și mai eficientă.

Afirmațiile menționate mai sus sunt ilustrate de evoluția materiei vii și a ecosferei naturale, așa cum sunt prezentate în Figura 114.

Cu timpul, ca urmare a unei evoluții continue a sistemelor biologice și ecologice, a formării unor niveluri sistemice bine organizate, s-a atins un grad foarte înalt de stabilitate și reziliență – care din păcate este acum amenințat de o specie atipică și din ce în ce mai agresivă, *Homo sapiens*, ale carui acțiuni au efecte de o amplitudine inegalabilă și sunt în același timp foarte greu de contracarat, având în vedere egocentrismul exacerb al acestei specii.

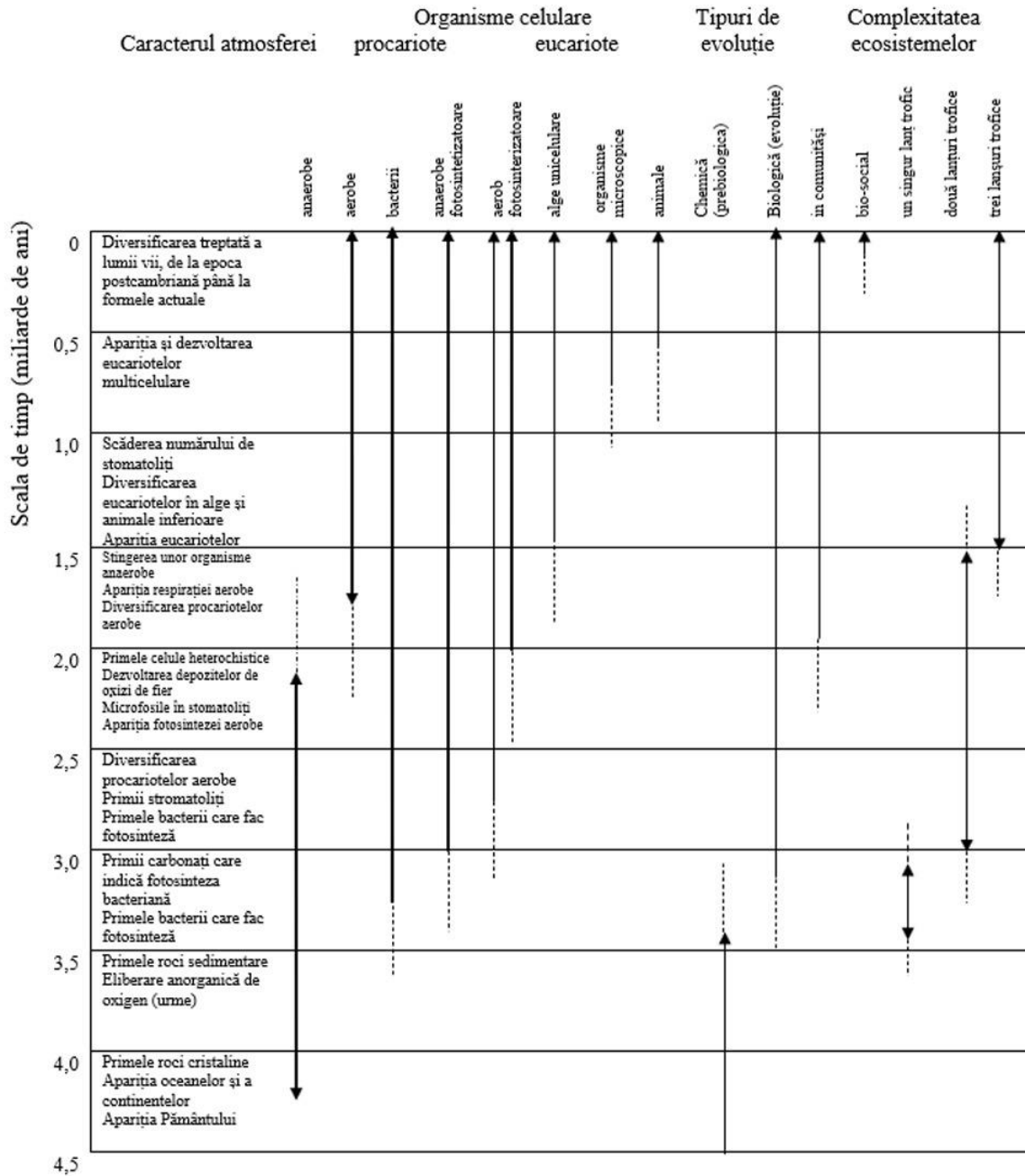


Figura.114. Evoluția organismelor vii, de la macromolecule la biosferă și apoi la ecosferă (Soran și Borcea 1985, modificat)

Ecosfera actuală a pământului este o construcție naturală care a apărut și s-a perfecționat neconținut și care diferă fundamental de modul în care a avut loc evoluția celorlalte planete din sistemul nostru solar.

Germenii ei au apărut la scurt timp după ce s-a format Pământul și s-a dezvoltat crusta sa solidă. Viața a luat naștere în oceanul planetar primordial, ca urmare a interacțiunilor factorilor nevii, care inițial nu difereau mult de cei existenți și acum pe alte planete.

Viața are o capacitate specială de a crea un nou tip de tipar informațional. Ea se caracterizează prin autoregenerare, autoreglare și redundanță, tocmai ca urmare a existenței și perfecționării neconținute a capacității de stocare (memorie) și de procesare a informațiilor. Prin reprezentanții săi (organismele vii) viața și-a asumat foarte curând rolul de coordonator al principalelor procese care au loc la nivel planetar.

Componentele neviei – atmosfera, hidrosfera și litosfera – au fost și sunt permanent influențate de către biosferă. Interacțiunea lor armonioasă a dus mai întâi la apariția pedosferei, iar ulterior la geneza ecosferei Pământului.

Nivelele de organizare a materiei vii pe care le recunoaștem în prezent sunt: celula, specia (prin populațiile sale), biocenoză, biolandșaftul, bioregiunea, biomul și biosfera (Figura 50 și 51). Primele două nivele s-au derulat numai în etapa biologică, individuală, de organizare a materiei vii și sunt studiate de diverse ramuri ale biologiei. Celelalte au apărut după ce organismele vii, organizate în forme clar dependente de factorii abiotici, sunt studiate atât de biologi, cât și de specialiști din alte domenii ale științelor naturii (îndeosebi de ecologi și geografi). Aceste nivele de organizare a materiei vii au avut loc în etapa ecologică de organizare a materiei vii, cea de integrare a viului cu neviul (Figura 51).

Un rol deosebit l-a jucat trecerea de la utilizarea energiei chimice (cea obținută prin reacții chimice simple), la cea obținută prin procese de reducere și în final prin trecerea la utilizarea celui mai activ element chimic – oxigenul – care (ca element liber) era rar în atmosfera primordială a planetei noastre, dar care a fost "descoperit" și apoi "produs" conștient de ființele vii prin aportul de energie luminoasă adus de soarele sistemului nostru solar / planetar. Astfel, oxigenul a devenit elementul cheie pentru desfășurarea (la scară globală) a majorității proceselor energetice.

Viața a trecut de la macromolecule organice care aveau capacitatea de metabolizare și care se reproduc pe sine, la protoorganisme, apoi la organisme unicelulare procariote și în cele din urmă la cele eucariote. Toate aceste tipuri de viețuitoare există și astăzi; ele au apărut în mediul marin primordial, au cucerit mediul salmastru, apoi apele dulci, uscatul și mediul subteran.

Ființele vii au creat două învelișuri planetare: biosfera (învelișul viu) și pedosfera (materialul organic mort, în descompunere, care, amestecat cu fragmente de litosferă, sub acțiunea unor organisme specializate, a devenit principalul suport al vieții în mediile terestre și subterane).

Interconexiunile dintre biosferă și învelișurile neviei ale Pământului (atmosfera, hidrosfera, litosfera) au generat ecosfera naturală, care continuă să evolueze; ea a coordonat permanent, dar în mod subtil, sub acțiunea informației biologice, interacțiunile cu învelișurile neviei ale planetei noastre. Ecosfera naturală a schimbat modul în care energia cosmică se manifestă în mod curent la nivel planetar. Mai mult, ea protejează acum planeta de variatele influențe care pot veni din cosmos. Pe Terra cad permanent corpuri solide (Figura 105), care se oxidează rapid la trecerea prin atmosferă și doar cele mai mari ajung pe scoarța litosferică (dar sub formă de meteoriți mici, care nu periclitează aproape deloc buna funcționare a tuturor învelișurilor planetei, deoarece, datorită oxigenului din atmosferă, ard în cădere). Dovadă sunt perioadele din an în care pe cer se pot observa "ploi de stele căzătoare". Dacă nu era atmosfera, am fi avut parte de ploi de meteoriți, așa cum cad și acum pe satelitul pământului (luna noastră), meteoriți care ar provoca craterele pe care le vedem pe lună.

Mai avem ceva de subliniat. Ajustările determinate de informația biologică sunt de o extremă finețe și asigură desfășurarea tuturor proceselor și o bună interconectare, dar în limite de variație care asigură permanente fluctuații ale tuturor parametrilor.

Suntem convinși că actuala biosferă, datorită volumului imens de informație pe care l-a adunat de-a lungul erelor geologice, va fi capabilă să asigure stabilitatea ecosferei terestre până când apariția unor factori cosmici sau a celor antropici de mai mare amploare, dar neprevăzuți, ar putea periclita continuitatea vieții de pe planeta noastră.

4.2.2 Pedosfera

Pedosfera reprezintă învelișul de sol al Pământului. Precizăm de la început că pedosfera nu face parte din toposferă, ci este un produs terestru rezultat din interacțiunea tuturor componentelor toposferei cu biosfera și necromasa acesteia, ea creând premisele ecosferei în mediul terestru.

Solul este pătura subțire și afânată de la suprafața terenurilor uscate ale litosferice. El este un înveliș discontinuu, care s-a format prin distrugerea rocilor de către celelalte componente ale toposferei și biosferei, dar care s-a amestecat cu materiile organice rezultate din descompunerea organismelor moarte (necomasa) și funcționează ca urmare a acțiunii neconținute a unor organisme specializate în realizarea acestui proces.

La nivelul solului se întrepătrund procese fizico-chimice, biologice și biochimice care stau la baza constituirii învelișului viu creat de plantele terestre, în care acestea își înfig rădăcinile din sol și de unde își iau sărurile minerale și apa. Solul nu este similar cu rocile pe care se formează, ceea ce-i conferă

calitatea de strat distinct, complex, fertil, activ din punct de vedere biologic, având capacitatea de a înmagazina aer și apă și, de ce nu, și capacitatea de a proteja litosfera.

Pedosfera, are o grosime medie de cca 5 m (dar poate varia de la câțiva centimetri (în zona munților și a dealurilor abrupte, în zonele polare etc.), până la câțiva metri (în zona pădurilor și mai ales a stepelor din zonele aflate în condițiile climatice temperate). Flora și fauna din sol (pedobiota), face parte și totodată contribuie la desfășurarea proceselor pedogenetice. Componentele vii ale biosferei sunt mai numeroase în pătura superioară a solului și, după modul de hrănire, sunt alcătuite din organisme chimiotrofe, autotrofe, saprofage și zoofage.

Pedosfera este acea resursă naturală a Pământului care are rolul principal de furnizor de elemente necesare dezvoltării agriculturii. În același timp, solul aflat la interfața dintre litosferă, hidrosferă și atmosferă, este parte componentă a circuitului hidrologic influențând schimburile de apă între diverse compartimente ale acestui circuit. Una din particularitățile pedosferei este marea sa variabilitate, atât în spațiu cât și în timp. Solul este privit ca un mediu viu, dinamic, complex, poros, trifazic - faza solidă, lichidă, gazoasă - faze ce prezintă în general multe heterogenități. În general, apa și aerul din sol ocupă aproximativ 50 % din volumul pedosferei, materialul organic provenit din organismele vii și producții acestora în jur de 5 %, în timp ce circa 45 % sunt ocupate de componenta minerală.

Solificarea

Solul a fost definit multă vreme ca fiind stratul de la suprafața litosferei a cărei particularitate este similară cu însușirea sa specifică, fertilitatea. O caracteristică de bază a fertilității solului este afânarea sa. Ea s-a produs prin acțiunea concomitentă a unui complex de factori naturali (denumiți factori pedogenetici).

În mediul terestru, structura litosferei era alcătuită la început numai din minerale și roci care nu puteau oferi condiții pentru popularea sa cu organisme vii. În decursul timpului, sub acțiunea agenților atmosferei, hidrosferei și a primelor organisme vii pioniere, au apărut condiții pentru dezagregarea (mărunțirea componentelor litosferei) și pentru alterarea compoziției lor chimice. Așa a început procesul de solificare. Cu timpul a intervenit și bioacumularea (acumularea materiei organice moarte – în special a necromasei plantelor care s-au fixat la început doar în resturile fărâmițate din litosferă – nisip și praf mineral). Ca urmare a diversității compoziției minerale locale a litosferei, în timp, s-au creat condiții pentru formarea unei succesiuni de straturi orizontale ale solului, care diferă prin culoare, grosime și structură, straturi pe care pedologii le numesc acum "un anumit tip de profil de sol". Ea diferă în funcție de numeroși factori fizico-chimici și biologici (organismele vegetale și animale, clima, rocile, relieful, apa freatică și stagnantă, timpul, iar acum și omul), denumiți global "factori de solificare".

Principalii factori de solificare

Unul dintre principalii factori de solificare este **clima**. În capitolul 2.3.5. am menționat succint clima ca factor de interacție între toposferă și biosferă. Principalii factori climatici sunt temperatura și umiditatea (ei sunt urmași de componenta vie) (Tabelul 22).

Tabelul 22 . Principalele tipuri de climate la nivel planetar și suma temperaturilor lor anuale (după Neagu *et al.*, 2002)

Grupa de climate	Suma temperaturilor în aer mai mari de 10°C
Rece (polare)	mai mică de 600
Rece temperate (boreale) Calde temperate (subboreale)	600-2000
Calde (subtropicale)	2000-3800
Toride (tropicale)	3800-8000
	mai mare de 8000

De aceste grupe climatice sunt legate regimul termic și hidric al solurilor, natura și viteza proceselor climatice și biochimice și productivitatea lor biologică (Xenophon *et al.*, 1998).

Cel de al doilea factor principal de solificare este determinat de **ansamblul de organisme care creează solul**. Resturile vegetale (necromasa) sunt supuse - sub acțiunea organismelor vii care populează solul - unor procese complexe de transformare și/sau de mineralizare care pot merge până la eliberarea elementelor constitutive de bază, cele necesare dezvoltării vegetației de pe aceste soluri, adică dioxidul de carbon, apa, gazele din atmosferă și sărurile minerale mai simple. Există și situații când se transformă în combinații noi, mai complexe (ne referim în special în crearea humusului din sol).

Alături de vegetația superioară, o mare influență o exercită asupra pedogenezei reprezentanții faunei din sol, adică nevertebratele și vertebratele care populează diferitele orizonturi ale acestuia. În sol se disting următoarele tipuri de faună (Mathieu, 2011; Chiriță, 1955):

microfauna - organisme mai mici de 0,2 mm (bacterii, protiste, nematode);

mezofauna - animale cu mărimea de 0,2-4 mm (viermi, microartropode, unele insecte, miriapode

macrofauna - animale cu mărimea de 4-80 mm (viermi de pământ, moluște, insecte, furnici, termite etc);

megafauna - animale cu mărimea de peste 80 mm (insecte mari, crabi, scorpioni, cârțițe, șerpi, broaște, rozătoare, vulpi, bursuci și altele).

O acțiune excepțional de intensă asupra solului o au rămele, care, prin activitatea lor eliberează în sol compuși biochimici specifici, neproduși de nici un alt agent din natură. Anual, trec prin intestinul lor (calculat la 1 hectar de sol), între 50 și 600 t de pământ fin. Un rol oarecum similar îl pot avea unele insecte și larvele lor, precum și alte animale care trăiesc în sol. Biomasa nevertebratelor din sol este de circa 1000 de ori mai mare decât cea a vertebratelor.

În timp ce plantele superioare sunt principalul producător de necromasă, microorganismelor le revine rolul de bază în descompunerea acesteia. Fiecărui tip de sol îi este proprie o distribuție specifică (pe profil) a microorganismelor. Numărul și compoziția lor pe specii reflectă însușirile mai importante ale solului. Cantitatea de bacterii și ciuperci din stratul arabil al solului reprezintă până la 5 t/ha; numărul de bacterii atinge miliarde de celule la 1 g sol, iar lungimea hifelor de ciuperci până la 1.000 m la 1 g sol (Babieva, Zenova, 1983 - cit. Mathieu, 2011). De acțiunea microorganismelor sunt strâns legate desfășurarea și natura proceselor biochimice, nutritive, oxidoreductoare, de aerare a solului, condițiile de reacție alcalino-acide etc.

Componenta biologică a solului se găsește într-o strânsă legătură cu legăturile ecologice - geografice ale distribuției solurilor pe suprafața globului pământesc și reflectă relațiile reciproce care se instaurează între factorii organici și ceilalți factori în procesul de pedogeneză.

Climatul local, solul, plantele, animalele și mai ales microorganismele care locuiesc în sol, condițiile de relief, rocile parentale, apa de suprafață și cea freatică formează un sistem extrem de complex și caracterizat prin o mare interdependență.

Compoziția rocii parentale, exercită o mare influență asupra alcătuirii granulometrice, chimice și mineralogice a solurilor, a însușirilor lor fizice și fizico-mecanice, a regimului de aer și de căldură. Interacțiunea dintre însușirile solurilor și caracterul rocii parentale, în stadiile primare ale pedogenezei reflectă însușirile scoarței de alterare (deci ale litosferei) pe care s-au format (deoarece, pe aceleași roci, în condiții climatice, de vegetație și relief diferite, se formează soluri diferite). Roca parentală are un rol important și în formarea structurii învelișului de soluri. De altfel, la un material parental uniform, se constată o mare uniformitate a învelișului de soluri, pe când în condiții de mare diversitate a rocilor parentale cu forme de relief variate, se remarcă o mare complexitate a structurii solurilor și a vegetației care crește pe ele.

Relieful constituie unul din cei mai importanți factori ai formării solurilor, care exercită o influență deosebită asupra genezei și a structurii învelișului de soluri, a contrastului și a neomogenității sale spațiale. S-a constatat că există o legătură strânsă între topografia solurilor și condițiile concrete de landsaft. Pedologii au stabilit trei tipuri de relief (Chiriță, 1955): macorelief; mezorelief și microrelief. Fiecare dintre aceste tipuri de sol joacă un rol determinant în procesul de pedogeneză.

Macorelieful cuprinde cele mai reprezentative forme de relief (munți, podișuri și câmpii). Originea macoreliefului este legată mai ales de fenomenele tectonice care au avut loc în litosferă.

Mezorelieful este reprezentat de forme de relief de dimensiuni medii, cum sunt colinele, dealurile, vâlcelele, văile și terasele. Apariția mezoreliefului este legată de procese geologice exogene (cum sunt procesele de denudație și formarea depozitelor continentale). Mezorelieful determină structura învelișului de soluri din diferitele landsafturi.

Microrelieful este dat de formele mici de relief care ocupă suprafețe aproape neînsemnate și care au oscilații relativ mici ale înălțimii lor (movilițe, depresiuni, croturi). Ele apar pe suprafețe plane de relief ca urmare a fenomenelor de tasare, a deformațiilor provocate de îngheț, dar ele pot apărea și din alte cauze.

Relieful este principalul factor de redistribuire a radiațiilor solare și a precipitațiilor în funcție de expoziție și înclinarea pantei. El exercită o influență deosebită asupra regimului hidric, termic, nutritiv, oxidoreducător și salin din sol.

Apele freatice și cele stagnante sunt factori importanți în procesul de solificare. Solificarea decurge în condiții normale sub acțiunea precipitațiilor ce cad într-o zonă sau în alta. Apa provenită din precipitații sau scurgeri de suprafață se acumulează frecvent la suprafața solului. În prezența excesului de apă solificarea capătă anumite particularități: datorită aerației slabe au loc predominant procese de reducere, formându-se compuși reduși de fier și mangan. Când apele freatice se află aproape de suprafață și conțin săruri solubile și apar procese de salinizare (acumularea de cloruri și sulfati) sau de alcalinizare (sodizare).

Solurile actuale sunt produsul istoriei îndelungate și complexe geologice a suprafeței Pământului. De aceea **timpul** poate fi și el considerat un factor de solificare. În ceea ce privește vârsta absolută a solurilor actuale, este necesar să se ia în considerare vârsta geologică în diferite puncte ale suprafeței terestre, vârstă care oscilează în limite largi, practic de la zero până la milioane de ani. Vârsta zero o au suprafețele uscatului care abea au fost eliberate de apele ce le acopereau. Tot vârsta zero o au și suprafețele acoperite de lavele erupțiilor vulcanice sau de cenușa unor erupții actuale, precum și secțiunile proaspete în roci create de om prin lucrări de construcție, cariere, exploatarea miniere, sau construirea de căi de comunicație.

Despre relativa tinerețe sau vechime a solurilor se pot face aprecieri după gradul de dezvoltare a profilului lor, după gradul lor de sărăcire în unii compuși chimici în raport cu rocile de formare, după gradul de acumulare a unor componenți, sau ai altora etc.

