

## CUPRINS

### Tema I – Structura, geneza și fizica Pământului. Compoziția chimică și alcătuirea mineralogo-petrografică a scoarței terestre.

|   |    |
|---|----|
| 1. Introducere  | 9  |
| 1.1. Definiții, obiective, discipline geologice             | 9  |
| 1.2. Relațiile geologiei cu alte științe                    | 11 |
| 1.3. Repere în istoria geologiei                            | 11 |
| 2. Metode și principii de lucru în geologie                 | 14 |
| 2.1. Metode de cercetare inductivă                          | 14 |
| 2.1.1. Metode directe                                       | 14 |
| 2.1.2. Cercetări de laborator                               | 15 |
| 2.1.3. Metode indirecte                                     | 16 |
| 2.2. Metode de cercetare deductivă                          | 17 |
| 3. Structura, geneza și proprietățile fizice ale Pământului | 21 |
| 3.1. Structura internă a Pământului                         | 21 |
| 3.1.1. Surse de informații privind structura Pământului     | 21 |
| 3.1.2. Structura internă                                    | 23 |
| 3.1.3. Structura internă și tectonica globală               | 24 |
| 3.2. Geneza Pământului                                      | 26 |
| 3.3. Proprietățile fizice ale Pământului                    | 29 |
| 3.3.1. Gravitația   | 29 |
| 3.3.2. Presiunea  | 29 |
| 3.3.3. Energia calorică                                     | 30 |
| 3.3.4. Radioactivitatea                                     | 32 |
| 3.3.5. Magnetismul și paleomagnetismul                      | 33 |
| 3.3.6. Electricitatea                                       | 35 |
| 4. Alcătuirea mineralogo-petrografică a scoarței terestre   | 37 |
| 4.1. Compoziția chimică a scoarței                          | 37 |
| 4.2. Mineralele scoarței terestre                           | 38 |
| 4.2.1. Cristalizarea: cauze, forme și sisteme               | 38 |
| 4.2.2. Clasificarea mineralelor                             | 39 |
| 4.2.3. Criterii de identificare a mineralelor               | 42 |
| 4.2.4. Mineralele și principalele categorii de roci         | 44 |
| 4.3. Procese și roci magmatice                              | 45 |
| 4.3.1. Procese plutonice                                    | 45 |
| 4.3.1.1. Ce este magma ?                                    | 46 |
| 4.3.1.2. Cum se formează magma ?                            | 46 |
| 4.3.1.3. Diferențierea magmatică                            | 48 |
| 4.3.1.5. Consolidarea magmelor                              | 48 |
| 4.3.1.6. Procese postmagmatice                              | 49 |
| 4.3.2. Procese și fenomene vulcanice                        | 50 |
| 4.3.2.1. Ascensiunea magmelor la suprafață                  | 50 |
| 4.3.2.2. Prevederea erupțiilor vulcanice                    | 50 |
| 4.3.2.3. Fenomene postvulcanice                             | 51 |
| 4.3.3. Roci magmatice                                       | 52 |
| 4.4. Procese și roci sedimentare                            | 56 |
| 4.4.1. Procese fizico-mecanice (Dezagregarea rocilor)       | 57 |
| 4.4.2. Transportul materialului dezagregat                  | 58 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 4.4.3. | Procese chimice  | 60 |
| 4.4.4. | Procese biotice ( bioconstrucția și bioacumularea)             | 61 |
| 4.4.5. | Diageneza sedimentelor (litificarea)                           | 62 |
| 4.4.6. | Sisteme depoziționale  | 63 |
| 4.4.7. | Compoziții rocilor sedimentare                                 | 64 |
| 4.4.8. | Roci sedimentare: criterii de clasificare                      | 65 |
|        | 4.4.8.1. Rocile sedimentare după modul de formare              | 67 |
|        | 4.4.8.2. Alcătuirea chimico-mineralogică a rocilor sedimentare | 67 |
|        | 4.4.8.3. Ponderea principalelor roci sedimentare               | 67 |
| 4.5.   | Metamorfismul și rocile metamorfice                            | 69 |
|        | 4.5.1. Mecanismele metamorfismului                             | 69 |
|        | 4.5.2. Factorii de control ai metamorfismului                  | 70 |
|        | 4.5.3. Intensitatea metamorfismului                            | 71 |
|        | 4.5.4. Tipuri de roci metamorfice                              | 72 |
|        | 4.5.5. Structura și textura rocilor metamorfice                | 73 |
| 4.6.   | Circuitul rocilor în natură                                    | 74 |