Activitățile antropice sunt în prezent factorul pedogenetic principal și totodată cel mai activ. Exploatarea nerațională a solului produce atât reducerea fertilității acestuia, distrugerea stratificării naturale, subțierea sa (care poate merge până la distrugerea totală a stratului de sol) sau demararea proceselor de deșertificate.

Activitatea conjugată a mai multor factori de solificare este procesul cel mai răspândit. De aceea se poate afirma că solul reprezintă rezultatul acțiunii conjugate a tuturor factorilor ce se întrepătrund și se influențează reciproc. Cele prezentate mai sus sunt ilustrate în figura 115:

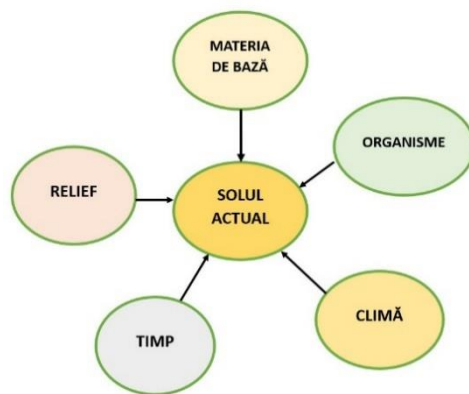


Figura 115. Principalii factori de solificare

Pedogeneza

Pedosfera este primul stadiu de constituire a ecosferei în mediul terestru (Fitzpatrick, 1971; Chiriță, 1955). Pedogeneza durează multă vreme. Durata de formare a unui strat de sol cu o grosime de 3 cm este de 300-1000 de ani. Formarea unui strat de sol de 20 cm poate dura cca. 2000 -7000 ani. În schimb distrugerea solului sub influența eroziunii sau a altor factori perturbatori ai procesului de pedogenză poate avea loc în câțiva ani, sau chiar mai puțin (de ex, potecile turistice pe culmile munților erodează stratul subțire de sol extrem de rapid, drumurile de țară neamenajate, realizate direct pe sol sunt un alt factor de dgradare a solului în plan local; la fel și viiturile determinate de diferite activități umane asupra teritoriului respectiv). Principalul proces de natură fizică este dezagregarea, care constituie etapa inițială în formarea solului (pe roci dure). Procesele de natură chimică sunt cunoscute sub denumirea de alterare, și cuprind totalitatea transformărilor chimice pe care le suferă solul.

Procesele biologice sunt legate în special de acumularea materiei organice în sol, iar apoi de prelucrarea de către organismele din sol a tuturor componentelor care vor constitui viitorul sol (Figura 116).



Figura 116. Demararea procesului de pedogeneză pe o piatră calcaroasă prin formarea unui biofilm din licheni, mușchi sau alte plante

Procesul de formare al solului este dominat de degradarea chimică a mineralelor silicate, ajutată de producția acizilor ai plantelor și organismelor pioniere, precum și de aportul de acid carbonic din atmosferă. Acidul carbonic este produs prin reacția de carbonatare. Ea ajută la descompunerea mineralelor carbonatice (cum ar fi calcitul și dolomita) și mineralele silicate (cum ar fi feldspatul); ca urmare a acestor reacții apar nivelurile ridicate de bicarbonat (HCO_3), ionii de sodiu și silice în apele de scurgere. Descompunerea mineralelor carbonatice se face prin dizolvarea ulterioară a acidului carbonic și a bicarbonatului, ceea ce duce la apariția dioxidului de carbon gazos. Oxidarea contribuie, de asemenea, la descompunerea multor silicați și la formarea unor minerale secundare în profilul timpuriu al solului (este așa numitul fenomen de diagenază). Oxidarea olivinei eliberează ioni de Fe, Mg și Si. Magneziul este solubil în apă și este transportat cu apele de scurgere, dar fierul reacționează adesea cu oxigenul pentru a precipita hematitul (oxidul de fier). Sulfur, un produs secundar al materialului organic în descompunere, va reacționa, de asemenea, cu fierul pentru a forma pirita. Dizolvarea piritei duce la niveluri ridicate de pH ca urmare a creșterii numărului de ioni de hidrogen și precipitarea ulterioară a oxizilor de fier, schimbând prin aceasta condițiile redox ale mediului.

Principalele mecanisme de bază în procesul de pedogeneză sunt:

- procesul de fragmentare a materialului provenit din litosferă. Roca este fărâmițată progresiv, fapt ce favorizează alterarea fizico-chimică ulterioară;
- fenomenul de dizolvare; unele minerale solubile în apă au tendința să dispară, deoarece sunt antrenate de apă în subteran, în timp ce altele (cele mai puțin solubile) rămân și treptat, se acumulează provocând sărăturarea solului;
- procesul de hidroliză; dacă dizolvarea duce la trecerea în soluție a ionilor proveniți din mineralele existente în litosfera locală, hidroliza este un proces ceva mai complex, în sensul că ionii din soluție oferă viitorului sol minerale noi;
- fenomenul de oxido-reducere; dacă solul conține puțin oxigen, dacă apa este în exces un timp, unele minerale (de exemplu fierul) se poate oxida sau reduce, ceea ce înseamnă că apar oxizi noi cu componente și de culori diferite. Procesele acestea sunt facilitate de activitatea metabolică a microorganismelor din sol;
- procesul de transfer; mulți ioni pot intra sau ieși din sol fie prin spălare, fie prin complexare cu ioni mai solubili;
- procesele de precipitare; în stratele medii sau cele inferioare ale solului, poate avea loc precipitarea elementelor transportate din diferite motive (schimbări de pH, reducerea cantității de apă care ar putea transporta sărurile mai adânc în sol etc.);
- formarea de noi compuși chimici; fenomenele de alterare, de transfer sau de precipitare aduc la un loc ioni care pot coprecipita creind minerale noi. În cazul unui mediu foarte sărac în apă, calciul se poate asocia cu dioxidul de carbon și apar incluziuni de carbonat de calciu, adică se formează calcar;
- orizontalizarea - apare în zonele plate, deci în majoritatea solurilor care au strate paralele orizontale (orizonturi distincte). În zonele de pantă, solurile vechi au tendința să alunece, complicând prin aceasta orizontalizarea. Ca o consecință în aceste soluri pot apărea volume mai complexe (de ex. lentile de sol caracterizate prin o compoziție fizico-chimică diferită, etc.).

Multitudinea acestor factori care pot concura la realizarea solurilor, împreună cu apariția unor alți factori aleatori, sau cu acțiuni de scurtă durată, duce la existența unei mari varietăți de soluri, care diferă prin proprietățile lor fizice, chimice sau biologice.

Procesul de formare a solurilor (pedogeneza) este prezentat schematic în figura 117.

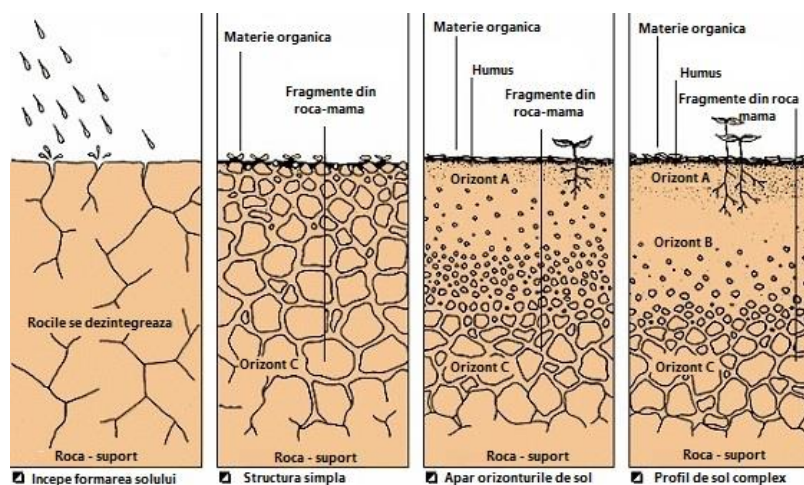


Figura 117. Etapele formării solului (pedogeneza)
(<https://alkzik.wordpress.com/2020/05/26/pedosfera>)

Proprietățile solurilor

Cea mai importantă proprietate a solului este **fertilitatea** (proces care pune la dispoziția plantelor substanțe nutritive, apă și aer, deci asigură buna dezvoltare a acestora). (Buckmann *et al.*, 1960; Calvet, 2003).

- Culoarea solului este proprietatea cea mai importantă în recunoașterea tipurilor de soluri și este dată în special de compoziția părții sale solide. În funcție de compoziția lor, orizonturile dintr-un profil de sol au diferite culori.
- Textura se referă la ponderea pe care o au particulele de argilă, praf și nisip. Textura fină înseamnă conținut mare de argilă, iar textura grosieră înseamnă prezența masivă a particulelor nisipoase.
- Structura are în vedere modul de grupare a particulelor solului în agregate de diferite forme și mărimi.
- Profilul de sol reprezintă succesiunea pe verticală a straturilor componente ale solului. Aceste straturi cu grosime, alcătuire și proprietăți diferite se numesc orizonturi. Numarul, felul și succesiunea lor este specifică pentru fiecare tip de sol (Figurile 118 și 119).

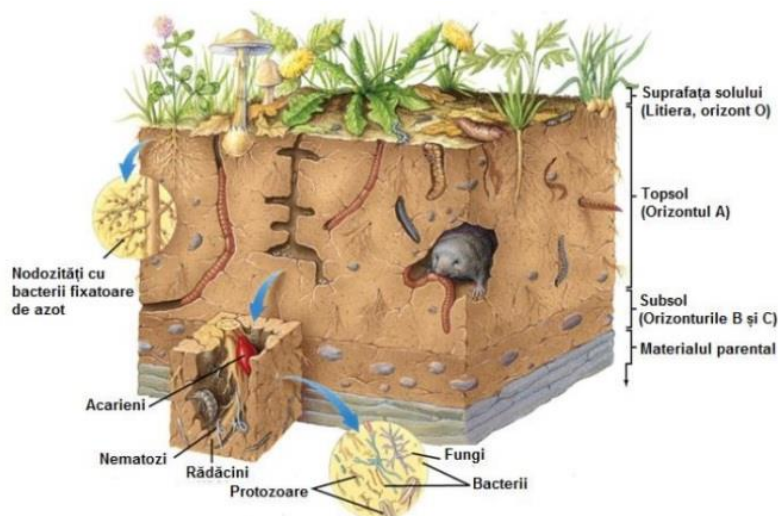


Figura 118. Orizonturile solului și biota din ea (<https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Structura+solului>)

Profilul solului reprezintă succesiunea verticală a straturilor componente ale solului. Aceste straturi cu grosime, compoziție și proprietăți diferite se numesc orizonturi. Numărul, tipul și succesiunea acestora sunt specifice fiecărui tip de sol (Figura 119).

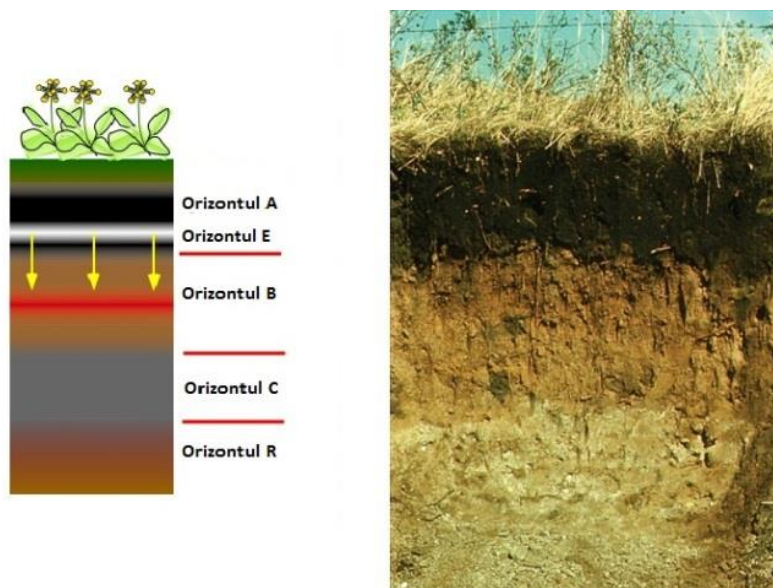


Figura 119. Principalele orizonturi comune ale unui profil de sol (Wikipedia)

Principalele orizonturi ale profilului de sol sunt:

- O** - orizont format prin acumularea la suprafața solului a materiei organice în curs de descompunere (se mai numește și litieră);
- A** - orizont alcătuit din componente organice și minerale, situat la suprafața solului și caracterizat prin acumularea humusului, având în general o culoare neagră sau brun închisă;
- E** - orizont alcătuit din componente minerale (mai ales nisip și praf) datorită spălării particulelor de argilă spre orizonturile inferioare și fiind în general deschis la culoare;
- B** - orizont îmbogățit în argilă care provine fie din alterarea substratului, fie din acumularea argilei spălate din orizonturile superioare A și E;
- C** - orizont mineral format numai prin dezagregarea substratului;
- R** - substratul dur al litosferei, neafectat de procesele de pedogeneză.

- Partea solidă a solului cuprinde materie minerală provenită din dezagregarea și alterarea substratului și materie organică provenită din acumularea resturilor vegetale și animale.
- Partea lichidă a solului este reprezentată de apele de proveniența pluvială sau subterană, care la trecerea prin sol se încarcă cu diferite substanțe solubile alcătuiind soluția solului.
- Partea gazoasă este dată de aerul din sol, care provine din aerul atmosferic dar are compoziția chimică diferită datorită neîncetatei procese biochimice ce au loc în sol.

Pedologii au stabilit că solurile au următoarele proprietăți (Chiriță, 1955):

- proprietăți fizice: textura, structura, densitatea, porozitatea;
- proprietăți hidrice: permeabilitatea, indicii hidrofizici;
- proprietăți chimice: reacția solului, capacitatea de tamponare, soluția solului;
- proprietăți de aerație și termice: permeabilitatea pentru aer, compoziția aerului din sol, proprietăți termice.

Tipurile de soluri de pe Terra

Solurile nu există pe toată suprafața mediului terestru. Solurile lipsesc în regiunile polare, în deșerturi, în zonele montane înalte cu relief foarte abrupt (deoarece aici ele sunt spalate foarte des de precipitații). Ele sunt, de la caz la caz, de grosimi diferite. Solurile sunt permanent în activitate; de aceea ele sunt sensibile la acțiunea tuturor factorilor de mediu. În prezent acțiunile umane afectează cel mai puternic structura și calitatea solurilor. Ele sunt păstrate cel mai bine când posedă o acoperire cât mai deasă cu vegetație (Figura 120) (Calvet, 2003; Legros, 2007).

Răspândirea solurilor pe glob depinde în principal de latitudinea la care se află, de altitudine și de dimensiunile formelor de relief pe care s-au format.

1. La latitudinile înalte, deci în apropierea polilor terestri există soluri de zonă rece. Ele sunt numite soluri de tundră, au o fertilitate scăzută și o bună parte din an sunt înghețate.
2. În zonele temperate domină pădurile de conifere și foioase și stepele (terenurile lipsite de păduri). Aici se întâlnesc următoarele tipuri de soluri:
 - sub pădurile de conifere și cele de amestec se află solurile podzolice. Ele au o fertilitate scăzută, sunt acide și conțin o cantitate mică de humus.
 - sub pădurile de foioase se află solurile argiloase. Ele au o fertilitate medie și sunt de culoare brună sau brun-roșcată.
 - în zonele de stepă de climat temperat-continental se află solurile cernoziomice. Ele sunt solurile cele mai fertile, de culoare neagră și sunt bogate în humus.
 - în regiunea mediteraneană sunt așa numitele soluri terra-rosa. Ele sunt soluri cu o fertilitate destul de ridicată, de culoare roșie.
3. În zonele calde ale pământului sunt deșerturi, savane și păduri tropicale. Aici se întâlnesc următoarele tipuri de soluri:
 - soluri de deșert. Ele sunt subțiri și se formează îndeosebi în oaze, în vecinătatea puținelor locuri în care apa există permanent la suprafața pământului. Ele au o productivitate scăzută și sunt de culoare cenușie.
 - soluri din zonele subecuatoriale de savană. Ele sunt soluri cu o fertilitate relativ ridicată și au o culoare roșie.
 - solurile din zonele de pădure ecuatorială sunt așa numitele soluri lateritice. Ele sunt sărace în humus. Ele sunt în zone în care cad precipitații abundente (de obicei zilnic), este căldură ridicată; toate condiții care determină o descompunere rapidă a resturilor vegetale, deci îngreunează formarea unor soluri durabile. Solurile din pădurile ecuatoriale sunt de culoare roșie.

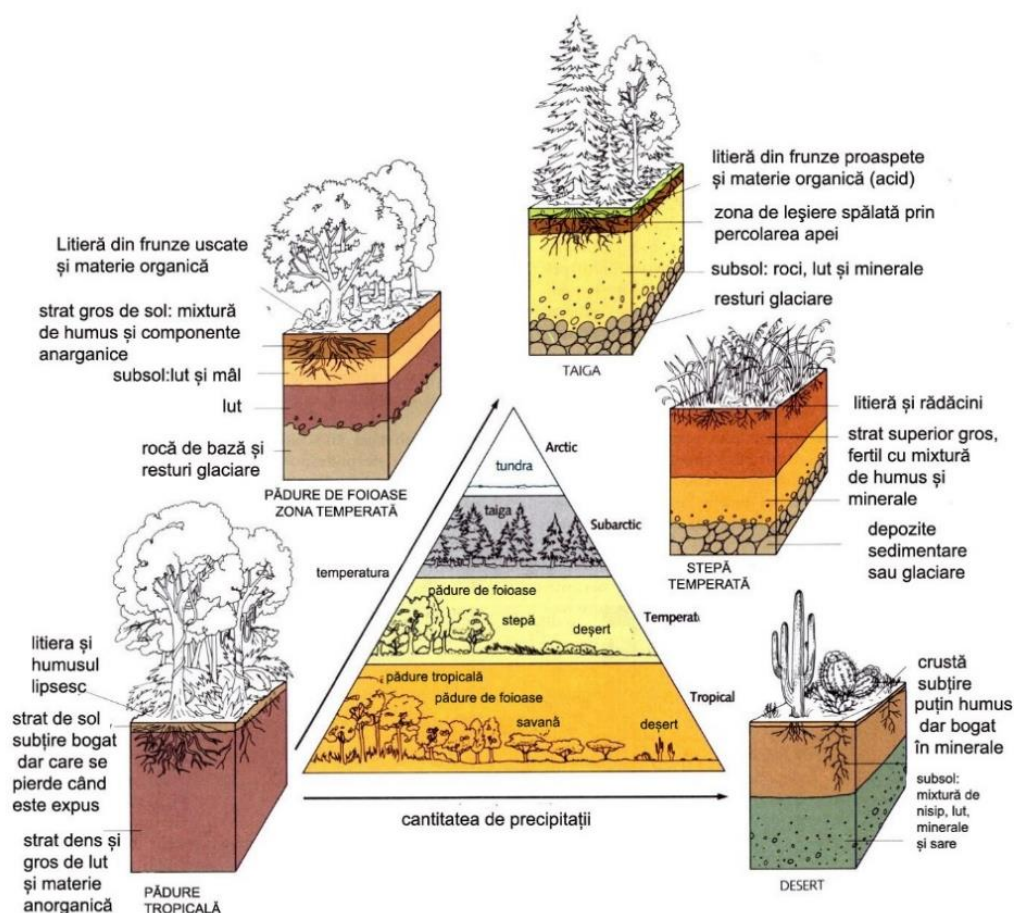


Figura 120. Tipurile de soluri și ponderea lor pe Terra (Levine și Miller, 1994)

Rolul solului ca factor de mediu

Solul, prin natura lui este suport și mediu de viață pentru plante, iar prin conținutul lui în humus, realizează principalele legături în lanțurile ciclurilor geochimice ale elementelor, de la sinteza materiei organice până la produsele rezultate din mineralizarea acestora.

Pe sol se adună poluanți sub formă de pulberi din aer, gaze toxice dizolvate de ploaie, ape de infiltrație poluate, râuri poluate, irigații cu ape poluate, aglomerările de deșeuri menajere sau industriale. Reziduurile de tot felul care n-au fost evacuate în apă și aer pot acoperi uscatul, infestând terenurile agricole acolo unde sunt mai fertile și stricând peisajele atât de căutate pentru frumusețea lor.

Distrugerea învelișului de sol sau înlocuirea lui cu teritorii neproductive biologic, care s-a intensificat pe glob în ultimul timp. Acest lucru va conduce la modificări importante, unele imprevizibile, în procesele și ciclurile biogeochimice, ca și în regimurile climatice, având ca rezultat schimbări nefavorabile pentru viață în general.

Dacă distrugerea învelișului de sol va continua, dereglările în funcționarea biosferei vor afecta areale din ce în ce mai mari ducând cu timpul la perturbări catastrofale. De aceea, în prezent specialiștii își îndreaptă atenția asupra cercetării complicatelor fenomene negative regionale de aridizare și deșertificare, de schimbare a climatului, de poluare periculoasă a mediului prin ploii acide sau prin alte modalități, dar mai ales asupra măsurilor de prevenire a acestor fenomene.

Funcțiile pedosferei în legătură cu hidrosfera sunt foarte importante. Solul joacă un rol activ în circuitul hidrologic al Terrei prin faptul că determină raportul dintre evapotranspirația în atmosferă, scurgerea de suprafață în râuri și infiltrația în subteran din precipitațiile care cad la suprafața uscatului, participând astfel la bilanțul de apă local sau regional și implicit, la cel general al uscatului.