## Tema II – Geologie structurală

|      |   |     |
|------|---|-----|
| 5.   | Elemente de geologie structurală                                | 77  |
|      | 5.1. Noțiuni de cartografie geologică                           | 77  |
|      | 5.1.1. Forma corpurilor geologice                               | 77  |
|      | 5.1.2. Harta geologică  | 80  |
|      | 5.1.2.1. Utilizarea și clasificarea hărților geologice          | 80  |
|      | 5.2.2.2. Semne, simboluri și culori pe hărți                    | 82  |
|      | 5.2.2.3. Noțiuni generale privind elaborarea hărților geologice | 84  |
|      | 5.1.3. Colona litostratigrafică                                 | 86  |
|      | 5.1.4. Secțiunile geologice                                     | 86  |
| 5.2. | Structuri primare   | 88  |
|      | 5.2.1. Structuri primare ale rocilor sedimentare                | 89  |
|      | 5.2.2. Structuri primare ale rocilor plutonice                  | 90  |
|      | 5.2.3. Structuri primare ale rocilor vulcanice                  | 91  |
| 5.3. | Forțe tectonice   | 93  |
|      | 5.3.1. Cauzele forțelor tectonice                               | 93  |
|      | 5.3.2. Tipuri de forțe tectonice                                | 94  |
|      | 5.3.3. Tipuri de mișcări tectonice                              | 95  |
| 5.4. | Structuri cutate  | 96  |
|      | 5.4.1. Elementele unei cute                                     | 97  |
|      | 5.4.2. Clasificarea cutelor                                     | 98  |
| 5.5. | Dislocații rupturale  | 102 |
|      | 5.5.1. Fisuri   | 102 |
|      | 5.5.2. Falii  | 104 |
|      | 5.5.2.1. Elementele unei falii                                  | 104 |
|      | 5.5.2.2. Clasificarea faliilor                                  | 105 |
|      | 5.5.2.3. Asociații de cute și falii                             | 107 |
|      | 5.5.3. Încălecări   | 108 |
|      | 5.5.4. Pânze tectonice  | 108 |
| 5.6. | Tectonica globală   | 109 |
|      | 5.6.1. Teoria expansiunii fundului oceanic                      | 109 |
|      | 5.6.2. Deriva continentelor                                     | 113 |
|      | 5.6.3. Tectonica plăcilor                                       | 114 |

|      |          |  |     |
|------|----------|--|-----|
|      | 5.6.3.1. | Tipuri de plăci                            | 115 |
|      | 5.6.3.2. | Tipuri de limite între plăci               | 115 |
|      | 5.6.3.3. | Ce forțe acționează în tectonica plăcilor  | 117 |
|      | 5.6.4.   | Curenții de convecție                      | 118 |
| 5.7. |          | Mișcările seismice (Cutremurele de pământ) | 120 |
|      | 5.7.1.   | Elementele mișcărilor seismice             | 120 |
|      | 5.7.1.   | Cauze și tipuri de cutremure               | 121 |
|      | 5.7.2.   | Magnitudinea și intensitatea cutremurelor  | 122 |
| 5.8. |          | Elemente structurale majore                | 125 |
|      | 5.8.1.   | Regiuni stabile (Platforme)                | 125 |
|      | 5.8.2.   | Zone mobile. Tipuri de orogeneză           | 127 |

### Tema III – Paleontologie

|    |      |   |     |
|----|------|---|-----|
| 6. |      | Elemente de paleontologie                             | 129 |
|    | 6.1. | Fosile și procese de fosilizare                       | 129 |
|    |      | 6.1.1. Procese de fosilizare                          | 129 |
|    |      | 6.1.2. Urme de activitate biologică                   | 131 |
|    |      | 6.1.3. Fosile index și fosile de facies               | 132 |
|    |      | 6.1.4. Importanța geologică a organismelor din trecut | 132 |
|    | 6.2. | Elemente de paleobotanică                             | 134 |
|    |      | 6.2.1. Imperiul PROCARYOBIONTA                        | 134 |
|    |      | 6.2.1.1. Regnul EUBACTERIA                            | 134 |
|    |      | 6.2.1.2. Regnul ARCHAEOBACTERIA                       | 135 |
|    |      | 6.2.1.3. Regnul CYANOBACTERIA                         | 135 |
|    |      | 6.2.2. Imperiul EUCARYOBIONTA                         | 135 |
|    |      | 6.2.2.1. Regnul PROTOZOA                              | 135 |
|    |      | 6.2.2.1.1. Phylum DINOPHYTA                           | 135 |
|    |      | 6.2.2.1.2. Phylum HETROKONTA                          | 137 |
|    |      | 6.2.2.2. Regnul PLANTAE                               | 138 |
|    |      | 6.2.2.2.1. Phylum CHAROPHYTA                          | 138 |
|    |      | 6.2.2.2.2. Phylum CHLOROPHYTA                         | 138 |
|    |      | 6.2.2.2.3. Phylum PHAEOPHYTA                          | 139 |
|    |      | 6.2.2.2.4. Phylum RHODOPHYTA                          | 139 |
|    |      | 6.2.2.2.5. Phylum BRYOPHYTA                           | 139 |
|    |      | 6.2.2.3. Gruparea CORMOPHYTA                          | 140 |
|    |      | 6.2.2.3.1. Phylum TRIMEROPHYTA                        | 141 |
|    |      | 6.2.2.3.2. Phylum LYCOPHYTA                           | 141 |
|    |      | 6.2.2.3.3. Phylum EQUISETOPHYTA                       | 143 |
|    |      | 6.2.2.3.4. Phylum FILICOPHYTA                         | 143 |
|    |      | 6.2.2.3.5. Ph. GYMNOSPERMOPHYTA                       | 144 |
|    |      | 1. PROGYMNOSPERMOPSIDA                                | 144 |
|    |      | 2. Cls. PTERIDOSPERMOPSIDA                            | 145 |
|    |      | 3. Clasa CYCADOPSIDA                                  | 145 |
|    |      | 4. Clasa CONIFEROPSIDA                                | 147 |
|    |      | 6.2.2.3.6. Phylum MAGNOLIOPHYTA                       | 147 |
|    |      | 1. Clasa MAGNOLIATAE                                  | 147 |
|    |      | 2. Clasa LILIATAE                                     | 149 |
|    | 6.3. | Elemente de paleozoologie                             | 150 |
|    |      | 6.3.1. Regnul ANIMALIA                                | 150 |
|    |      | 6.3.1.1. Subregnul PROTOZOARE                         | 150 |
|    |      | 6.3.1.1.1. Phylum PROTOZOA                            | 150 |

|             |                           |     |
|-------------|---------------------------|-----|
| 6.3.1.2     | Subregnul METAZOARE       | 151 |
| 6.3.1.2.1.  | Phylum PORIFERA           | 151 |
| 6.3.1.2.2.  | Phylum COELENTERATA       | 153 |
| 6.3.1.2.3.  | Phylum VERMES             | 153 |
| 6.3.1.2.4.  | Phylum BRYOZOA            | 154 |
| 6.3.1.2.5.  | Phylum BRACHIOPODA        | 154 |
| 6.3.1.2.6.  | Phylum MOLUSCA            | 155 |
|             | 1. Clasa PELECYPODA       | 155 |
|             | 2. Clasa GASTEROPODA      | 156 |
|             | 3. Clasa SCAPHOPODA       | 157 |
|             | 4. Clasa CEPHALOPODA      | 157 |
| 6.3.1.2.7.  | Phylum ARTHROPODA         | 158 |
|             | 1. Clasa TRILOBITA        | 159 |
|             | 2. Clasa MEROSTOMATA      | 159 |
|             | 3. Clasa CRUSTACEA        | 159 |
|             | 5. Clasa INSECTA          | 159 |
| 6.3.1.2.8.  | Phylum ECHINODERMATA      | 161 |
| 6.3.1.2.9.  | Phylum STOMOCHORDATA      | 162 |
| 6.3.1.2.10. | Phylum CHORDATA           | 162 |
|             | * Subordinul ANTHROPOIDEA | 164 |