Solul reține apa din precipitații sau condensează vapori de apă din atmosferă formând rezerve de apă, filtrează apa care percolează în apele freatice sau în cele subterane. Rezervele de apă ale solului sunt folosite în procesul de evapotranspirație în raport cu cantitatea de biomasă care a fost sintetizată și de ariditatea climei. Învelișul vegetal care acoperă solul determină o creștere a umidității aerului în apropierea solului și implicit o protecție a sa.

Apa de percolare și scurgere în adâncime dizolvă mulți dintre componenții solului influențând compoziția chimică a apelor din subteran sau ale râurilor în care ajunge - și în care transportă produse solubile ale alterării și solificării, inclusiv metaboliți ai proceselor biologice.

În funcție de tipul de bilanț al apei în sol sunt și caracteristicile solului și apelor subterane, adică:

- tipul evaporativ sau exudativ bilanț, specific regiunilor aride, determină formarea de ape mineralizate și soluri saline îndeosebi în teritorii joase (către care au loc scurgeri locale);
- tipul percolativ de bilanț al apei în sol, specific regiunilor umede, cu soluri permeabile, conduce la formarea de soluri intens spălate, sărăcite în elemente minerale, cu aciditate ridicată și fertilitate redusă;
- tipul acumulativ de bilanț al apei în sol din terenuri joase mlăștinoase sau din jurul lacurilor sau al mărilor este răspunzător pentru stagnarea apei și condiții anaerobe, însoțite adesea de formarea de sulfuri și aciditate cauzate de prezența sulfatului de aluminiu.

Modul de reținere, infiltrare, circulație laterală, evaporare și transpirație a apei în sol reprezintă mecanismele esențiale care determină direcțiile și intensitatea proceselor geochimice la scara globală, ca și alimentarea plantelor la nivel local. Prin funcția sa de filtru, solul are și o acțiune importantă de reținere a unor substanțe care ar putea contamina apele subterane prevenind deci poluarea acestora. Capacitatea de producție a bazinelor de apă (lacuri, iazuri, eleștee, etc.) este de asemenea mult influențată de caracteristicile și calitatea solului existent în acestea.

4.2.3 Ipoteza Gaia

În 1965 chimistul James Lovelock a formulat o ipoteză care presupunea că organismele vii interacționează cu mediul lor anorganic de pe Pământ pentru a forma un sistem complex sinergic și autoreglabil, care ajută la menținerea și perpetuarea condițiilor de viață pe planetă. Din 1970 microbioloaga Lynn Margulis i s-a alăturat și împreună au dezvoltat această ipoteză. Numele de Gaia vine de la cel al zeiței Gaia, zeița primordială care a personificat Pământul în mitologia greacă (Lovelock, 2000; Lovelock și Margulis, 1974).

La început ipoteza Gaia a fost aprig criticată pentru că este teleologică și împotriva principiilor selecției naturale de tip darwinist. Cu toate acestea perfecționările ulterioare au confirmat ipoteza Gaia cu idei din domenii precum știința sistemului Pământului, biogeochimia și ecologia sistemelor.

Deși chiar și astăzi ipoteza Gaia continuă să atragă critici, mulți oameni de știință consideră fie că este destul de bine susținută de dovezile disponibile.

Deși au trecut peste trei sferturi de secol de la apariția teoriei Gaia, ea totuși a rămas în atenția oamenilor de știință. După peste 30 de ani de dispute, au fost organizate patru conferințe internaționale la care participanții au venit cu multe comunicări în care confirmau această ipoteză (În 1985, primul simpozion public la Universitatea din Massachusetts Amherst, în 1988 a avut loc la universitatea din Massachusetts Amherst cea de a doua conferință, în 2000 s-a ținut a treia conferință la Valencia, iar în 2006 a avut loc cea de a patra conferință internațională despre ipoteza Gaia, la Universitatea George Mason din Arlington). Ca urmare, acum nu se mai vorbește de ipoteza Gaia, ci de teoria Gaia, care în timp, s-a consolidat.

Pe baza acestei ipoteze autorii au căutat să explice modul în care biosfera și evoluția organismelor afectează stabilitatea temperaturii globale, salinitatea apei de mare, nivelul de oxigen atmosferic, menținerea unei hidrosfere de apă lichidă, procesarea dioxidului de carbon și alte variabile de mediu care afectează viabilitatea Pământului, deci interacțiunea viului cu neviul pe planeta noastră.

Ipoteza Gaia presupune că Pământul este un sistem complex autoreglabil care implică biosfera, atmosfera, hidrosfera și pedosfera, strâns cuplate ca un sistem unic în evoluție. Acest sistem caută un mediu fizic și chimic optim pentru viața contemporană.

Gaia evoluează printr-un sistem de feedback cibernetic operat de către biotă, ceea ce duce la stabilizarea amplă a condițiilor de funcționare a biotei într-o homeostazie deplină. Multe procese de pe suprafața Pământului, esențiale pentru condițiile de viață depind de interacțiunea formelor vii, în special a microorganismelor, cu elementele anorganice. Aceste procese stabilesc un sistem de control global care reglează temperatura suprafeței Pământului, compoziția atmosferei și salinitatea oceanului, alimentat de starea globală de dezechilibru termodinamic a sistemului Pământului.

Un alt concept de care se ține seama în teoria Gaia este cel de homeostazie. Conceptul de homeostazie a ajuns să desemneze acum orice căutare a unei stări de echilibru în cadrul unui sistem cibernetic.

Existența unei homeostazii planetare influențate de formele vii a fost observată anterior în domeniul biogeochimiei și este investigată și în alte domenii ale științelor Pământului. Originalitatea ipotezei Gaia se bazează pe evaluarea că un astfel de echilibru homeostatic este urmărit activ cu scopul de a păstra condițiile optime de viață, chiar și atunci când eventualele evenimente terestre sau externe le amenință.

Modelul lui Lovelock are rădăcini în teoria sistemică, o teorie însăși născută din cibernetica lui Norbert Wiener. Teoria Gaia, corespunde tuturor proprietăților unui sistem care are capacitatea de a regla temperatura și compoziția suprafeței Pământului pentru a-l asigura și păstra favorabil existenței organismelor vii. Autoreglarea acestui sistem este un proces activ care funcționează datorită energiei furnizate de radiația solară.

Organizarea este aranjarea unui întreg în funcție de distribuția elementelor sale componente pe niveluri ierarhice (a se vedea teoria lui Bertalanffy – 1960). În concepția lui Lovelock și Margulis, interacțiunea cu sistemele dinamice subordonate este o parte integrantă a teoriei Gaia.

Lovelock și Margulis au constatat că compoziția atmosferei Pământului, temperatura și pH-ul acesteia sunt reglate de organismele vii pentru a-și optimiza reproducerea. Originalitatea ipotezei Gaia se bazează pe părerea că un astfel de echilibru homeostatic este realizat în scopul de a păstra condițiile optime de viață, chiar și atunci când diferite situații de pe planetă (sau din afara ei) le amenință.

Ipoteza de lucru a lui Lovelock poate fi rezumată astfel: întregul sistem planetar al Terrei este reglat, printr-o rețea complexă de interacțiuni și feedback-uri.

Până acum ipoteza Gaia a venit cu dovezi pentru modul în care s-a asigurat reglarea temperaturii globale la contactul dintre litosferă și atmosferă, modul în care salinitatea oceanelor se menține aproape stabilă de milioane de ani, explică apariția și prezența oxigenului în atmosferă și hidrosferă, modul în care are loc circulația dioxidului de carbon în cadrul circuitului mondial al carbonului, explică faptul că multe combinații de substanțe chimice, inclusiv oxigenul și metanul, există în concentrații stabile în atmosfera Pământului ș.a.

4.3 Omul a creat Antroposfera

Antroposfera este acea parte a mediului natural sau modificat, care este utilizată de oameni în interesele sale. Cum omul în prezent populează toată planeta, el își marchează în felul său terenul; și astfel influența oamenilor se manifestă pe toată suprafața Pământului, și include cultura noastră, tehnologia, mediul construit și toate activitățile asociate.

Printre aspectele antroposferei se numără: minele din care se obțin minerale; zăcămintele de petrol și gaze; agricultura care produce alimentele necesare pentru cei aproape 9 miliarde de oameni); silvicultura, dar și gropile de gunoi; poluarea aerului, apei și solului; sateliții (aici includem atât sateliții activi, cât și gunoaiile lăsate de cosmonauți în spațiu); toate produsele tehnice și tehnologiile create de oameni, fabricile, urbanizarea; toate sistemele de transport (drumuri, autostrăzi, mijloacele de transport, navele care circulă pe toate tipurile de ape); instalații nucleare; războaiele. De asemenea, include cărți, software, sisteme bazate pe computer, inclusiv internetul; sisteme educaționale; toate tehnicile și tehnologiile create, sistemele de comunicații etc. (Figura 121).



Figura 121. Vedere din New York-ul de astăzi

Antroposfera poate fi privită ca echivalentul generat de om pentru a folosi în interesul său ecosfera sau biosfera. În timp ce biosfera este biomasa totală a Pământului și interacționează cu sistemele sale nevie, antroposfera este masa totală a sistemelor și materialelor generate de om, inclusiv populația umană care interacționează cu toate sistemele vie și nevie ale Pământului. Dar, în timp ce ecosfera este capabilă să producă și să recicleze eficient materia preluată din toposferă prin procese precum fotosinteza și descompunerea resturilor, antroposfera, deoarece a apărut numai din interesele speciei umane, este foarte ineficientă în a se întreține. În plus, ea se bazează numai pe informația umană, deci cu mult sub bogăția informației ecosferei. De aceea, pe măsură ce tehnologia umană devine mai evoluată, cu atât impactul negativ al activităților umane asupra mediului crește exponențial.

De-a lungul câtorva mii de ani, omul, în ciuda faptului că nu este cel mai bine adaptat mediului său înconjurător, din cauza vieții sociale, a abilităților de comunicare (limbaj) și, mai ales, datorită inteligenței sale, a cucerit și apoi a supus, folosind doar în scopul interesului său strict întreaga planetă, într-un mod care nu a fost făcut de niciunul dintre celelalte ființe vie. Într-o perioadă foarte scurtă – la scară planetară – ca o consecință a dezvoltării tehnicii, el a trecut la schimbarea înconștientă a celor mai multe dintre relațiile create de ecosferă la nivel planetar.

Mediul natural este mediul netransformat de om; el a fost realizat de natură în decursul milioane de ani. El poartă acum denumirea de ecosferă. Activitățile antropice au determinat modificări ce au condus la **înlocuirea mediului natural cu mediul antropizat**.

Antroposfera este cel mai tânăr înveliș al Pământului, dar a avut și are de pe acum un impact enorm asupra planetei și a tuturor învelișurilor sale. Ea este creată mai mult sau mai puțin conștient, cu tenacitate, eficiență și, din păcate și cu un mare grad de înconștientă și egocentrism.

Termenul de antroposferă a fost folosit pentru prima dată, ca și cel de biosferă, tot de Eduard Suess în secolul al XIX-lea.

4.3.1 Istoria omenirii și a antroposferei

De-a lungul anilor, din necesitatea de a defini într-un anumit fel perioada de timp în care omenirea a devenit factorul dominant al tuturor proceselor de pe pământ, au fost propuse numeroase denumiri, toate date de oameni în funcție de specialitatea/domeniul de activitate al celor care l-au propus. Nu facem un istoric, ci numai o trecere în revistă a diferiților termeni utilizați.

Antropizarea a început curând după apariția omului pe Pământ, iar acum evoluează în ritm exponențial. Ea a apărut din momentul în care numărul populației umane a crescut suficient de mult pentru ca efectele activităților sale să devină evidente asupra mediului său ambiental. Dacă la început aceste efecte erau imperceptibile, amploarea lor a crescut în timp și de la un anumit moment ele au devenit evidente. Totul a avut loc în câteva milenii.

Primele hominide – australopitecii - se hrăneau cu ierburi, rădăcini și animale mici pe care le urmăreau și ucideau. Cu timpul, omul a început să facă unelte, să folosească pietre și să utilizeze focul, astfel încât, încă din Pleistocen practicile de culegere de plante, de vânătoare și de pescuit erau deja bine dezvoltate. Deși la vremea respectivă aceste activități îndeplineau o funcție pur de subsistență și aveau o amploare neglijabilă în ceea ce privește impactul asupra mediului, ele reprezentau totuși primul pas către exploatarea mediului și care s-a dezvoltat progresiv de-a lungul secolelor odată cu imaginarea, apoi crearea de tehnologii din ce în ce mai avansate.

Începerea cultivării plantelor – apariția agriculturii - este unul dintre marile evenimente care au schimbat istoria omenirii. Din acel moment omul s-a transformat în muncitor sedentar: a început să construiască primele adăposturi, să lucreze pământul, să semene și să planteze cereale, legume și pomi fructiferi. Vânătoarea și pescuitul completeau meniul lor cotidian. Ulterior a apărut și creșterea animalelor domestice. Așezările umane erau mici; ele constau din locuințe foarte simple, oamenii, având un mod de viață socială, formau grupări de zeci, sute, mai rar mii de locuitori.

În Sumer, apoi în Egipt și mai târziu în antichitatea greacă și romană fenomenul urbanismului a apărut și s-a extins. În imperiul roman Roma a atins pentru prima dată un milion de locuitori. În oraș erau și vile cu un etaj, dar și locuințe cu mai multe etaje. Modelul roman a influențat semnificativ mediul prin intensificarea agriculturii, construirea de drumuri și poduri pentru comunicații și comerț, precum și ridicarea de apeeducte și infrastructuri, punând bazele a ceea ce va fi începutul modului în care a demarat modificarea mediului în sens modern.

În Evul Mediu, depopularea și dispersarea populației au redus fenomenul de centralizare urbană, astfel încât Roma și alte orașe și-au redus drastic numărul locuitorilor. Datorită schimbării sistemului politic în urma prăbușirii Imperiului Roman de Apus, comunitățile descentralizate au încercat să exploateze teritoriul mai ales în scop defensiv, ducând la nașterea unor noi modele de arhitectură civilă precum satul și castelul, sau cele religioase precum biserica parohială și mănăstirea. Aceste realități locative s-au bazat pe diviziunea clară între interior și exterior, marcată de ziduri: în interior toate activitățile erau concentrate în jurul unui nucleu central de clădiri, în timp ce în exterior spațiile pentru agricultură și muncă erau distribuite radial.

Renașterea a adus o recuperare a stilului de viață roman antic, care a inclus dezvoltarea limbajului, filozofia, arhitectura și, de asemenea, redezvoltarea urbană. Diversele „orașe ideale” imaginate sau create fizic în acea perioadă s-au bazat în principal pe conceptul de armonie atât interioară, cât și externă, în raport cu mediul înconjurător. În zona extraurbană s-a consolidat o activitate agricolă ceva mai avansată din punct de vedere tehnic. Revoluția industrială, care a demarat între sfârșitul secolului al XVIII-lea și începutul secolului al XIX-lea, a dus la trecerea de la o economie agro-artizanală la o economie industrială și a constat în transformări ale organizării sociale și politice, a modelelor culturale și a comportamentelor individuale care caracterizează și astăzi zonele dezvoltate ale lumii contemporane. Industrializarea a demarat în Anglia. Combustibilul folosit în furnalele era cărbunele, iar încercările de înlocuire a cărbunelui cu cocs produs prin distilarea cărbunelui fosil au întâmpinat dificultăți legate de calitățile cărbunilor. Nu este greu de imaginat cât de grave au fost repercusiunile industrializării asupra mediului înconjurător.

Ideea de influență umană asupra mediului apare în 1873, când Stoppani imaginează pentru prima dată o eră geologică nouă, *Antropozoicul*. Conceptul de *tehnosferă* a fost propus ulterior de geologul și inginerul Haff.

În 1922 geochimistul Vernadski, împreună cu geologul Teilhard de Chardin și matematicianul și filozoful Le Roy dau o nouă denumire, cea de *noosferă* (sfera spiritului uman), prin care înțeleg influența tot mai mare a puterii intelectului uman și a tehnologiei asupra biosferei. Tot în 1922 geologul Pavlov descrie o nouă perioadă geologică, pe care o denumește *antropogenă/antropocenă* (după termenul de antropozoic dat anterior de Stoppani).

În 1972 James Lovelock, a lansat ipoteza Gaia evidențînd rolul influenței antropice asupra ciclurilor biogeochimice (vezi mai multe detalii în Cap. 4.2.2).

Ca ecologi, noi considerăm că termenii privind interacția dintre învelișurile vii și cele nevie din ultimul secol ne îndreptătesc să considerăm că termenii cei mai adecvați sunt cel de *ecosferă* pentru interacția naturală realizată de biosferă cu toposfera, și pe cea de *antroposferă* pentru interacția realizată în ultimele secole de omenire cu mediile vii și nevie aflat sub control uman la nivel planetar.

Ca urmare, de-a lungul a câteva zeci de mii de ani omul, acest produs al planetei noastre, din cauza vieții sociale, a abilităților de comunicare (limbaj) și, mai ales, datorită inteligenței sale, a cucerit și apoi a supus strict interesului său întreaga planetă, într-un mod care nu a fost făcut de niciunul dintre celelalte viețuitoare. Într-o perioadă foarte scurtă – la scară planetară – ca o consecință a dezvoltării tehnicii, el a devenit una dintre cele mai tulburătoare pericole pentru desfășurarea proceselor vii și nevie la nivel planetar, deoarece în timp ce ecosfera este capabilă să producă și să recicleze eficient întreaga materie preluată din toposferă prin procese precum fotosinteza și descompunerea, antroposfera este foarte ineficientă în a se întreține. Pe măsură ce tehnologia umană devine mai evoluată, cu atât impactul negativ al activităților umane asupra mediului crește exponențial. Antroposfera, deși este cel mai tânăr înveliș al Pământului, a avut și are de pe acum un impact enorm asupra planetei noastre și a tuturor învelișurilor sale naturale.

Folosirea energiei din combustibilii fosili (cărbune, petrol și gaze naturale) și numeroasele tehnologii pe care aceștia le pun în funcțiune au jucat un rol major în amplificarea influenței antroposferei asupra Pământului. Ea le-a permis oamenilor să extragă resurse, cum ar fi minereul de fier și bauxita, care sunt folosite pentru a construi automobile, zgârie-nori și nenumărate gadget-uri care fac parte din viața modernă. Oamenii, prin tot ce au făcut, au extins influența antroposferei afectând astfel în mod negativ ecosfera naturală și au provocat procesul de încălzire globală. Pe măsură ce impactul încălzirii globale se va dezvolta, antroposfera va fi caracterizată prin apariția unor climate extreme.

4.3.2 Suprapopularea planetei

Populația umană a pământului a început să crească abea după anii 5.000 î.Hr. Se consideră că începutul civilizației a avut loc după sfârșitul ultimei perioade glaciare, deci de prin Holocen. Dezvoltarea agriculturii a permis creșterea populației în multe părți ale lumii, inclusiv în Europa, America și China, dar această creștere a fost, cu mici fluctuații, destul de lentă.

După începutul Revoluției Industriale, deci în cursul secolului al XVIII-lea, rata de creștere a populației a început să se accentueze. La sfârșitul secolului al XVIII-lea, populația lumii era estimată la puțin sub 1 miliard de locuitori. După 200 ani, la începutul secolului al XX-lea, populația lumii ajunsese la aproximativ 1,6 miliarde. După încă 50 ani, în 1940, această cifră a crescut la 2,3 miliarde. O creștere mai dramatică începe cu 1950 și a coincis cu intensificarea producției de alimente ca urmare a industrializării agriculturii. Rata de creștere a populației umane era în 1964, de aproximativ 2,1% pe an. După aceea creșterea populației umane a evoluat exponențial: adăugările recente de un miliard de oameni au avut loc foarte repede: 33 de ani pentru a ajunge la trei miliarde în 1960, 14 ani pentru patru miliarde în 1974, 13 ani pentru cinci miliarde în 1987, 12 ani pentru șase miliarde în 1999, 11 ani pentru șapte miliarde în 2010 și 12 ani pentru 8 miliarde (spre sfârșitul anului 2022) (Figurile 122 și 123). Acum se consideră că această creștere se datorește în principal progreselor medicale și creșterii productivității pe terenurile agricole.

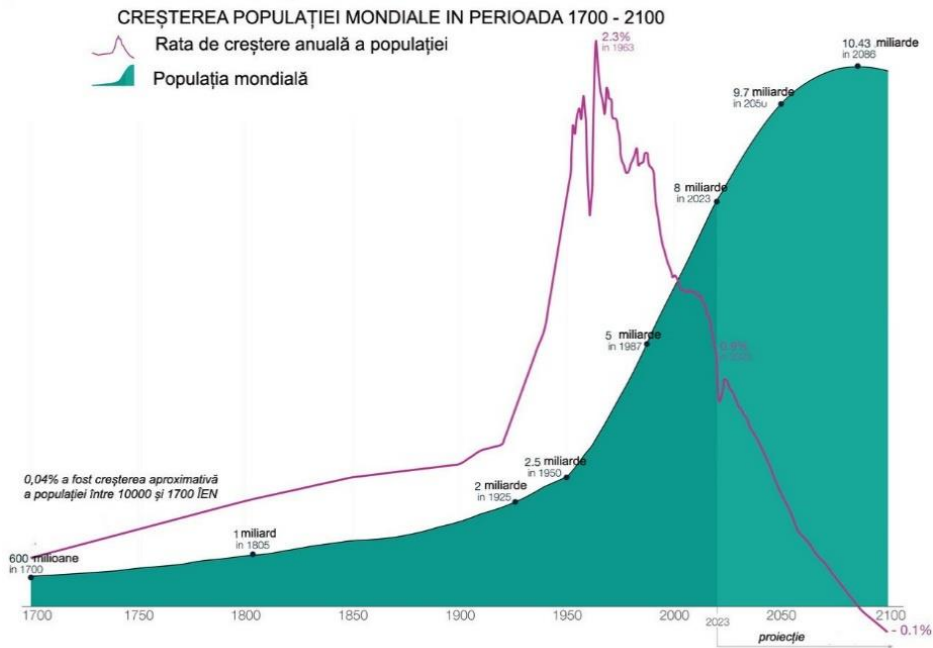


Figura 122. Creșterea populației umane în perioada 1700-2100 (https://en.wikipedia.org/wiki/Projections_of_population_growth)



Figura 123. Oamenii sunt singura specie a cărei prezență este observabilă și din spațiu. În timp ce oamenii sunt distribuiți pe cea mai mare parte a pământului, contrastul dintre regiunile luminoase și întunecate ale continentelor dezvăluie disparitățile existente în dezvoltarea umană la nivel planetar (Foto: NASA).

Folosind amprenta ecologică, unele organizații mondiale au apreciat că omenirea folosea încă din 2006 cu 40% mai mult decât ceea ce poate produce și regenera planeta în mod natural ca hrană pentru omenire. De aceea, pentru a face loc și pentru a alimenta aceste miliarde de oameni excedentari, antroposfera s-a extins pentru a ocupa mai mult teren pentru locuințe, industrie și agricultură.

Între modul în care celelalte viețuitoare ale plantei și modul în care oamenii folosesc resursele naturale este o discrepanță frapantă (Tabelul 23). Toate viețuitoarele își satisfac nevoile metabolice, se apără de dușmani, își asigură perpetuarea speciei în limitele resurselor naturale disponibile, iar indivizii lor sunt utili speciei cât timp asigură supraviețuirea acesteia pe termen nelimitat și asigură contacte reciproc utile cu mediul ambiental viu și neviu. Dacă facem o comparație cu ce face specia umană, constatăm că la aceasta totul este modificat arbitrar (folosindu-se o mulțime de justificări morale și culturale), iar liberul arbitru a devenit norma generală de trai. Nu credeți că aici trebuie umblat, pentru a supraviețui omul pe planeta noastră?

Tabelul 23. Comparație între modul de desfășurare a proceselor vitale ale viețuitoarelor în ecosferă și a omului în antroposferă (Godeanu și Doniță, 2023, modificat)

Parametri	Ecosfera	Antroposfera
Mărimea populației unei specii	In strânsă corelație cu resursele mediului viu și neviu	-Independent de resurse, prin supraexploatarea haotică a tuturor mediilor de pe planetă, pe criterii arbitrare, acum îndeosebi din punct de vedere economic și pecuniar. - Lipsa limitelor naturale de înmulțire a speciei umane va duce la suprapopulație, cu consecințe negative grave.
Modul de perpetuare a speciei	Reproducerea în anumite perioade ale anului și numai de indivizii cei mai buni din punct de vedere calitativ.	--Exacerbarea procesului sexual, care a devenit un scop în sine. -Absența unei anumite perioade a anului în care are loc reproducerea, care a devenit incontrollabilă. -Alterarea genomului uman. -Selecție pe criterii arbitrare. -Degenerescența masculilor datorită războaielor (unde mor indivizii cei mai buni). -Selecție nenaturală (culturală, religioasă, socială etc).
Durata de viață	Atâta timp cât indivizii sunt utili pentru supraviețuirea speciei. După aceea acționează selecția naturală eliminatoare.	-Nu există limite logice, și nici nu se ține seama de interesele speciei, populației, sau de capacitatea de suport a mediului natural din care fac parte.
Modul de desfășurare a proceselor metabolice	Dependența strictă de resursele naturale disponibile. Organismele pot fi ierbivore, carnivore/parazite, detritivore sau simbiote.	-Resurse naturale (la maxim din cât este posibil), apoi preocupare numai pentru resurse create de oameni: agricole, zoo-tehnice, prin sinteze artificiale sau prin procese tehnologice artificiale.
Mod de exploatare a resurselor	În limitele nevoilor speciei și indivizilor săi (dar niciodată în exces).	După interes și bunul plac. Extensiv, cu utilaje tehnologice străine de mediu. Există o "viziune" numai pe termen scurt.
Tipul de interacții cu mediul -abiotic -biotic	Organele de simț Informația genetică și cea adaptativă Informația extrasenzorială-Cicluri biogeochimice Nu există poluare; totul se consumă sau se recirculă	-Rupere de resursele naturale, -Supraexploatare, -Organe de simț, -Senzori și aparatură tehnică, - Informația genetică și cea adaptativă (a dispărut informația extrasenzorială) -Experiența istorică (verbală și scrisă) -Domesticire -Prietenie vs.dușmănie (nu mai sunt indivizi indiferenți) -Omul produce poluare, care e recirculă foarte greu sau numai parțial
Alte comportamente (adăpost, condiții climatice, factori etici)	Adăposturi permanente sau temporare, hibernare, migrații, unele nu își creează spații ocrotite	-Manipulări tehnice, genetice, spirituale, culturale, rupere de mediul de viață, crearea de relații artificiale, goana după bani, tehnicizare excesivă
Confort tehnologic	Nici nu se pune problema asta	-Confort tehnologic maximal, -Sisteme variate de construcții, transport și petrecerea timpului liber -Exploatarea multor resurse nenecesare din litosferă, hidrosferă, biosferă, pedosferă etc.

De multă vreme o serie de oameni de știință au susținut că impactul uman asupra mediului și creșterea nejustificată a consumului de resurse amenință ecosistemele lumii și supraviețuirea civilizației umane. Declarația Comisiei Interacademice privind creșterea populației, care a fost ratificată de 58 de academii naționale membre în 1994, dar și mulți oameni de știință sugerează că impactul general uman asupra mediului de după 1950 (în special datorită creșterii populației umane, creșterii economice excesive, a consumului exacerb, poluării și proliferării tot mai multor tehnologii), consideră că toate acestea agravează multe probleme de mediu, inclusiv creșterea nivelului de dioxid de carbon atmosferic, încălzirea globală și poluarea. Toți analiștii susțin că cel mai grav impact al suprapopulării este efectul pe care acesta îl are asupra mediului. Această situație a fost relevată și de Raportul de evaluare globală

privind biodiversitatea și serviciile ecosistemice, publicat de IPBES în 2019. IGI Global a descoperit că creșterea populației umane a cauzat invadarea habitatelor sălbatice care a dus la distrugerea acestora, „prezentând o potențială amenințare pentru componentele biodiversității”. Wilson, de exemplu, și-a exprimat îngrijorarea încă de când populația umană atinsese șase miliarde de persoane, deoarece, considera el, că biomasa oamenilor a depășit-o de peste 100 de ori pe cea a oricărei alte specii mari de animale care locuiește pe uscat.

Mulți oameni de știință au atribuit procesul de epuizare a resurselor neregenerabile (pământul, alimentele și apa) suprapopulării și au sugerat că aceasta ar putea duce la o scădere a calității vieții umane. Este nevoie de a dezvolta resurse de energie regenerabilă. Oamenii de pretutindeni trebuie să să înțeleagă că o creștere rapidă a populației dăunează resurselor Pământului și diminuează bunăstarea umană. Unii susținători ai suprapopulării avertizează că extinderea producției agricole ar putea să aibă un impact substanțial asupra mediului și și-au exprimat îngrijorarea cerând limitarea suprafețelor de teren util numai pentru agricultură.

Lipsa de apă, care amenință productivitatea agricolă, reprezintă o problemă globală pe care unii au legat-o tot de creșterea populației. Aldous Huxley a speculat încă din 1958 că democrația este amenințată de suprapopulare și ar putea da naștere unor guverne totalitariste. Albert Allen Bartlett de la Universitatea din Colorado Boulder a avertizat încă din 2000 că suprapopularea și dezvoltarea tehnologiei sunt cele două cauze majore ale diminuării democrației. După John Harte, creșterea populației este un factor de luat în seamă în numeroase probleme sociale, inclusiv șomajul, supraaglomerarea, guvernarea proastă și infrastructura în declin. Alți specialiști au sugerat că, de la cel de-al Doilea Război Mondial, țările cu rate mai mari de creștere a populației sunt cele în care au avut loc cele mai multe și mai mari conflicte sociale.

Nu discutăm aici efectele asupra aspectelor economice, sărăciei, sănătății oamenilor și nici a măsurilor pe care omenirea trebuie să le ia pentru a restabili echilibrele naturale la nivel planetar, deoarece acestea fac obiectul altor domenii ale cunoașterii umane.

4.3.3 Ce aduce antroposfera planetei și omenirii

În cele ce urmează vom trece în revistă aspectele bune și cele nedorite determinate de creșterea populației umane la nivel planetar, ca și de extinderea intereselor umane asupra modului de gestionare a resurselor și a modului în care se comportă oamenii în relația lor cu factorii de mediu de pe planeta noastră.

Părțile bune

Printre efectele pozitive ale activităților umane trebuie menționate amenajările destinate unei bune folosiri a terenurilor agricole, extinderea formațiunilor silvice, realizarea de amenajări destinate reducerii eroziunii terenurilor și preocuparea pentru reducerea inundațiilor, amenajarea cursurilor de ape, stăvilirea alunecărilor de teren, dezvoltarea irigațiilor controlate, folosirea tehnicilor celor mai avansate pentru a putea proteja mai bine mediul înconjurător, preocupările care vizează ocrotirea naturii etc.

Părțile proaste

Printre efectele negative ale activităților umane trebuie menționate schimbările tot mai evidente ale climei, calității apelor și solului determinate de diverse activități umane, modificarea compoziției chimice a aerului, apei și solului, accelerarea dispariției speciilor, facilitarea extinderii speciilor antropofile și a celor care sunt utile pentru om, eliminarea deliberată a speciilor care sunt considerate de oameni ca dăunătoare, degradarea și înlocuirea ecosistemelor naturale cu altele noi, mai fragile, care servesc numai intereselor umane, crearea de noi soiuri de plante și animale prin manipulări genetice, iar în ultimul timp trecerea prematură la manipularea genomului uman, provocarea și desfășurarea neconținută a unor războaie etc. (Baker, 1995; Cogălniceanu, 2003; May *et al.*, 1995; Mooney *et al.*, 1996; Heywood, 1995).

Tehnofosilele sunt un alt aspect interesant al antroposferei. Acestea pot include obiecte tehnologice care conțin o gamă variată de metale și materiale artificiale, materii prime (precum aluminiul sau plasticile) care nu există în natură și aglomerări de materiale plastice nebiodegradabile în diferite zone din mediile terestru, subteran sau acvatic.

4.3.4 Efectele activității umane asupra celorlalte sfere ale planetei

Iată câteva dintre schimbările globale determinate de activitățile umane asupra celorlalte învelișuri/sfere ale planetei:

Schimbări globale

Modificările climatice sunt cele mai vizibile. Clima afectează nișele ecologice ale tuturor speciilor de viețuitoare și ca urmare fluctuațiile sale influențează distribuția lor pe glob. Schimbările climatice pot duce la reducerea biodiversității tuturor sistemelor ecologice de pe pământ, fapt ce poate determina extinderea speciilor eurioice în dauna celorlalte tipuri de specii (care sunt mai stenoice sau a celor mai strict specializate), fapt ce va determina o intensificare a procesului de extincție și reducerea numărului speciilor strict specializate.

Modificările climatice pot schimba varietatea și repartiția solurilor. Treptat acestea se vor uniformiza, se vor reduce ca diversitate și implicit vor duce la transformarea într- un sens nedorit a învelișului vegetal la nivel planetar și extinderea proceselor de deșertificare.

În prezent omeneirea acționează extrem de neglijent asupra litosferei, a cărei structură o modifică cu o rapiditate care nu a mai avut loc de la formarea planetei. Acest fenomen se vede prin schimbările sedimentelor, prin exploatarea miniere, corectarea/modificarea reliefului terestru și a litoralului mărilor și oceanelor, extragerea abuzivă de materiale pentru realizarea a cât mai multor construcții.

O modificare climatică previzibilă de pe acum este schimbarea cursului curenților oceanici, fapt ce va determina restructurări profunde ale economiei mondiale, migrații masive de populații umane (dar care vor putea genera noi războaie și transformări economice profunde la nivel de continente).

O problemă gravă constă în modificarea ciclurilor biogeochimice planetare. Cele care sunt afectate de pe acum – și care prefigurează ce se va întâmpla în viitorul apropiat sunt ciclul biogeochimic al carbonului (Figura. 124) și ciclul apei. Nu mai este mult până când vor fi afectate și ciclurile biogeochimice ale azotului, fosforului sau ale sulfului, dar și apariția unor cicluri noi, determinate de elementele necesare omului, pe care acesta le extrage din scoarța terestră.

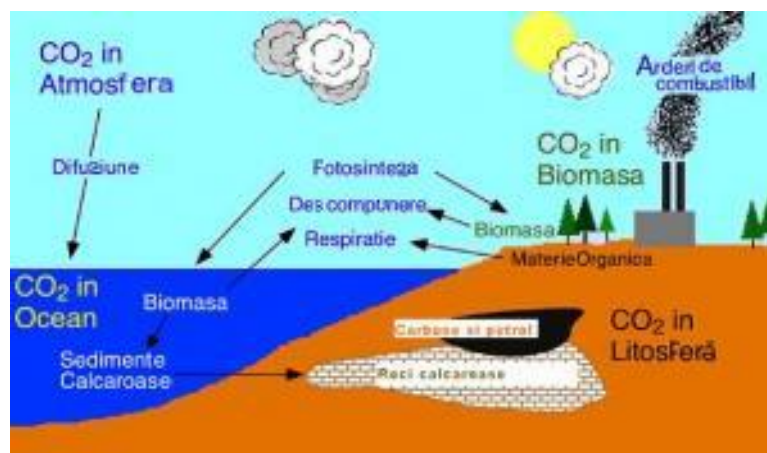


Figura 124. Perturbarea ciclului biogeochimic al carbonului

(https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&sca_esv=574740318&q=circuitul+global+al+carbonului&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKEWiK_tWM1YGCAxX20AIHHWntCaAQ0pQJegQICxAB&biw=1046&bih=575&dpr=1#imgrc=pAbwTjrtDQlapM)

Alte transformări ample la nivel planetar, sunt reducerea, distrugerea, degradarea și alte schimbări ale habitatelor naturale, fragmentarea ecologică determinată de evoluțiile demografice, urbanizarea, dezvoltarea industrială și cea a rețelilor de transport oceanic și terestru, realizarea de explozii în subteran etc. Tot în această categorie intră reducerea învelișului forestier al planetei (Figura 125), crearea de păduri și terenuri ierboase artificiale, supraextinderea culturilor agricole, extinderea parcurilor industriale etc.



Figura 125. Defrișări excesive în păduri (https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&sca_esv=574765094&q=defri%C5%9F%C4%83ri&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKEwi6q6bv4IGCAxWBxQIHUyXDAMQ0pQJegQIDRAB&biw=1046&bih=575&dpr=1#imgrc=Xw8LfPrI2AR3vM)

Un rol negativ important este transformarea agriculturii într-un sistem cvasiindustrial bazat numai pe considerente economice, deci într-o industrie producătoare de alimente vegetale și animale, fapt ce va stimula aplicarea tot mai multor îngrășăminte și pesticide, va accelera crearea pe baze genetice a unor noi soiuri de plante și animale, deci va afecta implicit toată pedosfera.

Pescuitul excesiv, efectuat numai în scopuri comerciale se transformă într-un supliment alimentar pentru omenire, un exterminator al faunei acvatice; acest lucru poate determina dereglări extrem de importante în structura echilibrului natural din mări și oceane. Toate aceste dezechilibre, la început fiind aparent locale, se pot acumula determinând o explozie a speciilor invazive, a celor dăunătoare și a celor introduse (în mod intenționat sau accidental) de către oameni.

Litosfera

Resursele minerale și energetice din geosferă au favorizat revoluția industrială care a permis speciei umane să crească atât de rapid din punct de vedere numeric. Exploatarea combustibililor fosili ne-a crescut nivelul de trai, dar o consecință neintenționată a acestei acțiuni pot fi schimbările climatice și încălzirea globală.

Dezvoltarea antroposferei poate determina alterarea multor procese geologice și/sau geochemice, cum sunt extinderea fenomenelor de eroziune, extinderea activităților miniere în scopul extracției de substanțe utile, obținerea de tot mai multe resurse necesare folosirii de energie fosilă sau nucleară sau a diferitelor feluri de materiale pentru construcții, dispariția covorului vegetal, spălarea solurilor denudate, crearea de noi arme utilizabile în diferite războaie etc.

O problemă la care vom reveni, este apariția și dezvoltarea explozivă a multor forme de **poluare**, fenomen inexistent pe planetă înainte de apariția oamenilor. Acum, de la poluarea locală, punctiformă a solurilor, s-a ajuns la forme de poluare generalizată cu caracter global, care marchează mediul terestru la scară globală.

Așezările umane constituie acum o problemă legată de starea și calitatea mediului terestru. Odată cu înmulțirea oamenilor, mărimea și densitatea așezărilor umane a crescut foarte mult (Figura 126). Pentru existența lor, omenirea preia din mediu materialele de construcție (lemn, piatră, argilă, materiale destinate realizării căilor de transport rutier sau pe șine și, odată cu modernizările neîncetate care se fac, aruncă tot mai multe deșeuri solide nerecuperabile la suprafața litosferei, care sunt eliberate în ea și care au dus la multe schimbări nedorite. Substanțele toxice continuă să fie eliberate prin coșuri în atmosferă de către industriile din întreaga lume. Procesele de ardere, care au loc în industrii, sisteme de încălzire și transport, eliberează în atmosferă cantități mari de dioxid de carbon, dioxid de sulf și dioxid de azot, modificându-i structura chimico-fizică.



Figura 126. Așezare urbană (https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&sca_esv=574765094&q=impacte+asupra+biodiversit%C4%83%C8%9Bii&tbm=isch&source=Inms&sa=X&ved=2ahUKEwilsb93IGCAxURgP0HHd5XAmEQ0pQJegQICxAB&biw=1046&bih=575&dpr=1#imgrc=pMRrx8wK2cLbyM)

De pe acum activitățile industriale și agricole au schimbat compoziția atmosferei. De exemplu, concentrația de dioxid de carbon din atmosferă a crescut cu 26% și s-a dublat concentrația de metan. Producția de clorofluorocarbon afectează negativ stratul de ozon al Pământului.

Poluanții antropici evacuați de om în atmosferă provin din diferite tipuri de surse (staționare sau mobile, liniare sau punctuale), ca de exemplu coșurile centralelor termice, cazanele de încălzire, instalațiile de procesare, cuptoarele și uscătoarele, puțurile de evacuare, deflectoarele, conductele de ventilație etc., țevile de eșapament ale locomotivelor diesel, navele cu motor, aeronavele, vehiculele și alte dispozitive în mișcare pe drumurile și străzile de-a lungul cărora vehiculele se deplasează, sistemele de ventilație, ferestrele, ușile, clădirile etc., prin care impuritățile pot ajunge în atmosferă (Figura 127).



Figura 127. Efectele poluanților antropici într-un oraș (https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&sca_esv=574740318&q=poluan%C8%9Bii+antropici&tbm=isch&s)

Stratul de ozon se află la o altitudine de 12 - 50 km (la latitudini tropicale la 25-30 km, la latitudini temperate la 20-25 km, în zonele polare la 15-20 km). El are capacitatea de a absorbi partea cea mai dură a radiațiilor ultraviolete venite de la soare și care altfel ar putea ajunge la suprafața planetei noastre, afectând toate formele de viață din biosferă. De ceva timp s-a înregistrat subțierea stratului de ozon, iar deasupra Antarcticii există în prezent o gaură mare în acest strat (Figura 128).