#### Tema IV – Stratigrafie și geologie istorică

|        |                                |     |
|--------|--------------------------------|-----|
| 7.     | Elemente de stratigrafie       | 166 |
| 7.1.   | Scara timpului geologic        | 166 |
| 7.2.   | Ordonarea stratigrafică        | 169 |
| 7.3.   | Datarea stratigrafică          | 169 |
|        | 7.3.1 Metoda litostratigrafică | 170 |
|        | 7.3.2 Metoda biostratigrafică  | 170 |
| 7.4.   | Corelarea stratigrafică        | 171 |
| 8.     | Elemente de geologie istorică  | 173 |
| 8.1.1. | Era PRECAMBRIANĂ               | 173 |
| 8.1.2. | Era PALEOZOICĂ                 | 176 |
|        | 8.1.2.1. Perioada CAMBRIANĂ    | 177 |
|        | 8.1.2.2. Perioada ORDOVICIANĂ  | 178 |
|        | 8.1.2.3. Perioada SILURIANĂ    | 179 |
|        | 7.2.2.4. Perioada DEVONIANĂ    | 183 |
|        | 7.2.2.5. Perioada CARBONIFERĂ  | 186 |
|        | 7.2.2.6. Perioada PERMIANĂ     | 187 |
| 8.1.3. | Era MEZOZOICĂ                  | 192 |
|        | 7.2.3.1. Perioada TRIASICĂ     | 192 |
|        | 7.2.3.2. Perioada JURASICĂ     | 195 |
|        | 7.2.3.3. Perioada CRETACICĂ    | 198 |
| 7.2.4. | Era NEOZOICĂ                   | 203 |
|        | 7.2.4.1. Perioada PALEOGENĂ    | 204 |
|        | 7.2.4.2. Perioada NEOGENĂ      | 206 |
|        | 7.2.4.3. Perioada CUATERNARĂ   | 209 |
|        | <b>BIBLIOGRAFIE</b>            | 213 |

*“Civilizația există printr-un  
conșimțământ geologic, susceptibil  
de schimbare fără avertisment”*

*Will Durant*

## **Tema I**

# **Structura, geneza și fizica Pământului. Compoziția chimică și alcătuirea mineralo-petrografică a scoarței terestre**

### **1. INTRODUCERE**

Prinși cu grijile zilnice, abia dacă mai avem timp să reflectăm asupra condiției noastre de locuitori ai Planetei Albastre, condiție de care, din păcate, devenim brusc conștienți doar când mass-media, în special televizorul, ne prezintă imagini terifiante ale unor dezastră cum sunt: explozii vulcanice însoțite de curgeri de lave ce înghit de-a valma păduri, șosele și localități; nori de cenușă vulcanică întunecând pământul; prăpădul infricoșător lăsat în urma lor de cutremurele de pământ, urmate de efectele distrugătoare ale uriașelor valuri seismice (tsunami); imense curgeri de noroi și alunecări de teren plecate cu case și chiar localități întregi, înghițind în câteva clipe agoniseala de o viață a unor semeni ai noștri.

Aceleași surse mass-media ne anunță, din păcate din ce în ce mai rar, descoperiri de zăcămintă de petrol, gaze, cărbuni, aur, argint, fier, cupru și altele, fără de care însăși existența și progresul omenirii ar fi puse sub semnul întrebării. Tot de aici aflăm despre descoperirea resturilor fosile ale unor animale incredibil de mari cum au fost dinosaurii, precum și de progresele realizate în predicția unor fenomene catastrofale cum sunt cutremurele, exploziile vulcanice, alunecările de teren și altele asemenea. Toate aceste categorii de informații sunt

legate de alcătuirea, structura, evoluția și dinamica Pământului, elemente a căror cunoaștere se înscrie între preocupările majore ale GEOLOGIEI.

Simpla trecere în revistă a preocupărilor geologiei dovedește că aceasta este, în primul rând, o știință practică, profund implicată în progresul societății umane atât prin asigurarea materiilor prime minerale, cât și prin explicarea cauzelor și predicția fenomenelor de risc geologic, precum și prin elaborarea celor mai adecvate măsuri pentru reducerea efectelor acestora, de protejare a vieții oamenilor și a bunurilor lor materiale. Totodată geologia oferă răspunsuri privind evoluția Pământului și a vieții pe suprafața acestuia.

În acest context, cursul nostru își propune să contribuie la sporirea volumului de cunoștințe referitoare la tainele Planetei Albastre, ale studenților anului II de la Învățământul Deschis la Distanță, din cadrul Universității București. De asemenea, cursul poate fi utilizat și de studenții anului I ai Facultății de Geografie, precum și de toți cei interesați în probleme de geologie.

Comparativ cu un curs de geologie generală destinat învățământului cu frecvență, prezentul curs cuprinde și partea explicativă a lucrărilor practice: noțiuni de cristalografie; clasificarea și criteriile de recunoaștere a mineralelor; clasificarea rocilor magmatice, sedimentare și metamorfice; noțiuni privind elaborarea hărților geologice, a coloanelor stratigrafice și a secțiunilor geologice și generalități despre unele grupe de plante și animale fosile.

Ținând seama de faptul că învățarea geologiei fără lucrări practice este dificilă, pentru învățământul la distanță am introdus, la sfârșitul fiecărui capitol sau subcapitol important, o serie de scheme sintetice, termeni de reținut, exerciții și întrebări recapitulative, totul marcat cu simbolurile: ☞, ☺ și scris cu italice.