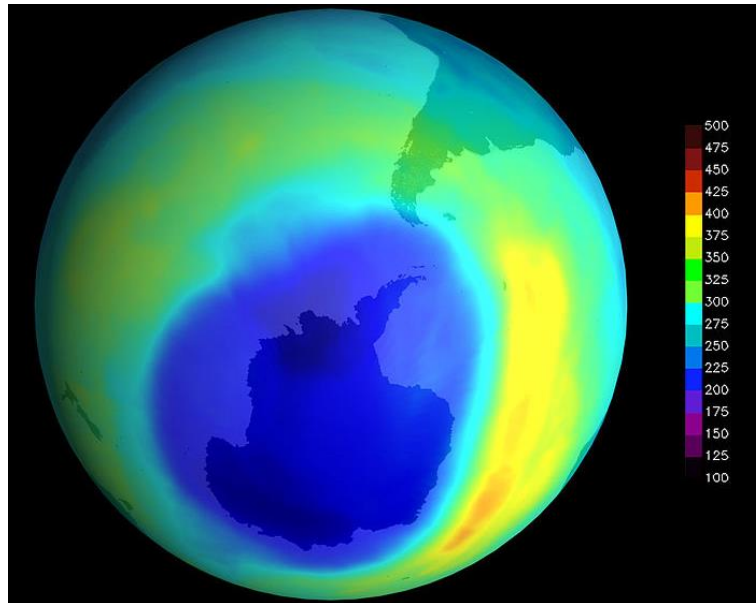


Figura 128. Gaura de ozon de deasupra Antarcticii (https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&sca_esv=574740318&q=Gaura+de+ozon+de+deasupra+Antarcticii&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKewjm_w1oGCAxUINuwKHdqRC4EQ0pQJegQIChAB&biw=1046&bih=575&dpr=1#imgrc=kAazXo56-55XvM)

Efectul de seră este determinat de o creștere a temperaturii medii anuale ca urmare a acumulării de gaze cu efect de seră în atmosferă (dioxid de carbon, metan, freoni -6%), gaze care împiedică radiațiile termice cu undă lungă de la suprafața planetei să se piardă în cosmos (schimbul de căldură cu cosmosul este întrerupt). În ultima perioadă, valorile efectului de seră au crescut semnificativ din cauza defrișărilor progresive suferite în unele zone tot mai vaste ale Planetei, dar și ca urmare a arderii cărbunelui, petrolului, metanului și a altor gaze generate de sistemele de producție agricole și industriale. Ca urmare deșertificarea teritoriilor vaste din regiunile ecuatoriale și tropicale crește, la fel ca și supraîncălzirea care accentuează sau provoacă riscul unei posibile viitoare creșteri a nivelului mării, din cauza topirii gheții polare, ceea ce poate avea efecte catastrofale.

Ploile acide se formează ca urmare a emisiilor industriale de dioxid de sulf și oxizi de azot în atmosferă, care se combină cu umiditatea atmosferică pentru a forma acizii sulfuric și azotic. Ploaia acidă extrage substanțele nutritive din sol, ducând la eliberarea unor compuși de metale grele care reduc fertilitatea solului și determină acumularea de metale grele în lanțurile trofice (Figura 129 și 130).

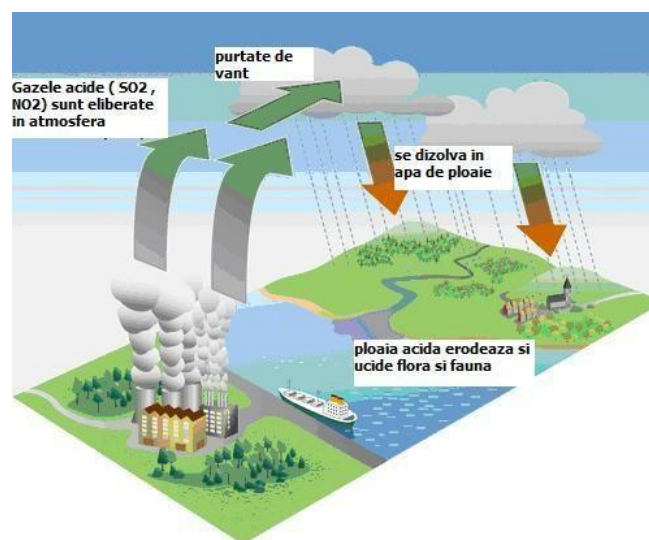


Figura 129. Efectul ploilor acide (https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&sca_esv=574740318&q=ploi+acide&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKewjtifm52IGCAxUb9bslHdUSADkQ0pQJegQIDRAB&biw=1046&bih=575&dpr=1#imgrc=m8nPIJhfkqjxM)

Ploile acide alterează profund echilibrele ecologice, iar prezența altor substanțe toxice existente în aer nu permit îndeplinirea normală a funcțiilor vitale ale tuturor organismelor, inclusiv a oamenilor. În ultimele decenii s-a putut observa că a avut loc o creștere a gradului de aciditate a apelor din râuri și lacuri. Acest fenomen se datorează îndeosebi industriilor petrochimice care folosesc combustibili destul de nocivi și care, în contact cu apa aflată sub formă de vapori din aer se transformă în precipitații acide, care creează condiții de viață nefavorabile viețuitoarelor acvatice și terestre. Ploile acide mai afectează și monumentele și operele de artă din piatră, a căror coroziune este mult accelerată.



Figura 130. Efectul ploilor acide asupra pădurilor (<http://www.cunoastelumea.ro/cum-se-formeaza-ploaia-acida-si-ce-consecinte-are-asupra-mediului>)

Sub impactul poluării atmosferice produse de explozia demografică umană, albedoul general al planetei (capacitatea de a respinge radiația solară) este în scădere dramatică.

Acțiunea sincronă a poluanților din aer se manifestă cel mai pregnant în așa numitul smog (Figura 131). Acesta este un voal cețos ce se formează deasupra întreprinderilor industriale și a orașelor care apare ca urmare a apariției în aer a dioxidului de sulf. Există smog de iarnă (tip Londra) și smog de vară (tip Los Angeles). Condițiile preliminare pentru formarea smog-ului de iarnă sunt vremea calmă, care contribuie la acumularea gazelor de eșapament ale vehiculelor și a emisiilor de la coșurile joase. Smogul de vară (numit și smog fotochimic) este cauzat de oxizi de azot și hidrocarburi, dintre care, în condiții intense lumina soarelui formează fotooxidanți.



Figura 131. Smog într-un oraș (<https://www.nature.com/articles/climate.2009.115>)

Hidrosfera

Apa este unul din factorii extrem de importanți pentru omenire și pentru multe din activitățile sale sociale, economice sau culturale. Pe măsura creșterii populației umane de-a lungul timpului și a folosirii intensive și extensive a resurselor de apă susceptibile de a furniza apă potabilă, problema apei utilizabile de către oameni pentru nevoile lor tot mai variate a devenit o problemă vitală a omenirii.

La oameni, aproape 72 % din masa corpului uman (fără grăsimi) este apă. Pentru o bună funcționare, corpul necesită între 2 și 7 litri de apă pe zi pentru a evita deshidratarea, cantitatea exactă depinzând

de nivelul de activitate, temperatură, umiditate (dar și de alți factori). Corpul uman are nevoie de apă care nu conține prea multă sare sau alte impurități. Printre impuritățile frecvent întâlnite se numără chimicalele și/sau bacterii periculoase (cum ar fi *Cryptosporidium*). Unele substanțe sunt însă acceptabile și chiar necesare ca și prezență în apă pentru intensificarea gustului și pentru asigurarea necesarului de electroliti.

Apa este extrem de importantă din punct de vedere economic și industrial. Transportul pe apă a fost și mai este coloana vertebrală a comerțului și a economiei. Volumul de pește capturat în 2017 din apele naturale și acvacultură a depășit 170 de milioane de tone. Centralele hidroelectrice reprezintă o piatră de temelie importantă a dezvoltării durabile, capacitatea totală hidroelectrică a lumii în 2015 fiind de 1.212 GW.

În plus, apa este utilizată în sistemele de răcire, încălzire și centralele termoelectrice. Aplicațiile apei în industria chimică și farmaceutică sunt, de asemenea, foarte diverse. Apa este un solvent esențial, mediu de reacție în sinteze anorganice și organice ba chiar și reactiv (sinteza de HNO_3 , și H_2SO_4). Cercetările intensive se concentrează, de asemenea, pe producerea de apă oxigenată.

Oamenii au afectat hidrosfera prin retragerea din ea a unor cantități mari de apă dulce pe care o folosesc pentru băut, navigație, pescuit, în agricultură, pentru obținerea de energie și nu în ultimul rând pentru diferite folosințe recreaționale. Apa mai este folosită, prin spălare, pentru evacuarea a unei game foarte largi de deșeuri, fapt care determină poluarea tuturor tipurilor de bazine acvatice.

În categoria influenței negative a omului asupra hidrosferei menționăm diferitele forme de perturbare a circuitului apei în natură. Acest lucru s-a realizat prin tăierea pădurilor (care are ca efect reducerea proceselor de evapotranspirație care au loc la nivelul vegetației terestre), supraexploatarea rezervelor de apă subterană, dar și irigațiile excesive, deoarece plantele irigate nu pot reține toată apa administrată, iar excesul de apă administrat de oameni destructurează solurile.

Nu în ultimul rând omul a folosit apele pentru a elimina/scăpa de poluanți de toate felurile, fapt ce a dus la afectarea calităților fizice și chimice a tuturor apelor (Figura 132, 133). Trebuie menționate poluarea domestică (cea produsă de deșeuri de toate tipurile adunate în gospodăriile oamenilor), poluarea industrială (cea care aduce în ape resturi și subproduse ale activităților industriale), poluarea agricolă (îngrășăminte, pesticide și resturi din activitățile agricole, zootehnie și din procesele industriale de preparate a produselor alimentare), poluarea urbană (deșeuri, predominant lichide provenite din așezările umane), poluarea cu hidrocarburi. Pentru a reduce diferitele forme de poluare a apelor, oamenii au elaborat sisteme tehnologice de epurare, care folosesc metode fizic, chimice și biologice, atât oxidative, cât și fermentative.



Figura 132. Poluanți aruncați pe mal de ape (<https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Litter.JPG>)



Figura 133. Plastice în ape tropicale (<https://ecotourism-world.com/tag/marine-conservation/>)

O altă formă de afectare a apelor este provocarea, din diverse cauze, a proceselor de eutrofizare (dezvoltarea masei algale, creșterea cantităților de substanțe organice dizolvate și particulare din ape. Toate acestea duc la moartea florei și faunei acvatice; ca urmare are loc acumularea de sedimente organice care se descompun predominant pe cale anaerobă, și, ca o consecință, imposibilitatea de a mai putea folosi apele prea eutrofizate de către omenire (Figura 134).

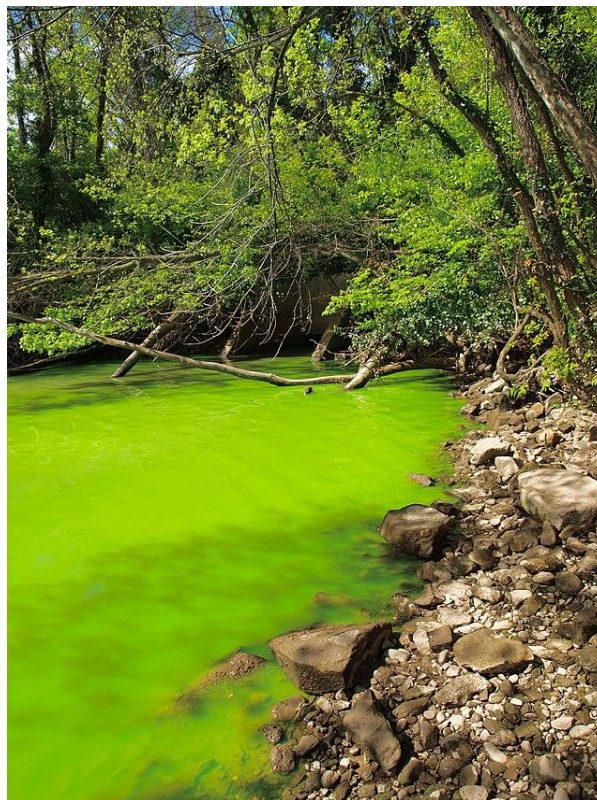


Figura 134. O apă puternic eutrofizată
(https://ro.m.wikipedia.org/wiki/Fi%C8%99ier:Potomac_green_water.JPG)

Deoarece pe apă se transportă - și acum - majoritatea bunurilor pe care le folosește omenirea, s-au modificat coastele mărilor și oceanelor, s-au creat docuri și porturi, s-au regularizat apele curgătoare. Toate aceste lucrări au și ele la rândul lor un impact semnificativ asupra calității apelor și a biotei din ea.

Pedosfera.

Există numeroase activități umane care afectează pedosfera. Cele mai importante sunt lucrările agricole, construcțiile de așezări umane (cu toată varietatea lor de clădiri construite pentru administrare, sănătate, învățământ, cultură, distracție etc.) și industriale, construirea căilor de transport rutier și pe calea ferată, crearea de spații verzi și terenuri speciale pentru agrement, turism și diverse activități sportive.

Afectarea pedosferei se manifestă prin:

Defrișări și lucrări ale terenului desțelenit în scopul producerii de hrană vegetală pentru omenire. Este vorba de toată varietatea de lucrări care se efectuează în agricultură, inclusiv irigații, administrarea de îngrășăminte, pesticide, insecticide și ierbicide, crearea de culturi protejate în sere, care au ca efect secundar distrugerea stratificării naturale a solurilor, orizontalizarea terenurilor agricole, înlăturarea vegetației ierboase naturale. Mai nou, în categoria industrializării culturilor agricole, s-a trecut la manipularea genetică a genomului majorității tipurilor de plante de cultură, situație care nu ține seama de impactul pe care aceasta le poate avea asupra genomului uman (câci noi suntem consumatorii de ordinul I ai recoltelor agricole). Un aspect deloc lipsit de importanță este utilizarea excesivă a apelor subterane care are ca efect creșterea intensității procesului de salinizare a terenurilor.

Tehnologiile zootehnice moderne implică construirea de adăposturi, stocarea și "crearea" artificială de hrană pentru animale și utilizarea în exces de medicamente administrate preventiv animalelor în crescătorii.

Defrișarea covorului arboricol din varii motive (pentru lemn folosit în construcții și crearea de mobilier, procurarea lemnului de foc, câștigarea de teren pentru extinderea culturilor agricole) sunt diferite modalități de deteriorare a solurilor forestiere.

Extinderea suprafețelor de teren destinate extinderii așezărilor umane și a tuturor activităților conexe (inclusiv aruncarea sau stocarea pe sol a deșeurilor solide – Figura 135) care sunt destinate realizării unor condiții mai bune de trai pentru oameni, poate afecta grav solurile.



Figura 135. Depozitarea pe terenurile agricole a deșeurilor solide
(<https://www.conservationinstitute.org/soil-pollution>)

Deoarece activitățile industriale sunt deosebit de importante pentru nevoile omenirii, multe terenuri sunt destinate realizării de parcuri sau unități industriale. La construirea lor solul de pe aceste terenuri este eliminat sau mutat în alte amplasamente.

Nu trebuie uitate lucrările miniere, care extrag din litosferă substanțele utile din punct de vedere economic, dar care lasă în urmă volume uriașe de steril, deșeuri care afectează pedosfera, dar și litosfera (Figura 136).



A

B

Figura 136. A. Terenuri din România afectate de exploatarea cărbunelui la suprafața litosferei (<https://www.gorj24.com/romanii-vor-ingheta-de-frig-la-iarna-daca-minerilor-nu-li-se-vor-da-drepturile>), **B.** Exploatare minieră de suprafață în Chile (<https://news.sky.com/story/chile-miners-may-be-rescued-in-days-10491569>)

Sistemul de transport (pe apă sau la suprafața terenului) alterează relieful și apele curgătoare în mod semnificativ. Lor li se adaugă poluarea determinată de pierderile de carburanți de la mijloacele de transport, ca și deșeurile provenite de la toate lucrările de întreținere a acestor căi de comunicație și utilaje folosite pe ele.

Datorită capacității de a întreține viața plantelor, solul constituie principalul mijloc de susținere a existenței vieții terestre pe această planetă, dar și de dezvoltare a societății umane pe mai departe. Solul trebuie să asigure oamenilor hrană, materii prime, adăpost, medicamente, dar și alte cerințe. Factorul antropoc este deosebit de important în procesele de solificare. Prin luarea solului în cultură, omul influențează direct geneza și evoluția solului și, pe măsura trecerii timpului, solul începe să capete tot mai mult caracterele unui produs al activității omului.

Influența factorului antropoc constă în:

- formarea psamosolurilor prin fixarea nisipurilor mobile;
- modificarea aproape completă a profilului de sol sau amestecarea orizonturilor, mai ales în cazul executării arăturilor adânci, în vederea înființării unor plantații de pomi fructiferi sau de viță de vie;
- formarea solurilor turboase prin desecarea - drenarea turbăriilor;
- numeroasele modificări survenite în procesul de solificare ca urmare a luării solului în cultură prin defrișarea pădurilor și a deștelenirii pajștilor.

Intervenția omului poate fi privită sub trei aspecte:

- De cele mai multe ori, intervenția omului are efect pozitiv, ducând la ridicarea fertilității solului. Ea se realizează prin aratul sau desfundatul solului, care determină amestecarea orizonturilor de la suprafață și afânarea lor. În acest fel, se intensifică activitatea biologică, se îmbunătățește regimul aero-hidric etc. Prin aplicarea substanțelor fertilizante minerale și organice se îmbunătățește regimul de nutriție, punându-se la dispoziția plantelor elementele nutritive necesare. Prin amendare se corectează reacțiile extreme ale solului, care sunt nefavorabile creșterii și dezvoltării plantelor. Prin irigare, în zonele aride se îmbunătățește regimul hidric al solului și se asigură necesarul de elemente nutritive pentru plantele cultivate.
- În unele cazuri însă, efectele pozitive ale intervenției omului sunt însoțite și de efecte negative, ca de exemplu, prin irigare se asigură necesarul de apă pentru plante, dar se favorizează și sărăturarea secundară a solului (prin irigarea cu apă mineralizată sau în condițiile unei adâncimi reduse a apei freatice). Folosirea pesticidelor determină distrugerea buruienilor și dăunătorilor animal și vegetali, dar în același timp determină și moartea altor organisme, reducând activitatea biologică din sol și, ca urmare, produce dezechilibre nutritive, fenomene de fitotoxicitate s.a.
- Uneori intervenția omului este total negativă, ducând la descreșterea fertilității solului. Așa sunt lucrările agrotehnice necorespunzătoare (arătura din deal în vale, ș.a.), deștelenirile neraționale pe terenuri cu pante prea mari, despăduririle totale sau cele efectuate pe o suprafață prea mare etc.

Biosfera

Omul a modificat în mod clar biosfera naturală prin activități variate, care au făcut ca în prezent să apară un obiectiv mai deosebit, ocrotirea și conservarea biodiversității.

Afectarea biodiversității nu este un proces nou, ci poate cel mai vechi, de când omenirea, înmulțindu-se a pornit, în mod inconștient să afecteze lumea înconjurătoare. S-a pornit de la tăierea și arderea pădurilor (îndeosebi în zonele tropicale, dar în trecut și pentru obținerea lemnului de foc). Dovada este faptul că în toate zonele în care au înflorit la un moment dat imperii mari (sumerienii, egiptenii, grecii, romanii), vegetația arboricolă a fost distrusă, în locul ei fiind acum numai resturi ale unor plantații silvice efectuate ulterior, de nevoie, de către oameni.

Dintre impactele asupra biodiversității menționăm în primul rând degradarea tuturor sistemelor ecologice naturale - de la nivel de ecosisteme până la biomi existenți încă pe Terra. Aceasta determină în primul rând o simplificare și uniformizare a biodiversității (fapt care este tot mai evident pe toată suprafața globului); în al doilea rând are loc o reducere a diversității formelor de viață (tot mai multe specii devin "periclitare", sau intră în categoria de "relicte", pe când altele, după ce la început își restrâng arealul, iar apoi, treptat, dispar.

Un termen mai nou utilizat este cel de "uniformizare funcțională", care se referă la pierderea strategiilor de exploatare a unor nișe ecologice. Totul pornește de la reducerea sau simplificarea producției primare a nișelor ecologice a speciilor dominante. Acest fenomen se amplifică de-a lungul lanțurilor trofice, astfel încât el este greu de decelat din timp și deci și de prevenit -sau el devine evident prea târziu pentru a mai putea face ceva. În locul unor ecosisteme productive se instalează cu timpul terenurile deșertice sau semideșertice.

O formă mai nouă de biodegradare este supraexploatarea resurselor vii ale planetei. În prezent cea mai evidentă este supraexploatarea resurselor din mări și oceane (Figura 137 și 138). În trecut pescuitul balenelor era activitatea principală în recoltatul faunei marine (acum 2 - 3 secole cele mai multe vase de pescuit erau balenierele). Treptat numărul balenelor s-a redus atât de drastic, încât acum ele sunt protejate integral, iar pescuitul lor este interzis aproape în toate oceanele. Un alt exemplu: în Marea Neagră calcanul era hrana săracului, iar sturionii se pescuiau numai după ce depășeau 100-200 Kg. Acum calcanul este o delicatose, iar sturionii mari nu apucă să ajungă la maturitate și ca urmare aproape nici nu se mai întâlnesc în Marea Neagră.

Pescuitul oceanic este în regresie în toate apele planetei, iar cel de apă dulce este tot mai mult înlocuit cu acvacultura intensivă.



Figura 137. Pescuitul industrial excesiv

(https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6c/Trawlers_overfishing_cod.jpg)



Figura 138. Pescuitul ca "vânătoare" în ocean (<https://pbn.co.id/article-news/teknologi-penangkapan-ikan-tuna>)

În urmă cu 3-4000 ani vânătoarea era principala modalitate a oamenilor de a-și procura carne (oamenii primitivi trăiau din cules, vânătoare și pescuit - așa scrie în toate cărțile de istorie). În prezent vânătoarea este un "sport" elitist pentru persoane care fac din vânătoare un mijloc de plăcere, iar carnea de vânat este o specialitate pe care mulți oameni nici nu și-o pot permite.

Închei acest capitol despre impactele umane asupra biodiversității cu două citate din David Skripak, un autor ceh modern: "*Specia cunoscută sub numele de "Homo sapiens" este singura de pe această planetă care caută în mod activ să se eradicheze pe sine și habitatul său. Toate sistemele de susținere a vieții pe pământ - solul, apa și aerul - sunt în declin ca rezultat direct al activității noastre economice actuale, care este menită să extragă cât mai mult posibil din pământul sacru, fără a ține cont de consecințele care urmează.*"

"Modelul nostru economic bazat pe consum, pe care l-am conceput și de care suntem acum înrobiți, provoacă deficiențe perpetue — epuizarea resurselor, pierderea biodiversității și contaminarea cu substanțe toxice, toate acestea provocând ravagii perpetue asupra omului a ecosistemelor lui și a mediului înconjurător."

La cele scrise mai sus nu avem nimic de adăugat.

4.3.5 Viitorul antroposferei și al omenirii

Materialul prezentat mai sus nu este deloc optimist. Credem însă că el oglindește o realitate crudă. Și nu am exagerat cu nimic (poate chiar că am venit cu detalii insuficiente).

Cert este faptul că omenirea este în situația în care, din cauze subiective și mai ales subiective, îndeosebi morale și economice, ne mințim pe noi înșine și ne ferim să fim obiectivi. Acesta material merita să fie scris în un chenar negru.

Părerea noastră este că antroposfera este un proces superegoist, lipsit de logică, lipsit de o bază informațională suficientă (deoarece ale la bază numai informația umană, fiind adaptată strict intereselor imediate sau numai a celor locale) și care merge pe căi greșite. Noi mai sperăm că toate se vor rezolva pe baze științifice și pe tehnologii noi, mai bune, mai eficiente. În realitate nu avem suficiente cunoștințe, nu avem nicio perspectivă optimistă, suntem subordonați intereselor economice și politice și acționăm numai emoțional. Deci, concluzia la care am ajuns este aceea că antroposfera se sinucide lent, dar sigur (și nici nu știm cât va mai dura), din rațiuni absolut necugetate. După dispariția omenirii, care va avea loc lent, dar totodată cu mare certitudine, ecosfera va reveni pentru a șterge urmele omenirii și a reface treptat echilibrele ecologice dereglate de om - pentru o scurtă perioadă (raportat la timpii planetari).

4.4 Concluzii la ecosferă, pedosferă și antroposferă

Ecosfera este o construcție naturală care diferă fundamental de modul în care a avut loc evoluția celorlalte planete din sistemul nostru solar.

Viața a apărut la scurt timp după ce s-a format Pământul și s-a dezvoltat la suprafața sa în apele oceanului primordial, după ce s-a solidificat crusta sa solidă.

Viața se caracterizează prin autoregenerare, autoreglare, redundanță și o mare capacitate de stocare și de procesare a informațiilor. Prin reprezentanții săi (organismele vii) biosfera și-a asumat treptat

sarcina de coordonare a principalelor procese care au loc la nivel planetar, ferindu-le să fluctueze haotic, ci în permanentă interacțiune.

Ca urmare, componentele neviei – atmosferă, hidrosfera și litosfera – au fost modificate subtil de către biosferă. Interacțiunea lor, totdeauna armonioasă, a dus la geneza ecosferei Pământului.

Evoluția ecologică este la fel de veche ca și evoluțiile informațională, energetică și morfo-fiziologică (noi considerăm că există o coevoluție permanentă între aceste trei tipuri de evoluție). Ea a apărut din necesitatea supraviețuirii tuturor formelor de viață, de la apariția celor mai simple forme de organizare a materiei vie și până astăzi.

În evoluția ecologică pot fi distinse mai mult etape (Fig. 139) (Godeanu *et al.*, 2010):

Prima etapă: macromoleculele organice care aveau capacitatea de metabolizare au început să răspundă în mod adecvat la caracteristicile mediului lor ambient din oceanul planetar. Ea a durat până la apariția unor indivizi distincți ai primelor organisme care au trecut la o nouă formă de energie, deci până la apariția organismelor fotosintetizante.

A doua etapă: protoorganismele fotosintetizante au demarat producerea de oxigen molecular în apă, iar după ce aceasta s-a saturat, a început eliberarea oxigenului excedentar în atmosfera primordială. Eliberarea moleculelor de oxigen este rezultatul activității metabolice a organismelor vie care trăiau în stratele superioare ale oceanului primordial. Tot acum au apărut primele relații dintre diferitele tipuri de organisme. În primul rând a apărut relația producători - descompunători, apoi pradă - predatori, iar mai târziu s-a trecut la etapa următoare.

A treia etapă este constituirea lanțurilor trofice. De pe acum se poate vorbi de o diversificare a interrelațiilor viu-viu și viu-neviu, în sensul că au demarat procesele autecologice, procese care există și astăzi. Acum au apărut două procese ecologice majore: ciclurile biogeochimice și lanțurile și rețelele trofice (proces care au fost puse în evidență de ecologie și care au fost grupate sub denumirea de evoluție ecologică adaptativă)(figura 114 și 139); ele se studiază sub denumiri ca demecologie sau ecologia indivizilor și a populațiilor).

A patra etapă: în mări și oceane apar primele ecosisteme (mai întâi în zona oceanică în care pătrunde lumina solară, adică în zona fotică, apoi și în zonele afotice din adâncul mărilor și oceanelor). Etapa ecologică de integrare viu-neviu a apărut după ce au apărut biocenoze stabile din cadrul ecosistemelor.

Primul nivel de organizare sistemică din ecologie este considerat a fi ecosistemul. El a apărut în momentul în care viețuitoarele aparținând diferitelor tipuri de populații care aveau chiar de la început proprietăți sistemică clare, universal valabile, cu toate caracteristicile recunoscute de teoria sistemelor (Botnariuc, 1976, 2003),

A cincea etapă: demarează în perioada în care oxigenul molecular devine la nivelul atmosferei planetei gazul care permite manifestarea proceselor oxidative, iar formele de viață marine încep să populeze mediile în care procesele energetice se bazează pe oxigenul molecular din apele oceanice, apele dulci și din atmosferă. El este sursa proceselor de oxidare a multor roci, de creare a oxizilor unei game largi de substanțe din litosferă, fapt ce a determinat intensificarea proceselor de eroziune și formarea de sedimente. Pe această bază au demarat ulterior unele procese geologice importante.

Primele medii populate de organismele venite din mări și oceane sunt lacurile și mlaștinile sărate paramarine. Au urmat apele salmastre stătătoare și abia după aceea cele curgătoare (cele din vecinătatea confluenței apelor dulci cu cele marine, deci cele supuse influenței mareelor). Mediul marin a fost permanent suport pentru multe viețuitoare stenoterme.

A șasea etapă demarează odată cu apariția și dezvoltarea a două învelișuri ale scoarței terestre, pedosfera și biosfera aeriană. Odată cu cucerirea mediului terestru de către organisme, biomasa moartă a acestora, în principal necromasa plantelor fotosintetizante, devin sursa de hrană a organismelor degradatoare, care, în cursul activității lor, amestecă materialul mineral fin de la suprafața litosferei cu detritusul creat de necromasă, generând solurile. În el plantele fotosintetizante au putut să se fixeze și să crească, iar formele lor germinative au putut să își înceapă dezvoltarea.

În mediul marin existau deja ecosisteme funcționale. Pe baza informației biologice acumulate în cursul realizării acestora, în mediile de viață nou cucerite de viețuitoare, s-au constituit ecosisteme cu caracteristici noi, specifice lor, care au perfecționat mecanismele și modalitățile de funcționare a fluxurilor de materie și energie.

Viețuitoarele venite din mări și oceane nu numai că au cucerit mediul terestru uscat și acvatic, dar, datorită apei care s-a infiltrat în fantele litosferei, au ajuns să populeze și mediul subteran reprezentat prin fante, cursuri de apă și bazine acvatice subterane. Aceste ecosisteme au ca o caracteristică: absența propriilor producători primari. De aceea, în prezent, în mediul subteran lanțurile trofice pornesc de la necromasa adusă de către apa din precipitații sau în cea provenită din infiltrația apei prin solurile sau din cea stocată în bazinele acvatice supraterane.

În a șaptea etapă: ecosistemele terestre se organizează în nivelele de organizare supraecosistemice cunoscute azi: landșaftul, ecozona, ecobiomul și ecosfera (Doniță *et al.*, 2019, 2021; Godeanu *et al.* 2016, 2022; Turner *et al.*, 2001, Vernadsky 1986).

Cea de a opta etapă de evoluție a proceselor ecologice corespunde ipotezei "Gaia", așa cum a definit-o paleontologul american J. Lovelock (Lovelock, 1986, 2010; Lovelock și Margulis, 1974; Barrotta *et al.*, 2011), cea în care are loc o perfecționare și homeostatare a proceselor ecologice la nivel planetar (a se vedea Cap. 4.2.2). După Lovelock planeta noastră se comportă în prezent ca o ființă vie, și are o organizare ierarhică proprie, cu toate caracteristicile sistemelor biologice și ecologice (Lovelock 1986, 2010; Botnariuc, 2003).

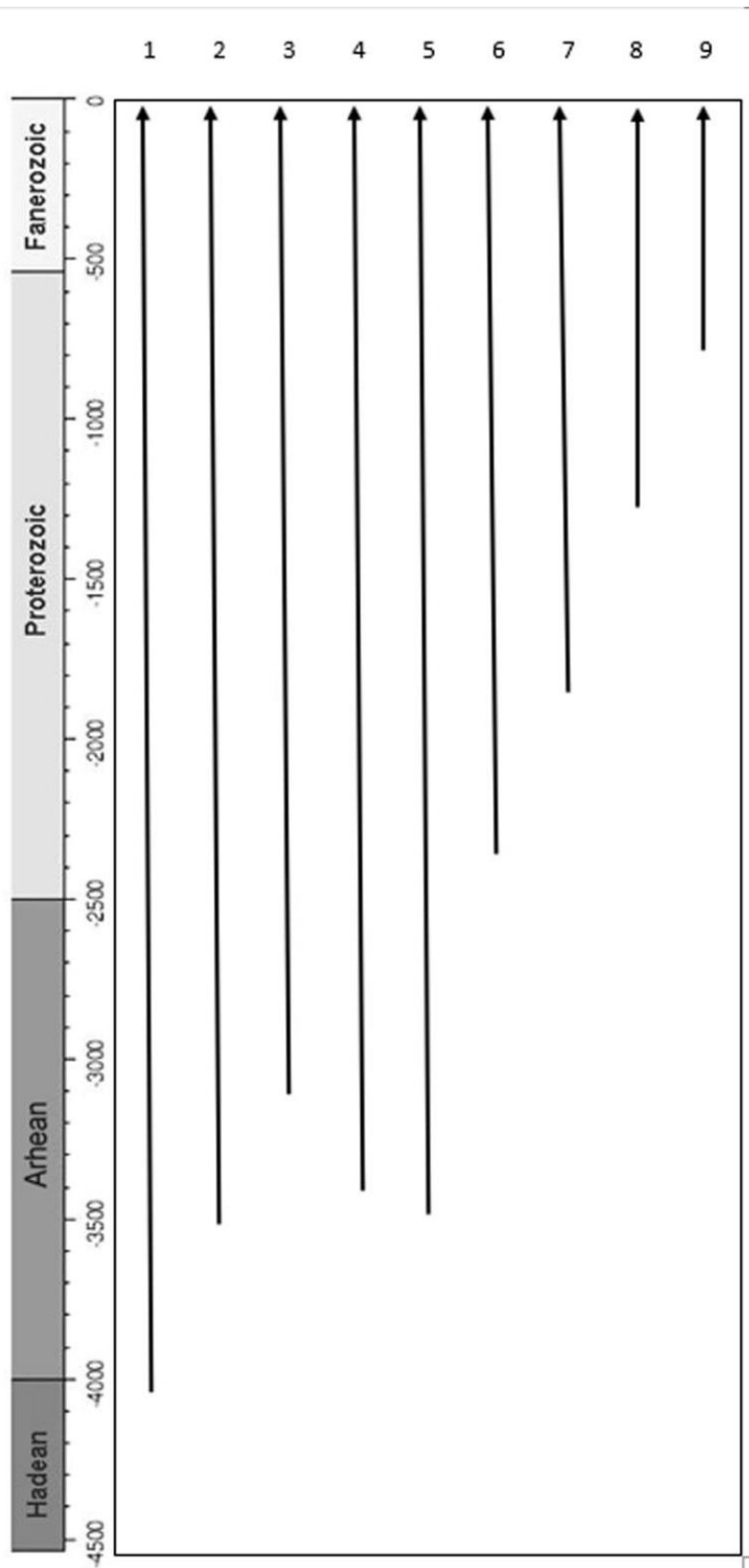


Figura 139. Etapele de evoluție ecologică a vieții și mediului de-a lungul erelor geologice. 1-Apariția și răspândirea oxigenului molecular în apă și atmosferă, 2-Lanțurile trofice, 3-Circuitele biogeochimice, 4- Rețelele trofice, 5- Ecosisteme în mări și oceane, 6- Formarea solului și constituirea pedosferei, 7- Ecosistemele terestre, 8- Formarea nivelurilor ecologice supraecosistemice, 9- Apariția și evoluția ecosferei (Gaia) (Godeanu și Popa, 2022)

5 CE SE VA ÎNTÂMPLA PE PLANETA NOASTRĂ ÎN VIITOR

Înainte de a continua prezentarea acestei probleme, trebuie făcută o distincție clară între geosferă și ecosferă. Prin geosferă se înțelege ansamblul fenomenelor fizico-chimice și geomagnetice care au avut, au și vor avea loc pe această planetă, iar prin ecosferă se înțelege modul în care pe planeta noastră a apărut viața, s-a constituit biosfera, cum a evoluat și interacționează biosfera cu toposfera formând ecosfera, adică cum a apărut și cum interacționează viul cu neviul la nivelul planetei noastre, acum și în viitor.

De aceea, pentru a înțelege care este viitorul Terrei vom reaminti mai întâi ciclul de viață al soarelui din sistemului nostru solar, apoi modul în care acesta influențează planeta Terra, privită din două puncte de vedere diferite: al evoluției geosferei și apoi al ecosferei.

Astronomii au urmărit prin metode radiometrice cum s-a format sistemul nostru solar, apoi cum a evoluat soarele acestui sistem și pe baza comparării datelor cu situația soriilor din alte sisteme solare din galaxia noastră, au prognozat evoluția viitoare a soarelui și a sistemului solar. S-a stabilit că el are o vechime de cca 4,4 miliarde de ani, iar durata sa de viață va fi de cca 14 miliarde de ani (Sackmann *et al.*, 1993) (figura 140).

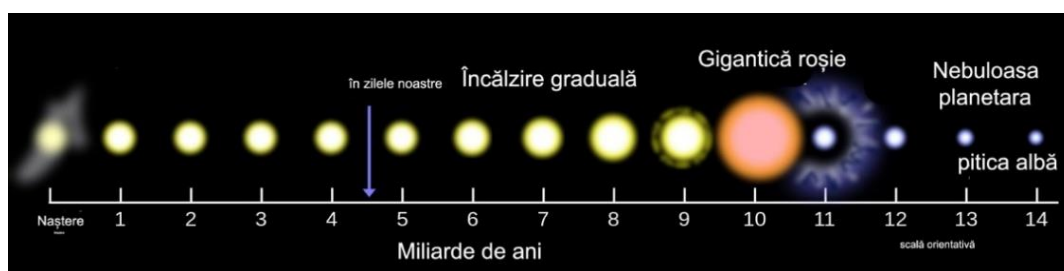


Figura 140. Ciclul de viață al soarelui

(https://en.wikipedia.org/wiki/Formation_and_evolution_of_the_Solar_System)

Existența și producția de energie solară se bazează pe fuziunea termonucleară a hidrogenului și a heliului, care are loc în zona centrală a soarelui. De la formarea sa și până în prezent soarele nostru a consumat aproape o jumătate din cantitatea inițială de hidrogen pe care o avea, iar restul masei sale este alcătuit din heliu. Ca urmare a transformării treptate a hidrogenului în heliu, masa stelară scade, reacțiile termonucleare nu numai că vor continua, dar chiar se vor intensifica, deoarece acum sunt declanșate noi reacții termonucleare care determină heliul să dea naștere la rândul său unor noi elemente chimice care transformă soarele dintr-o masă strict gazoasă, în una semisolidă care se modifică și complexează neconținut.

Intensitatea sa luminoasă crește permanent, cu 1% la fiecare 110 milioane de ani, deci peste 3 miliarde de ani ea va fi cu 33% mai mare decât este acum. Fuziunea hidrogenului din soare se va încheia atunci când luminozitatea sa va atinge 121% din valoarea sa actuală. Permanent el își va mări diametrul, va deveni un soare subgigant, apoi va evolua spre o gigantă roșie, pentru ca după aceea, adică pe la circa 11 miliarde de ani de la formarea sa, va face implozie și se va contacta devenind - pe la 12 miliarde de ani - un soare pitic.

Crescând intensitatea reacțiilor termonucleare și energia eliberată de soare, concomitent cu creșterea atracției geomagnetice a planetelor aflate pe orbite circumsolare, acestea vor fi, una după alta atrase în masa soarelui și vor fi distruse (de aceea în prezent Mercur are valori atât de mari de temperatură, căci ea va fi prima care va dispărea în masa fierbinte a soarelui). Va urma Venus, iar apoi, pe același program, va veni rândul planetei noastre.

Conștienți de această evoluție inexorabilă, putem estima ce procese vor avea loc, când și cum.

Prin extrapolarea datelor științifice de care dispunem, avem o serie de date referitoare la mersul proceselor de fuziune nucleară ce au loc în nucleul planetei noastre, la procesele de răcire ce vor avea loc în interiorul Terrei, de interacțiile gravitaționale ce pot avea loc între obiectele mari și mici din sistemul nostru solar, de pericolul mișcărilor necontrolabile ale diferitelor corpuri solide care intră în componența sistemului nostru solar (care pot provoca impacte/coliziuni directe asupra planetei), de creșterea continuă a energiei și luminozității soarelui, de creșterea forțelor geomagnetice care se vor exercita asupra planetei de soare și de celelalte planete, planetoizi și formațiuni lunare. La aceste date mai putem adăuga pe de o parte acțiunea informației biologice privind elaborarea unor noi modalități de autoprotecție elaborate de materia vie, dar și de eventualele efecte ale geoinginieriei edificate de

omenire în viitor (dacă nu cumva, noi, din exces de zel sau din inconștiență, ne vom autodistrage mult mai curând).

Capitalizând concluziile altor cercetători, dar ținând seama și de propriile noastre opinii, putem formula o ipoteză privind viitorul planetei noastre și al ecosferei sale.

Se pare că în viitorul apropiat mersul planetei pe elipsa sa în jurul soarelui și rotațiile circadiene vor menține sezonabilitatea și ritmurile generale planetare, dar procesele de încălzire globală vor continua, fapt ce va determina intensificarea procesului de deșertificare. Conform parametrilor elaborați de Milancovici, cât timp va mai dura Holocenul, vor mai avea loc perioade glaciare, deci planeta va mai suferi transformări climatice de mare amploare, care pot, pentru un timp, frâna impactele termice provocate de soare.

Se va continua mișcarea plăcilor tectonice de la suprafața planetei, mișcări care pot determina, pe termen lung, crearea unuia sau a două supercontinente în următorii 250-350 milioane de ani (figura 141), care este posibil ca plăcile lor tectonice vor avea grosimi mai mari.

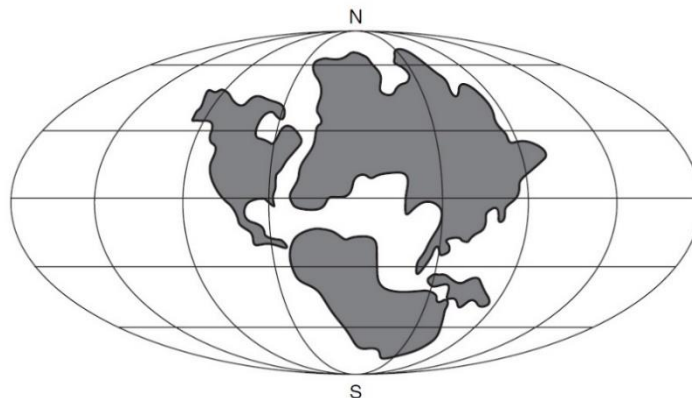


Figura 141. O apreciere probabilă ale formei viitoarelor două supercontinente de pe Terra
(https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&sca_esv=583637472&q=viitorul+supercontinent+de+pe+pamant&tbn=isch&source)

Reacțiile termonucleare din interiorul planetei vor scădea treptat; ca urmare va începe un proces de răcire lentă a mantalei și a litosferei, care va determina o scădere a temperaturilor toposferei (a litosferei, hidrosferei și atmosferei).

Cu timpul se vor diminua erupțiile vulcanice și cutremurele, fapt ce va încetini translația continentelor și mișcarea plăcilor tectonice deasupra mantalei pământului.

Apa lichidă va trece tot mai frecvent în faza solidă, dar nu se vor diminua volumul apelor continentale dulci și nici cele ale oceanelor și mărilor planetei (unde salinitatea lor va fi în creștere, din lipsa aportului de ape dulci venite din atmosferă și din mediile terestre). Va continua să aibă loc un aport de apă venit de la celelalte obiecte care constituie sistemul nostru solar. Va avea loc o reducere a proceselor fizico-chimice care au loc în litosferă și hidrosferă, ca și a proceselor erozionale provocate de precipitații, fapt ce va determina implicit scăderea intensității formării de roci sedimentare de natură minerală, cu toate că procesele erozionale vor continua să aibă loc, sau chiar se vor intensifica.