Studenții vor efectua exercițiile conform indicațiilor date în text, iar rezultatele acestora, însoțite de răspunsurile la întrebările recapitulative, vor fi date în scris (scris de mână cu cerneală sau pix și desenat cu creionul; nu se acceptă lucrări pe computer sau xerografiate) în dosare depuse la tutorele de curs în dimineața zilei examenului. Dosarele cu exerciții și răspunsuri sunt considerate referate și pentru acestea se va acorda o notă luată în calculul notei finale.

În scopul reținerii mai ușoare a termenilor importanți aceștia au fost culeși cu caractere separate: aldine (minerale, roci și alți termeni; d.ex. **calcit**, **calcedonie**, **granit**), aldine italice (grupe de organisme fosile, de exemplu *trilobiți*, *Lepidodendron* etc. ) și italice pentru unități și subunități geocronologice (*Cretacic*, *Neogen* ).

Pentru studenții dornici să cunoască mai mult au fost inserate paragrafe și chiar subcapitole culese cu litere mici, acestea constituind lecturi suplimentare.

## **1.1.DEFINITII, OBIECTIVE, DISCIPLINE GEOLOGICE**

Termenul “geologie” a fost utilizat pentru prima dată în anul 1475 de episcopul francez RICHARD de BURY în lucrarea sa “**Phylobiblion**” și se referea la științele pământești, în opoziție cu “teologia” sau știința despre cele cerești, despre divinitate. Etimologia cuvântului geologie derivă din cuvintele grecești **Ghe = Pământ și logos= știință**, așadar știința despre Pământ.

Obiectivele principale ale geologiei sunt: cunoașterea compoziției chimice, a alcătuirii mineralogo-petrologice și a structurii corpurilor geologice, precum și a raporturilor dintre acestea; cunoașterea forțelor care au determinat aceste raporturi și a modului cum au acționat și s-au desfășurat ele în decursul timpului; stabilirea criteriilor de distribuție în scoarța terestră a diferitelor zăcăminte de substanțe minerale necesare dezvoltării societății și, nu în ultimul rând, descifrarea modului cum a apărut și evoluat viața pe Pământ.

Complexitatea alcătuirii și structurii Pământului și a proceselor și fenomenelor ce se desfășoară în scoarța terestră a determinat diversificarea disciplinelor geologice și, uneori, dezvoltarea acestora într-o asemenea măsură încât unele dintre ele au devenit, științe de sine stătătoare. Dintre principale ramuri și domenii ale geologiei menționăm:

- **Cristalografia** studiază forma și structura internă a cristalelor, cea mai frecventă formă de prezentare a mineralelor;
- **Mineralogia** se ocupă cu descrierea, stabilirea compoziției chimice, clasificarea și geneza mineralelor;
- **Petrologia (=Litologia)** are ca obiective stabilirea alcătuirii mineralogice, descrierea, clasificarea și geneza rocilor;
- **Sedimentologia** se ocupă de cercetarea mediilor depoziționale actuale și înțelegerea, prin prisma cunoașterii acestora, a modului de formare a sedimentelor și rocilor din trecut;
- **Geochemia** urmărește criteriile de distribuție în scoarța terestră a elementelor chimice;
- **Geologia structurală și tectonica** au în vedere studiul formelor de zăcământ și structura internă a corpurilor de roci, raporturile dintre ele și mișcările și deformările la care au fost supuse acestea;

➤ **Paleontologia** se ocupă cu studiul resturilor fosile ale organismelor vegetale (**paleobotanica**) și animale (**paleozoologia**) din trecutul geologic, precum și cu reconstituirea condițiilor de mediu în care au trăit acestea (**paleoecologia**).

➤ **Paleogeografia** reconstituie evoluția uscatului și a mărilor în decursul timpului geologic;

➤ **Stratigrafia și geologia istorică** stabilesc reperele cronologice ale evoluției vieții și ale desfășurării proceselor geologice;

➤ **Hidrogeologia** studiază compoziția chimică, geneza și distribuția apelor subterane;

➤ **Geologia inginerască și geotehnica** analizează caracteristicile terenurilor în vederea amplasării diverselor construcții, studiază comportamentul rocilor utilizate în construcții și stabilesc metodele pentru asigurarea stabilității terenurilor

➤ **Geologia economică și geologia zăcămintelor (Gitologia)** se ocupă cu identificarea, descrierea, clasificarea și stabilirea criteriilor de distribuție spațială a zăcămintelor de substanțe minerale și calculul rezervelor și resurselor minerale;

➤ **Geologia mediului**, o ramură mai recentă, urmărește identificarea ariilor de risc geologic (seismic, vulcanic etc.) și stabilirea celor mai adecvate măsuri pentru reducerea efectelor acestora, are în vedere protecția mediului geologic.