Va avea loc o intensificare a alterării silicaților din litosferă, fapt ce va duce la reducerea cantităților de dioxid de carbon din atmosferă și a carbonaților din litosferă.

Antroposfera se va dezagrega rapid după dispariția omenirii din biosfera planetei, ca urmare a volumului scăzut de informație pe care se bazează. Dispariția ei va fi grăbită de capacitatea ecosferei de a o înlocui rapid și eficient. Această dispariție nu va afecta ecosfera, care este posibil chiar să fie stimulată.

Reducerea cantităților de material organic determinată de diminuarea drastică a biosferei, va duce la reducerea producției de oxigen de către organisme; aceasta va avea efecte foarte puternice asupra conținutului de oxigen din atmosferă și reducerea stratului de ozon protector împotriva radiațiilor cosmice. Se va accentua pierderea de temperatură de către planetă, scăderea grosimii atmosferei terestre, dispariția tot mai accentuată a hidrosferei și totodată intensificarea pătrunderii prin atmosferă a razelor ultraviolete, fapt care va duce la intensificarea proceselor de fotodisociere a apei și eliberarea hidrogenului din atmosfera terestră.

Planeta Terra va ajunge să semene cu Marte din prezent, adică cu apă puțină, stocată mai ales în mediul subteran și sub formă de zăpadă și gheață la suprafață, la poli, dar lipsită de viață la suprafața planetei.

Litosfera va fi tot mai mult sărăcită de rocile sedimentare formate anterior sub acțiunea și cu contribuția biosferei; în ea se vor acumula tot mai mult săruri minerale.

În final Terra va fi atrasă tot mai rapid spre soarele aflat în fazele sale terminale de existență - ca gigantă roșie -, și va dispărea.

Dacă urmărim **viitorul ecosferei**, acesta va fi mult mai scurt, deoarece el este total dependent de ce se va întâmpla cu biosfera.

Organismele au apărut pe Terra deoarece au beneficiat la un moment dat de un complex de factori favorabili apariției și dezvoltării lor: o temperatură medie de peste 0°C, apă lichidă, o atmosferă care formează prin stratul de ozon creat un baraj pentru radiațiile cosmice și cele ultraviolete etc.

Este posibil ca în viitor, după o perioadă de timp nedeterminată, sub influența unor corpuri cerești de dimensiuni mai mari, activitatea biotei să fie periclitată, mergându-se spre extincția sa. Un alt factor perturbator poate fi activitatea vulcanică, sau intensificarea acțiunii radiațiilor cosmice, care vor determina, cum am spus mai înainte, alterarea producerii de silicați, fapt ce va determina reducerea cantităților de dioxid de carbon și implicit afectarea producției fotosintetice de oxigen în următorii 600 de milioane de ani. Urmare a acestui fenomen va demara procesul de extincție al plantelor (organismele producătoare de materie organică vie). Această situație va duce la deteriorarea lanțurilor trofice, apoi dispariția consumatorilor și a degradatorilor. Creșterea temperaturii care vine de la soare, în următorii patru miliarde de ani, în afară de intensificarea procesului de deșertificare, poate determina declanșarea așa numitului efect de seră, deci intensificarea creșterii temperaturii la valori care pot face desfășurarea proceselor vitale imposibilă (de ex. temperatura medie la suprafața solului să depășească în mod curent 50-60°C), fapt ce va determina imposibilitatea de creere de către plante a proteinelor - deci tocmai a substanțelor organice pe care se bazează viul. Ființele vii se vor retrage, fie în adâncurile mărilor și oceanelor, fie formele de viață inteligentă se vor retrage în adâncurile scoarței terestre, iar viața se va baza pe organisme a căror funcționare va depinde numai pe procese anaerobe, așa cum au funcționat în urmă cu miliarde de ani primele viețuitoare care au populat planeta (Worm *et al.*, 2006). Și astfel biosfera va dispărea, iar odată cu ea și ecosfera.

La distrugerea biosferei și implicit a antroposferei (Keys *et al.*, 2019), apoi și a ecosferei, omenirea își va aduce o contribuție foarte mare, îndeosebi prin neglijență, prin desfășurarea unor activități antientropice, a războaielor atomice, a intensificării procedurilor de distrugere a organismelor prin manipulări genetice, ori prin tehnologii contrare proceselor de sustenabilitate a vieții, prin desfășurarea de nanotehnologii defectuoase sau prin declanșare de cataclisme virotice sau bacteriologice etc. Deci oamenii pot fi capabili de grăbirea proceselor de distrugere a biosferei și implicit a antroposferei la nivel planetar. Și asta, poate că numai din prostie, inconștientă sau ignoranță. Este posibil ca efectiv oamenii să fie principalii factori capabili de distrugerea ulterioară chiar și a biotei și ecosferei planetei noastre cu mult înainte de a se atinge limitele naturale de evoluție normală a proceselor vii și nevii la nivelul planetei noastre.

6 CONCLUZII

În încercarea de a uni într-un tot coerent conceptele de materie, energie și informație, în explicarea modului în care materia vie a evoluat și s-a structurat pe diferite nivele sistemice, apreciem că prima a apărut informația și aproape imediat energia. Informația a stat permanent la baza evoluției diferitelor forme de manifestare a fluxurilor de energie și în modul în care a avut loc circulația materiei.

Pentru a le prezenta a fost nevoie ca la început noi să ne clarificăm, apoi să reordonăm termenii folosiți în diferite domenii ale științelor naturii și în astronomie, dar toate acestea văzute din punct de vedere ecologic, și numai după aceea să le prezentăm după cunoștințele și puterile noastre.

Informațiile privitoare la evoluția viului au pornit de la preocupări strict biologice, care au devenit mai complexe odată cu abordarea ecologică a relațiilor viu-neviu. Au fost evidențiate interrelațiile care au creat structuri ecologice și care au cucerit toate mediile pentru a forma în prezent un tot unitar. Ele nu s-au putut realiza decât sub influența și fiind coordonate de mecanismele informaționale, care, la rândul lor, s-au diversificat neconținut. Informația din lumea vie este mult mai complexă, mai activă și mai versatilă decât cea din lumea nevie. Ea a devenit treptat dominantă, fiind capabilă ca acum să influențeze și procesele informaționale din mediul abiotic: procesele fizice, chimice, pedologice, hidrologice și climatice.

Informația biologică se perfecționează permanent, indiferent dacă unele caractere (spre exemplu pe cele morfologice și fiziologice care par că abia se mai modifică). Dovada este dată de existența unei multitudini de organisme vii (spre exemplu bacteriile, protistele), care, deși există ca entități viabile, trăiesc foarte bine și în prezent, deși aparent par că sunt nemodificate de miliarde de ani (deoarece ele, în realitate se adaptează permanent din punct de vedere funcțional la toate schimbările ce au loc și totodată coordonează în mod subtil toate procesele vii și nevie care au loc pe planeta noastră). Ele s-au menținut deoarece au rămas indispensabile desfășurării normale a proceselor ce au loc pe toate nivelele biologice și ecologice de organizare a materiei vii.

Din momentul apariției macromoleculilor organice complexe, s-au demarat procesele de metabolism și cele de creștere și multiplicare. Ele s-au corelat apoi cu caracteristicile fizice și chimice din oceanul planetar primordial - a demarat etapa ecologică adaptativă a evoluției ecologice (Figura 139).

În prima etapă a evoluției biologice (cea individuală) a avut loc trecerea mecanismelor biochimice de la procese liniare (cum erau în chimia moleculelor organice), la procese biochimice circulare, apoi spiralat-ascendente tot mai complexe și mai diversificate (Figura 112), totul efectuându-se sub controlul subtil al informației biologice care se complexa și diversifica neconținut.

De la apariția macromoleculilor organice cu capacități de metabolism și reproducere și până la realizarea biosferei actuale, pot fi distinse șapte forme diferite de evoluție: cea a informației, cea energetică, cea fiziologică, cea ecologică, evoluția morfologică și cea geografică (de ocupare treptată a celor patru medii principale de viață: acvatic marin, acvatic dulcicol, terestru și cel subteran, ca și a stratului inferior al atmosferei, troposfera). Datorită organismelor vii și a necromasei produse neconținut de aceasta, în asociere cu materiale din litosfera superficială supusă factorilor climatici și hidrologici, a apărut la suprafața planetei un înveliș nou, pedosfera.

Este subliniată schimbarea produsă în evoluția sistemelor vii de la etapa biologică individuală la etapa ecologică (deci cea în care au apărut sisteme funcționale complexe a interrelațiilor viu-neviu). O prezentare adecvată este cea dată în Capitolele 4.2. și 4.3.

De când viața a început să se desfășoare autonom la nivel individual, putem discuta de nivele de organizare a materiei vii.

Viața, ca organisme probionte, apoi ca procariote și eucariote a apărut în urmă cu cca 3,8 miliarde de ani. Ea a manifestat de la început o deosebită capacitate de adaptare (fiziologică și ecologică, iar mai târziu și morfologică) sub influența factorilor ambientali în care trăiau. Ca urmare, deși a trecut atât de multă vreme, în realitate ele s-au perfecționat permanent. De aceea ele există și astăzi, parcă fiind mai adaptabile ca niciodată față de factorii ambientali. Este important de subliniat faptul că acest proces nu a fost unilateral (numai la nivelul viului), ci el se desfășoară în corelație cu mediul abiotic, în ambele sensuri (viu-neviu și neviu-viu), dar totdeauna factorul coordonator este dat de informația biologică.

Ecosfera este o construcție naturală care a apărut penultima, numai după ce toate mediile pământului au permis dezvoltarea lumii vii. Ea s-a perfecționat neconținut și diferă fundamental de modul în care a avut loc evoluția celorlalte planete din sistemul nostru solar.

Viața are o capacitate specială de a crea un nou tip de tipar informațional. Ea se caracterizează prin autoregenerare, autoreglare, redundanță, o mare capacitate de stocare (memorie) și de procesare a informațiilor. Prin reprezentanții săi (organismele vii), viața și-a asumat foarte curând coordonarea principalelor procese care au loc la nivel planetar.

Ca urmare, componentele toposferei – atmosfera, hidrosfera și litosfera – au fost și sunt permanent influențate (la nevoie chiar modificate) de către biosferă. Interacțiunea armonioasă a biosferei cu toposfera a dus la geneza și perfecționarea continuă a ecosferei Pământului.

În urmă cu mai puțin de 10.000 ani, a apărut antroposfera, care, la scara timpului planetei noastre există de mai puțin de 10 000 de ani, și care se extinde extraordinar de rapid, având ca suport inteligența și interesele speciei umane (dar care are doar prea puține relații cu ecosfera naturală, pe care cel mai adesea o ignoră). Deci, ea va exista numai câtă vreme omul va fi prezent pe această planetă, după care ecosfera naturală își va reintra în drepturi. Altă cale de sustenabilitate a vieții pe Terra nu există.

7 BIBLIOGRAFIE

Adl S. M., Bass D., Lane C. E., Lukeš J., Schoch C. L., Smirnov A., Agatha S., Berney C., Brown M. W., Burki F., Cárdenas P., Čepička I., Chrystiakova L., Del Campo J., Dunthorn M., Edvardsen B., Eglit Y., Guillou L., Hampl V., Heiss A. A., Hopperath M., Jams T. Y., Karnowska A., Karpov S., Kim E., Kolisko M., Kudryavtsev A., Lahr D. J. G., Lara E., Gall L., Lynn D. H., Mann D. G., Massana R., Mitchell E. A. D., Morrow C, Parks J. S., Pawlowski J. W., Powell M. J., Richter D. J., Rueckert S., Shadwick L., Shimano S., Spiegel F. W., Toruella G., Youssef N., Zlatogursky V. and Zhang Q. 2019 – Revisions to the Classifications, Nomenclature and Diversity of Eukaryotes. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 66, (1) 4119, 116p.

Alekseev, G.N., 1986. *Energy and Entropy*. Moscow: Mir Publishers.200p

Anderson, M.G.; McDonnell, Jeffrey J., (eds), 2005. *Encyclopedia of hydrological sciences*. Wiley.725p

Antonescu, C.S., 1967. *Biologia Apelor*. Ed. Didact. Pedag., Bucuresti, 515p

Bănărescu P., 1970. *Principii și probleme de zoogeografie*. Edit. Academiei R. S. R., București, 260p

Baross, J. A., & Hoffman, S. E. 1985. Submarine hydrothermal vents and associated gradient environments as sites for the origin and evolution of life. *Origins of Life*, 15, 327-345pp.

Barrotta P., Lovelock J., 2011. Gaia Theory, and the Rejection of Fact/Value Dualism. *Environmental Philosophy*, 8, (2), 95-113pp.

Bauman B.F., *The feasibility of a testable Gaia hypothesis (mémoire)*, 1998. James Madison University, Virginie 1-29

Bavaru A., Godeanu S., Butnaru G. and Bogdan A., 2007. *Biodiversitatea și ocrotirea naturii*, Edit. Acad. Române, București. 580p

Begon M., Harper J., Towsend C. R., 1986. *Ecology*. Blackw.Sci.Publ.Oxford, London, Edinburgh

Behe M. J., 2013. Section Three. Theoretical Molecular Biology: Introductory Comments, p. 415-417. In Marks II R, J., Michael J. Behe, William A. Dembski, Bruce L. Gordon, John C. Sanford (eds.), *Biological information-new perspectives: proceedings of a symposium held May 31, 2011 through June 3, at Cornell University*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.

Bertalanffy L. 1960. Principles and theory of growth, 137-259, in Nowinski W. W. (ed.), *Fundamental aspects of normal and malignant growth*, Amsterdam, Elsevier.

Bertalanffy L. von, 1940. *Vom Molekull zur Organismenwelt*. Grundlagen der modernen Biologie, Akad. Verlag. Athenainon. *Biologia Generalis*, 195, 114-129.

Bertalanffy L., 1952. *Problems of life: an evaluation of modern biological and scientific thought*. Harper Torch Books New York.

Bertalanffy L., 1968. *General systems theory, foundations, development, applications*, University of Alberta, Edmonton, Canada, George Braziller, New York.

Bick H., 1998. *Grundzüge der Ökologie*, 3-th ed., Gustav Fischer.

Bisby F. A., 1995. Characterization of biodiversity: 21-105. in: Heywood W. H., (ed.), *Global Biodiversity Assessment*. Cambridge Univ. Press.

Blanc, M., Kallenbach, R., Erkaev, N.V., 2005. Solar system magnetospheres. *Space Science Reviews* 116 (1–2) 227–298.

Blankenship, R. E., 2010. Early evolution of photosynthesis. *Plant Physiol.*, 154 (2) 434-438.

Botnariuc N., 1967. *Principii de biologie generală*. Edit. Acad. R.S.R., București.

Botnariuc N., 1976. *Conceptția și metoda sistemică în biologia generală*, Edit. Acad. R.S.R., București.

Botnariuc N., 1984. Cu privire la abordarea sistemică în ecologie. *Buletinul de ecologie*, 1, 15-21.

Botnariuc N., 1992. *Evoluționismul în impas*. Ed. Acad. Române, București.

Botnariuc N., 2003. *Evoluția sistemelor biologice supraindividuale*, Edit. Acad. Române, București.

Botnariuc N., 2005. *Evoluția sistemelor biologice supraindividuale*. Ed. II. Ed. Acad. Române, București.

- Botnariuc N., 2006a. The role of symbiosis in the evolution of the biosphere. *Trav.Mus. "Grigore Antipa"*, XLVIII: 523-530.
- Botnariuc N., 2006b. Energy hungry at the problem of progress in the evolution of the biological systems. *Trav.Mus. "Grigore Antipa"*, XLIX, 411-429.
- Brack, A. 1991. The origin of life on Earth. Grana, 30, 505-509.
- Brandner W., 2011. *Planet Formation: Theory, Observations, and Experiments*, Cambridge Univ. Press.
- Braxton, J., 2009. The Ogallala Aquifer: Saving a Vital U.S. Water Source. *Sci. Amer.* <https://www.scientificamerican.com/article/the-ogallala-aquifer/>.
- Brewer M., 1994. *The science of ecology*. 3-th ed. Saunders College Publications, Philadelphia.
- Briggs D., Walters S. M., 1997. *Plant Variation and Evolution*. Cambridge Univ. Press.
- Buckman H. O.; Brady, Nyle C., 1960. *The Nature and Property of Soils - A College Text of Edaphology* (6th ed. MacMillan Company, New York).
- Buis A., 2021. Earth's magnetosphere: protecting our planet from harmful space energy. climate.nasa.gov/news.
- Calvet R., 2003. *Le sol, propriétés et fonctions*, Collection La France agricole.
- Campagne A., 2017. *Le Capitalocène: Aux racines historiques du dérèglement climatique*. Editions Divergences, Paris.
- Canup R.M., Asphaug E., 2001. Origin of the Moon in a giant impact near the end of the Earth's formation. *Nature* 412 (6848): 708–712.
- Carlson Richard W., 2005. Physical, chemical, and chronological characteristics of continental mantle. *Reviews of Geophysics*. 43 (1): RG1001.
- Carlton R.A., 2020. *Înțelepciunea corpului*. Ed. For You, București.
- Cavalier-Smith, T., 2007. A revised six-kingdom system of life. *Biological Reviews*, 73, (3) 203-266.
- Ceapoiu I., 1988. *Evoluția biologică, microevoluția și macroevoluția*. Ed. Acad.R.S.R., București.
- Cesare E., 1992. *Planet Earth. Cosmology, Geology, and the Evolution of Live and Environment*, Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Chernicoff, S., Whitney, D. 1990. *Geology. An Introduction to Physical Geology* (4th ed.). Pearson.
- Chirita C., 1955. *Pedologie generală*, Ed. Agro-Silvică, București.
- Cogălniceanu D., 2003. *Biodiversity*. Dr.Kessel Verlag, Remagen.
- Collin P. H., 1997. *Dictionary of ecology and environment*, 3-th ed., reprinted, Peter Collin Publ. Ltd., Teddington.
- Commoner B., 1972. *The closing circle, Nature, Man and Technology*. Knopf, New York.
- Corliss, J. B., Baross, J. A., Hoffmann, S. E., 198. An hypothesis concerning the relationship between submarine hot spring and the origin of life on Earth. *Oceanol. Acta*, 4, 59-69.
- Coste, I., 1982. *Omul, Biosfera si Resursele Naturale*, Ed. Facla, Timișoara.
- Crutzen P.J., Stoermer E.F., 2000. The Anthropocene, *Global Change, NewsLetter*, 41, 17-18.
- Dalrymple, G.B., 1991. *The Age of the Earth*. California Stanford Univ. Press.
- Daly, R., 1940. *Strength and structure of the Earth*. Prentice-Hall, New York.
- Damer, B., Deamer, D., 2020. The Hot Spring Hypothesis for an Origin of Life. *Astrobiology*, 20 (4) 429–452.
- Darwin C., 1859. *On the origin of species by means of natural selection, on the preservation of favored races in the struggle for life*, J. Murray, London.
- Davies P., 2021. *Rețelele de informație și misterul vieții*. Ed. Humanitas, București.
- Dediu I. I., 2007. *Tratat de ecologie teoretică*, Phoenix, Chișinău

- Di Castri F., 1981. L'Écologie-naissance d'une science de l'homme et de la nature. Le courrier de l'UNESCO, avril, 6-11.
- Dixon D. et al., 2001. Atlas of Life on Earth. Barnes & Noble Books, New York.
- Doniță N., 2022. Some remarks regarding the hierarchy of living systems. Acad. Rom. Sci., Ann. Ser. Biol. Sci., 11 (1) 19-30.
- Doniță N., Godeanu S. 2019. Biocenoza – sistem nodal în ierarhia sistemelor vii. AOȘ-Ro. Conferința de toamnă "Convergența reală România-Uniunea Europeană, Brașov, II: 244-248.
- Doniță N., Godeanu S. P. Sfetea R. C., 2019. Population, species, biocenosis – An integrative vision, Lambert A. P.
- Doniță N., Godeanu S., 2017. Population and the concept of species. Acad.Rom.Scient. Ann. Journ.of Biol. and Nature, 8 (3)106-110.
- Doniță N., Godeanu S., 2018. Chapter 30. Population - Structural and Functional Basic Element of Biocenosis and Species. The Role of Population in the Knowledge of Species Autecology, 507-517. In C.W.Finkl, C.Makowski (eds.). Diversity in Coastal Marine Sciences. Coastal Research Library 23., Springer.
- Doniță N., Godeanu S.P., 2021. Some Ecological Concepts in the Vision of the Systems Theory. Acta Oecol. Carpatica, 14, 45-60.
- Doniță N., Popa L.M., Godeanu S.- 2020. Some remarks regarding the organization of the living world. Acad.Rom.Sci. Annals. Ser.Biol.Sci. 9 (2) 34-42.
- Doniță, N., 2023. Ecology as systemic science. Acad.Rom.Scient. Annals, sect. Biol.Sci., 12 (1) 7-20.
- Encrenaz T., Bibring J-P, Blanc M., Barucci M.A., F., Zarka P., 2004. The Solar System. 3-ed. Springer.
- Fath B., 2018. Enciclopedia of Ecology, 2nd Ed., Elsevier.
- Fitzpatrick E. A., 1971. Pedology. Oliver & Boyd, Edinburgh.
- Fox S. W., 1973. Molecular evolution to the first cells. Pure Appl. Chem., 34 (3), 641-669.
- Fox S. W., Dose K., 1974. Molecular Evolution and Origin of Life. W.H. Freeman & Co., San Francisco.
- Ghilarov A.M., 1995. Vernadsky's Biosphere Concept: An Historical Perspective. The Quart. Rev. Biol., 70, 193-203.
- Ghiorghiță G., 2009. Despre biogeneză și bioevoluție. Ed. Alma Mater, Univ. Bacău.
- Ghiorghita G., Surpateanu G., 2019. The Prebiotic Stage and the Evolution of Life on Earth. Environ. Nat. Res. Res. 9 (2) 86-102.
- Ghiselin M. T., 2001. Species concepts, in Encyclopedia Life Sciences. John Wiley & Sons, Ltd., DOI: 10.1038/npg.els.0001744.
- Gitt W., Compton R., Fernandez J., 2013. Biological Information — What is it? 11-25, in Marks II R, J., Behe M. J., Dembski W. A., Gordon B. L., Sanford J. C., 2013 - Biological information-new perspectives: proceedings of a symposium held May 31, 2011 through June 3, at Cornell University. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Gleick J., 2011. The information. A history, a theory, a flood. Fourth Estate, 2011.
- Godeanu S., 1984 Domeniile de cercetare ale ecologiei. Buletinul de ecologie, AOS, 1, 22-33.
- Godeanu S., 1998. Elemente de ecologie. Ed. Bucura Mond, București.
- Godeanu S., 2012 Mankind and Biodiversity Interactions; preserving and improving biodiversity in Romania. Acad. Rom.Scientists, Annals Ser. Biol. Sciences, 1, (1) 7-17.
- Godeanu S., 2013. Ecologie aplicată. Ed.Academiei Române, București.
- Godeanu S., 2016. Landscape and/or Landschaft in Ecological Vision. Acta Oecol. Carpatica, IX 9-16.
- Godeanu S., 2019. The Place and Role of the Biocenosis in the Hierarchy of Living Systems. Acta Oecol. Carpatica, 12 (1) 85-98

- Godeanu S., 2020. Changes in Taxonomy from Linné to Cavalier-Smith; Case Study – Testacean Protists. *Ann. Ser. Biol. Sci.*, 9, (1) 5-19.
- Godeanu S., Bavaru A., Godeanu M., 2010. The Main Stages of the Process of Diversification of the Living World. *Acta Oecol. Carpatica*, (III) 151-182.
- Godeanu S., Doniță N. 2023 – The point of view of some ecologists concerning the effects of human activities on population health. *Proc. Rom. Acad., Ser. B*, 25 (2) 145–148.
- Godeanu S., Doniță N., 2016. How are Approached Species and Population in Biology and Ecology. *Acad. Rom. Sci. Annals, Ser. Biol. Sci.*, 5 (2): 57-66.
- Godeanu S., Doniță N., 2021 – On terms, laws and paradigms in ecology. *Acta Oecol. Carpatica*, 14, 33-44.
- Godeanu S., Doniță N., Popa L.M. 2022 – The Emergence and Evolution of the Ecosphere. *Acad. Rom. Sci. Annals. Ser. Biol. Sci.* 11(1) 7-18.
- Godeanu S., Godeanu M., 1998, Priorități actuale în cercetarea ecologică mondială. În V. Căndea (ed.) "Știința la sfârșit de mileniu", AOS, București: 202-209.
- Godeanu S., Popa L.M. 2022. Factors determining the evolution of life. *Acta Oecol. Carpatica*, 15: 21-51.
- Godeanu S., Popa L.M., 2020. Is Ecology a Branch of Biology, or a Distinct, Interdisciplinary Science? *Acta Oecol. Carpatica*, 13, 69-84.
- Gordon B. L., 2013. Section Four - Biological Information and Self Organizational Complexity Theory: Introductory Comments, p. 509-512. In Marks II R, J., Michael J. Behe, William A. Dembski, Bruce L. Gordon, John C. Sanford (eds.), 2013 - Biological information-new perspectives: proceedings of a symposium held May 31, 2011 through June 3, at Cornell University. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Gras A., 2014. Qu'est-ce que l'Anthropocène?, *L'Écologiste*, 43, 45-48.
- Grinevald J., 2012. Le concept d'Anthropocène, son contexte historique et scientifique, *Entropia*, 12, 22-38.
- Groombridge B., Jenkins M. D., 2000. *Global Biodiversity. Earth's Living Resources in the 21st Century.* World Conservation Press., Cambridge.
- Günell, H.; Maggiolo, R.; Nilsson, H.; Stenberg Wieser, G.; Slapak, R.; Lindkvist, J.; Hamrin, M.; De Keyser, J., 2018. Why an intrinsic magnetic field does not protect a planet against atmospheric escape. *Astronomy and Astrophysics*. 614: L3.
- Haeckel E., 1866. *Generelle Morphologie der Organismen: allgemeine Grundzüge der organischen Formen-Wissenschaft, mechanisch begründet durch die von Charles Darwin reformierte Deszendenz-Theorie*, Verlag Georg Reimer, Berlin.
- Haldane, J. B. S., 1929. Origin of life. *The Rationalist Annual*, 148, 3-10.
- Hawksworth D. L., 1995. Magnitude and distribution of biodiversity, 107-191, in Heywood W. H. (ed.), *Global Biodiversity Assessment*, Cambridge University Press Cambridge.
- Heywood W. H., (Ed.), 1995. *Global Biodiversity Assessment*. Cambridge Univ. Press.
- Hödl E., 2012. Die Noosphäre als Bezugsrahmen für das Recht. 639-648. In: Schweighofer/Kummer/Hötzendorfer (ed.): *Transformation juristischer Sprachen*, Tagungsband des 15. Internationalen Rechtsinformatik Symposiums, 639–648.
- Huggett, R., 1997. *Environmental Change, The Evolving Ecosphere*. Imprint Routledge. London.
- Ingjerd H., Heinke, Jens H., Hester B., Eisner S., Flörke M., Naota H., Konzmann, Fulco L.M., Yoshimitsu M., Schewe, J., Stacke T., Tessler Z.D., Yoshihide W., Wisser D., 2014. Global water resources affected by human interventions and climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 111 (9) 3251–3256.
- Kennish, M. J., 2001. *Practical handbook of marine science*. Marine science series. (3rd ed.). CRC Press.
- Kertz W., 1992. *Einführung in die Geophysik*, Spektrum Akademischer Verlag.

- Keys P. V., Galaz M., Dyer N., Matthews C., Folke M., Nyström S., Cornell, 2019. Anthropocene risk. *Nature Sustainability*, 2, 667–673.
- Kirchner J., 1989. The Gaia Hypotheses. Can it be tested? *Reviews of Geophysics*, 27, 223-235.
- Laszlo E., 2008. *Știința și câmpul akashic. O teorie integrală a tuturor lucrurilor*. PRO Edit. & Tipografie, București.
- Legros J.P., 2007. *Les Grands Sols du Monde*. Presse Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.
- Levin, H.L., 2009. *The Earth through time (9th ed.)*. Saunders College Publishing.
- Levine J. S., Miller K.R., 1994. *Biology. Discovering Life*. D.C. Heath & Co., Lexington, Toronto.
- l'Hôte Y., 1990. Historique du concept de cycle de l'eau et des premières mesures hydrologique en Europe, *Hydrologie Continentale*, 5 (1) 13-27.
- Li Y., Vočadlo L., Tao Sun., Brodholt J.P., 2020. The Earth's core as a reservoir of water, *Nature Geoscience*. 13, 453-458.
- Lovelock J. E. 1972. Gaia as seen through the atmosphere. *Atmospheric Environment*, 6, 579-580.
- Lovelock J. E., 1986. Gaia: the world as a living organism, *New Scientist*, 1939, 25-28.
- Lovelock J. E., 2000. *Gaia: A New Look at Life on Earth*, Oxford University Press.
- Lovelock J. E., 2010. *Vanishing face of Gaia, A final warning*, Basic Books Ingram Publisher Sciences U.S.
- Lovelock J. E., M. Whitfield, 1982. Life span of biosphere. *Nature*, 296, 561-563.
- Lovelock J. E., Margulis L., 1974. Atmospheric homeostasis by and for the biosphere: the gaia hypothesis. *Tellus*, 26, 2, 2–10. doi:10.1111/j.2153-3490.1974.tb 01946.x
- Lovelock J. E., Margulis L., 1974. Biological modulation of the Earth's atmosphere, *Icarus*, 21 (4) 471-489.
- Lutgens F.K.et Tarbuck E.J., 1995. *The Atmosphere: an introduction to meteorology*, 6e éd., Prentice Hall.
- Maidment D. R., (ed), 1993. *Handbook of hydrology*. New York: McGraw-Hill.
- Margulis L., 1992. Biodiversity: molecular biological domains, symbiosys and kingdom origins. *Byosystems*, 27, 39-51.
- Margulis L., 1998. *Symbiotic Planet: A New Look at Evolution*, Weidenfeld & Nicolson, London.
- Margulis L., 2009. Genome acquisition in horizontal gene transfer: symbiogenesis and macromolecular sequence analysis, 181-191. In Gogarten M., Boekels Gogarten J. P., Olendzenski L., Lorraine, C. (eds), *Horizontal Gene Transfer: genomes in Flux, methods in molecular biology*, Humana Press.
- Margulis L., Sagan D., 1986. *Microcosmos. Four Billion Years of Microbial Evolution*. Touchstone, New York.
- Margulis, L., 1981. *Symbiosis in Cell Evolution: Life and its Environment on the Early Earth.*, W. H. Freeman and Company, San Francisco.
- Marks II R. J., Behe M. J., Dembski W. A., Gordon B. L., Sanford J. C., 2013. Biological information-new perspectives: proceedings of a symposium held May 31, 2011 through June 3, at Cornell University. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Marks II R. J., 2013. Section One — Information Theory & Biology: Introductory Comments, p. 1-11. In Marks II R, J., Michael J. Behe, William A. Dembski, Bruce L. Gordon, John C. Sanford (eds.), 2013. *Biological information-new perspectives: proceedings of a symposium held May 31, 2011 through June 3, at Cornell University*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Martin, W., Baross, J., Kelley, D., & Russell, M. J., 2008. Hydrothermal vents and the origin of life. *Nature Rev., Microbiol.*, 6, 805-814.
- Mathieu C. Lozet J., 2011. *Dictionnaire encyclopédique de science du sol*, Lavoisier. Paris.

- May R. M., Lawton J. H. and Stork N. E., 1995. Assessing Extinction Rates:1-24. in J. H. Lawton and May R.M. (ed.), Extinction Rates. Oxford, University Press.
- Mayr E. 1957. Species concept and definitions: 1-22, in The species problem. The American Association Advancement of Sciences Publications, Washington DC, 50.
- Mayr E., 1982. Adaptation and selection, Biol. Zentralblatt, 101, 161-174.
- Mc Arthur R. H., Connel J. H., 1970. Biologia populațiilor. Edit. Științ. Enciclop., București.
- Meunier A.R., 2014. La naissance de la Terre. De sa formation à l'apparition de la vie, Dunod, Paris.
- Miller R.W., Gardiner D.T., 1998. Soils in Our Environment. Prentice Hall.
- Mooney H. A., Cushman J. H., Medina E., Sala Q. E., Schulze E. D., 1996. Functional Roles of Biodiversity. A Global Perspective. John Wiley & Sons
- Morariu, T., Pisota, I., Buta, I., 1962. Hidrologia generala, Ed. Did. Pedag., Bucuresti.
- Mustață G., 2009. Evoluția prin asociere și edificarea organismelor. Ed. Vreimea, București.
- Mustață G., 2011. Pe urmele evoluției: evoluția nu-și șterge urmele, ci le păstrează funcționale, Edit. Acad. Oam. Știință Romania, București.
- Mustață G., 2015. Evolution does not wipe out its traces, but keep them functional. Edit. Acad. Oam. Știință România, București.
- Mustață G., Mustață M., 2003. Probleme de ecologie generală și umană, Edit. Universitatea "A. I. Cuza" Iași.
- Mustață Gh., 2016. Comunicarea în lumea vie și semnificația sa ecologică.339-357. În În Mustață Gh., Mustață M., Quo vadis Homo sapiens? Ed. Academiei Oamenilor de Știință, București.
- Mustață Gh., 2016. Mediul individual și edificarea lui. 389-406. În Mustață Gh., Mustață M., Quo vadis Homo sapiens? Ed. Acad. Oam. Știință, București.
- Mustață Gh., Mustață M., 2006. Strategii evolutive și semiotice ale vieții.Ed. Junimea, Iași.
- Mustață Gh., Mustață M., 2016. Quo vadis Homo sapiens? Ed. Acad. Oam. Știință, București.
- Neacșu P. and Apostolache-Stoicescu Z., 1982. Dicționar de ecologie, Edit. Științ. Enciclop., București.
- Neagu T., Lazăr I. and Cârnu P., 2002. Paleozoologia nevertebratelor. Ed. Univ., București.
- Nicolau G., 2017. Scurte considerații despre inteligența artificială. O descriere inginerescă a subiectului. Ed.Opanis, Galați.
- Odum E.P., 1971. Fundamentals of Ecology. W.B.Saunders Comp., Philadelphia, London, Toronto.
- Odum E.P., 1993. Ecology and our endangered life-support systems. 2-nd ed., Sinauer. Assoc.Inc., Massachussets.
- Odum H. T., 1971. Environment, power and society, Willey Interscience.
- Oparin A. I.,1960. Originea vieții pe Pământ. ed. III-a. Ed. Științifică. București.
- Orgel L. E., 1994. The Origin of Life on the Earth. Scientific American. 27 (4) 76–83.
- Paine R. T., 2002. Advances in Ecological understanding: by kuhnian revolution or conceptual evolution? Ecology, 83 (6) 1553-1559.
- Pârvu C., 2001. Ecologie generală, Edit. Tehnică.
- Pârvu C., 2005. Dicționar enciclopedic de mediu, Edit. Monitorul Oficial, București.
- Pater I. de, Jack J., 2015. Planetary sciences, Cambridge Univ. Press.
- Pomerol C., Lagabrielle Y., Renard M., 2000. Éléments de géologie. 12e éd., Paris, Dunod.
- Pora E. A., Oros I., 1974. Limnologie si Oceanologie, Ed. Didact. Pedag., Bucuresti.
- Purves W. K., Orians G. H., Heller C.H., 1992. Life: The Science of Biology. Sinauer Assoc. Inc., V. H. Freeman & Co., Sunderland.

- Renard M., Lagabrielle Y., Martin E., Rafelis de Saint Sauveur M., 2015. *Éléments de géologie*, Dunod, Paris.
- Sackmann J., A. I. Boothroyd, K. E. Kraemer 1993. Our Sun. III. Present and Future. *Astrophysical Journal* 418, 457-468.
- Sagan C., 2013. *Cosmos*. Random House.
- Sanford J. C., 2013. Section Two. Biological Information and Genetic Theory: Introductory Comments, p. 203-209. In Marks II R, J., Michael J. Behe, William A. Dembski, Bruce L. Gordon, John C. Sanford (eds.), 2013 - *Biological information-new perspectives: proceedings of a symposium held May 31, 2011 through June 3, at Cornell University*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Schmitz O.J., 2017. *The New Ecology: Rethinking a Science for the Anthropocene*. Princeton Univ.Press., Princeton.
- Schneider S., Boston P., 1992. *The Gaia Hypothesis and Earth System Science*. MIT Press.
- Segal J., 2003. *Le zéro et le un. Histoire de la notion scientifique d'information au 20e siècle*. Éditions Syllepse.
- Seki, K.; Elphic, R. C.; Hirahara, M.; Terasawa, T.; Mukai, T., 2001. On Atmospheric Loss of Oxygen Ions from Earth Through Magnetospheric Processes. *Science*. 291, 5510.
- Șerban M. E., 1986. *Omul și astrele*. Ed. Dacia, Cluj-Napoca.
- Șerban M. E., 1989. *Semeni întru rațiune*. Ed. Dacia, Cluj-Napoca.
- Sitchin Z., 1985. *A 12-a planetă*. Aldo Press, București.
- Sitchin Z., 1990. *Intoracerea la geneză*. Aldo Press, București.
- Skinner B. J.; Porter, S. C., 1987. *The Earth: Inside and Out. Physical Geology*. John Wiley & Sons.
- Smil V., 2008. *Energy in nature and society: general energetics of complex systems*. MIT Press, Cambridge, US.
- Smith D., 1981. *The Cambridge Encyclopedia of Earth Sciences*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Smith J.M. et al., 2020. The Concept of Information in Biology. *Philosophy of Science*, 67 (2) 177 – 194.
- Soran V., Borcea M., 1995. *Omul și Biosfera*. Ed. Albatros, București.
- Stanley S. M. 2005. *Earth system history (2nd ed.)*. New York: Freeman.
- Starr C., Taggart R., 1987 – *Biology. The Unity and Diversity of Life*. 4th ed. Wadsworth Publ. Comp., Belmont, California.
- Stonier T., 1990 - *Information and the internal structure of the universe*, Springer Verlag.
- Țicleanu G, Pauliuc S., 2008 *Geologie generală*.Ed. Universitară, București.
- Tsyganenko N.A., 1995. Modeling the Earth's magnetospheric magnetic field confined within a realistic magnetopause, *JGR*, 100 (4) 5599–5612.
- Tufescu, V., Tufescu, M., 1981. *Ecologia și activitatea umană*, Ed. Albatros, București.
- Turcotte D., Schubert G., 2014 *Geodynamics*. 3rd ed., Cambridge University Press.
- Turner M. G., Gardner R. H. and O'Neal V., 2001 *Landscape ecology in theory and practice: pattern and processes*, Springer Verlag.
- Van Allen, J.A., 2004 *Origins of Magnetospheric Physics: An Expanded Edition*, University of Iowa Press.
- Vernadsky V. I., 1986 *The Biosphere*, Synergetic Press.
- Vernadsky V.I., 1945 *The biosphere and the noosphere*. *Amer.Sci.* 33, 1-12.
- Wagner R. H., Danchin E., 2010 *A taxonomy of biological information* 2, *Oikos* 119 (2) 203 – 209.
- Warren V. Jr., 2003 *The Concept of Information in Biology*. In Gary L. Lewis (ed) *Introduction to hydrology (5th ed.)*. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Education.

- Whitehouse D., 2005 *The Sun: A Biography*, John Wiley and Sons.
- Whittaker R.H., 1975 *Communities and Ecosystems*. Macmillan.
- Whittaker R. H., 1969 New concepts of kingdoms or organisms. Evolutionary relations are better represented by new classifications than by the traditional two kingdom's in *Avantika*. *Science*, 163, 150-194.
- Woese C. R., 1998 The universal ancestor. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 95 (12) 6854-6859.
- Woese C. R., 2004 A new biology for a new century. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 68 (2) 173-186.
- Woese C. R., Kandler O., Wheelis M., 1990 Towards a natural system of organisms: proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 87 (12) 4576-4579.
- Wood P. J.; Hannah, David M. H., Sadler, J. P., 2008 *Hydroecology and Ecohydrology: Past, Present and Future*. John Wiley & Sons.
- Worm B., E.B. Barbier, N. Beaumont, J.E. Duffy, C. Folke, B.S. Halpern, J.B.C. Jackson, H.K. Lotze, 2006 - Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, 314: 787-790.
- Zawadsky K. M., 1961 – *Ucenie o vide*, Izat. Leningr. Universitet, Leningrad.
- Zeilik M. A., Gregory S. A., 1998 *Introductory Astronomy & Astrophysics* (4th ed.). Saunders College Publishing.
- ***, 1998. *World Water Resources a New Appraisal and Assessment for the 21st Century* A summary of the monograph *World Water Resources* prepared in the framework of the International Hydrological Programme by Igor A. Shiklomanov Director State Hydrological Institute St Petersburg, Russia <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000112671>
- ***, 2003. *Planeta Terra 2003*, ed. RAO, București.
- ***, 2006. *Terra - Enciclopedie completa- o carte* Dorling Kindersley. Ed.RAO, București.
- ***, 2022. *Atmosphere* | National Geographic Society. (education.nationalgeographic.org).
- ***, *Encyclopædia Britannica*, 2021 <https://www.britannica.com/topic/Encyclopaedia-Britannica-English-language-reference-work>.
- ***, <http://www.google.com/Tableau+comparatif+simplificate+des+planetes>
- ***, https://en.wikipedia.org/wiki/Formation_and_evolution_of_the_Solar_System
- ***, https://en.wikipedia.org/wiki/Planetary_core
- ***, https://en.wikipedia.org/wiki/Planetary_surface
- ***, https://fr.wikipedia.org/wiki/Formation_et_%C3%A9volution_du_Syst%C3%A8me_solaire
- ***, <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/comparer-planetes-satellites-systeme-solaire.xml>
- ***, <https://ro.topinfoweb.com/the-difference-between-earth-and-other-planets-of-solar-system>
- ***, <https://www.alloprof.qc.ca/fr/eleves/bv/sciences/les-planetes-du-systeme-solaire-s1077>
- ***, https://www.astronoo.com/en/articles/characteristics_of_planets
- ***, <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=solar+system+wikipedia>
- ***, https://www.google.com/search?rlz=1C1CHBD_enRO873RO874&q=Pamantul+ca+un+geoid
- ***, <https://www.msucleus.org/>
- ***, *Wikipedia*, 2023. <https://www.scrigroup.com/geografie/ecologie-mediu/Care-sunt-componentele-biosferei.php>
- ***, *www*. 2020. *Atmospheric Composition*. tornado.sfsu.edu. Archived from the original on 2020-04-20. Retrieved 2019-10-22.