În raport cu toate acestea **geologia generală** reprezintă o disciplină cu caracter de sinteză și conține generalități din principalele domenii ale geologiei. În mod frecvent, prin geologie generală numeroși autori înțeleg doar geologia fizică, însă așa cum o definesc JUDSON et al. (1976) aceasta trebuie să cuprindă două părți: **geologia fizică** și **geologia istorică**, însă conținutul **geologiei fizice** diferă de la autor la autor (d.ex. V.LĂZĂRESCU, 1980; C. W. MONTGOMERY, 1993 și B-P. DRAGOMIR, 1994). În acest context, ținând seama de beneficiarii cursului, considerăm necesară prezentarea metodelor de cercetare în geologie, a structuri, genezei și fizicii Pământului, a compoziției chimice și alcătuirii mineralo-petrografice a scoarței terestre și a principalelor elemente de geologie structurală. În cadrul părții rezervate geologiei istorice, după sumare elemente de paleontologie și stratigrafie am prezent succint caracterizarea biologică, litologică, orogenică și paleogeografică a fiecărei perioade din istoria Pământului.



## 1.2. RELAȚIILE GEOLOGIEI CU ALTE ȘTIINȚE

În mod firesc, geologia singură nu poate răspunde la numeroasele probleme puse de compoziția, structura, evoluția Pământului și multe altele, pentru rezolvarea cărora apelează la cunoștințele și metodele altor științe cu care intră în relație, așa cum sunt: chimia, fizica, geografia, biologia și astronomia; din interferența cu acestea rezultă științele de graniță: geochimia, geofizica, geomorfologia, paleobiologia și planetologia (fig. 1.1).

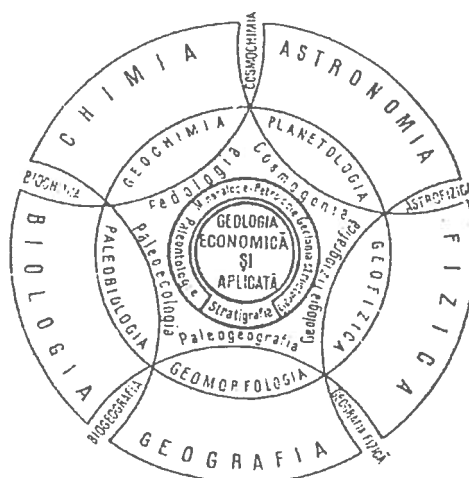


Fig. 1.1 - Schema relațiilor geologiei cu alte științe (după B.Dragomir, 1994)

## 1.3. REPERE ÎN ISTORIA GEOLOGIEI

Începutul cunoașterii empirice a alcătuirii scoarței terestre este sincron cu apariția omului, care a folosit ca prime unelte pietrele din văile râurilor în timpul așa numitei “culturi de prund”. Încetul cu încetul omul a învățat să găsească pietre care se sparg după muchii ascuțite (silexuri, cremene, jaspuri, obsidian etc.) bune de confecționat mai întâi, în **Paleolitic**, unelte cioplite (cuțite, răzuitoare etc.) și ulterior, în **Neolitic**, unelte din piatră frumos șlefuite, prilej cu care a descoperit abrazivii naturali: nisipurile și gresiile cuarțoase.

Pe măsura evoluției comunităților umane și a diviziunii muncii s-a diversificat și gama de materii prime utilizate de oameni. Astfel descoperirea ceramicii a făcut necesară găsirea de argile bune de modelat, apoi a pigmenților

pentru colorat (oxizi și hidroxizi de fier, mangan etc.), iar apariția și dezvoltarea agriculturii a determinat găsirea de pietre cu anumite calități (duritate, finețe) pentru fabricarea râșnițelor de măcinat. Creșterea colectivităților umane și dezvoltarea păstoritului au impus găsirea unor acumulări de sare sau a unor tehnici de a o obține din evaporarea apei de mare sau din izvoarele sărate.

A urmat descoperirea metalelor, mai întâi a celor native (**cupru, aur, argint**) sau a celor din meteoriți (**fier**) și apoi a celor din minereuri. Oamenii și-au făcut unelte, arme și podoabe, mai întâi din **cupru**, apoi din aliajul acestuia cu cositorul (**epoca bronzului**) și mai târziu au învățat să reducă minereul de fier (**epoca fierului**) și în felul acesta au apărut căutătorii de minereuri, primii “geologi prospectori”.

Pentru construirea de temple, cetăți, locuințe au fost necesare cunoștințe empirice despre rezistența și posibilitățile de prelucrare ale rocilor și găsirea lor. Așadar, putem afirma că originea preocupărilor “geologice” se pierde în negura preistoriei și că pe măsură ce societatea umană a evoluat, necesarul de materii prime minerale a crescut și s-a diversificat, determinând creșterea interesului pentru cunoașterea metodelor de descoperire a substanțelor minerale utile.

În căutările lor pentru diverse minerale și roci oamenii antichității au început să-și pună o serie de întrebări în legătură cu distribuția și chiar modul de formare a acestora. Astfel, XENOFAN din Colofon (**aprox. 540 î.H.**), găsind scoici în pietrele de pe vârful munților, a presupus că acolo a fost cândva fund de mare, în acest fel s-a conturat ideea unor importante modificări ale reliefului în decursul timpului, idee preluată și de ARISTOTEL.

În secolul al XV-lea, LEONARDO DA VINCI a fost autorul primei schițe de afloriment cu strate de roci și totodată susținătorul ideii conform căreia fosilele sunt scheletele animalelor care au trăit cândva pe fundul mării și nu “**ludus naturae**” (= jocuri ale naturii), așa cum se considerau până la el.

Au urmat lucrările lui G. BAUER-AGRICOLA de la începutul secolului al XVI-lea referitoare la clasificarea, proprietățile și metodele de extracție a mineralelor utile cunoscute și utilizate pe vremea sa. În a doua jumătate a secolului următor N. STENO afirmă că rocile sedimentare s-au depus în strate orizontale, stratul cel mai de jos fiind și cel mai vechi, definind astfel **principiul superpoziției stratelor** și marcând un prim pas spre evoluționism.

La mijlocul secolului al XIX-lea G. BUFFON a publicat “**Teoria Pământului**” în care a emis prima ipoteză cosmogonică.

L. von BUCH și J. HUTTON (1788) au fost promotorii **concepției plutoniste** în geologie, concepție conform căreia forțele termice din interiorul Pământului constituie cauza principală a fenomenelor geologice. Opus acestei, **concepția neptunistă**, elaborată de A. WERNER și adepții săi, admitea că acțiunea mării a fost motorul fenomenelor geologice.

În anul 1812 G. CUVIER a emis “**teoria catastrofistă**” conform căreia pe Pământ au avut loc mai multe catastrofe urmate de noi acte de creație.

Din acumularea și coroborarea unui mare număr de informații, pas cu pas s-a conturat **conceptul evoluționist** după care scoarța terestră și viața de pe ea au fost supuse unei lungi și ireversibile evoluții, concept susținut printre primii de K. von HOFF și J. HUTTON. Concepția evoluționistă a fost adoptată apoi și de J.B. LAMARK și CH. LYELL, cel care a formulat **principiul actualismului**, dar mai ales de CH. DARWIN care a elaborat **teoria evoluției speciilor**.

Mijlocul secolului al XIX-lea, numit și “**vârsta de aur a geologiei**”, s-a caracterizat printr-o explozie informațională în cadrul căreia s-au conturat numeroase idei valoroase emise de o pleiadă de geologi dintre care amintim: E. de BEAUMONT, J.H. PRATT, G. AIRY și J. DANA. Apoi, la începutul secolului al XX-lea s-au remarcat E. HAUG, A. WEGENER și mulți alții.

Datorită dezvoltării fără precedent a industriei, tehnologiei și implicit a tehnicilor și metodelor de investigare, dar și a evidentelor progrese în gândirea geologică, în cea de a doua jumătate a secolului al XX-lea, mai precis începând cu anii ‘60, are loc o adevărată **revoluție în geologie** al cărui rezultat principal îl constituie elaborarea **teoriei tectonicii globale**, teorie cu **caracter fundamental** în cunoașterea structurii și evoluției Pământului. Principalii cercetători implicați în elaborarea acestei teorii îi vom aminti în capitolul dedicat acestei teorii.

În **România**, școala geologică a fost întemeiată de primii profesori de geologie GRIGORE COBĂLCESCU și GRIGORE ȘTEFĂNESCU de la universitățile din Iași (1862) și București (1864). Cercetarea geologică românească a primit un impuls în anul 1906, odată cu înființarea Institutului Geologic al României, al cărui prim director a fost LUDOVIC MRAZEC, cel care a introdus noțiunea de “cute diapire” și a explicat mecanismul formării lor.

La cunoașterea geologiei teritoriului țării au contribuit numeroși geologi de prestigiu cum au fost: MATEI DRAGHICEANU, SAVA ATHANASIU, GHEORGHE MUNTEANU-MURGOCI, SABBA ȘTEFĂNESCU, ION POPESCU VOITEȘTI, IOAN SIMIONESCU, GHEORGHE MACOVEI, MILTIADE FILIPESCU, ION BĂNCILĂ, ALEXANDRU CODARCEA,

GEORGE MURGEANU, VIRGIL IANOVICI, DAN GIUȘCĂ, NICOLAE ONCESCU, EMILIA SAULEA, GRIGORE RĂILEANU, NICOLAE GRIGORAȘ, ION DUMITRESCU, DAN PATRULIUS, VASILE LĂZĂRESCU și alții.

## 2. METODE ȘI PRINCIPII DE LUCRU ÎN GEOLOGIE

În mod similar altor științe și în geologie se folosesc atât metode de cercetare inductivă, cât și metode deductive, dar metodele în sine și mai ales principiile de bază sunt specifice geologiei.

### 2.1. METODE DE CERCETARE INDUCTIVĂ

Cercetarea inductivă presupune acumularea unui număr cât mai mare și mai complet de date geologice punctiforme, cu distribuție relativ omogenă într-o regiune dată. Pe baza acestor informații, prin generalizare, se obține o imagine de ansamblu asupra alcătuirii și distribuției corpurilor geologice și a raporturilor dintre acestea. Practic, aceasta metodă constă în trecerea de la premise particulare la concluzii cu caracter general.

#### 2.1.1. METODE DIRECTE

Cercetarea geologică a oricărui teritoriu începe prin observare directă pe teren, descrierea sistematică a corpurilor de roci și stabilirea raporturilor spațiale dintre ele. Toate aceste operațiuni se fac în **puncte de observație** unde rocile din subsol apar la zi în deschideri naturale denumite **aflorimente**, mai frecvente pe văile râurilor (de ex. vezi versanții Văii Prahova în amonte de Câmpina), pe crestele munților, dar găsimu-se și pe culmile dealurilor și pe versanții acestora, în râpile de desprindere ale alunecărilor de teren și în multe alte locuri. În zonele de câmpie, dar și în cele de deal și munte acoperite cu depozite recente eluviale, coluviale, proluviale și aluviale, care maschează rocile din subsol, se impune înlăturarea (**descopertarea**) acestora, pe mici suprafețe, prin deschideri artificiale (șanțuri, puțuri și galerii, într-un cuvânt prin lucrări miniere) pentru accesul la “**roca vie**”, nealterată.

Aplicarea metodelor de cercetare directă constă în culegerea și sistematizarea informațiilor de teren, prelucrarea datelor în laborator și foarte rar în efectuarea de experiențe.

Pentru **activitatea de teren** geologul are nevoie de:

- **harta topografică** a regiunii la o scară corespunzătoare scopului urmărit (mai frecvent sunt utilizate hărți la scări cuprinse între 1:50.000 și 1:5.000);
- **ciocanul geologic** cu ajutorul căruia sunt sparte rocile pentru a le cerceta în spărtură proaspătă; cu același ciocan se poate curăța pătura de alterare de pe suprafața deschiderilor naturale;
- **carnet de teren** pe care sunt trecute ordonat toate informațiile obținute prin observații de teren privind diferite corpuri geologice și relațiile dintre ele;
- **busola geologică** folosită la determinarea direcției și înclinării straturilor de roci, fisurilor și planurilor de falie, dar și pentru orientarea pe teren;
- **dispozitiv special de orientare prin satelit (GPS)** pentru determinarea automată a poziției în spațiu a punctelor de observație de pe teren și amplasarea lor pe o hartă aflată la sediul instituției de cercetări;
- **altimetru** pentru stabilirea altitudinii, parametru necesar orientării mai ales în zonele montane împădurite;
- **rigla** de 0,3 m și **ruleta** de 2- 25 m pentru diverse măsurători;
- **lupe** cu putere de mărire de 3 X - 5 X;
- **sticluța cu acid clorhidric 10 %** pentru determinarea prezenței în roci a carbonatului de calciu care face efervescentă cu acest acid;
- **briceag** multifuncțional utilizat la detașarea fosilelor, aprecierea durității unor minerale etc.;
- **aparat de fotografiat** pentru fotografierea fosilelor dificil de detașat din roci, a aflorimentelor și a peisajelor;

### 2.1.2. CERCETĂRI DE LABORATOR

Odată cu efectuarea observațiilor de teren sunt prelevate probe pentru diferite analize de laborator :

- analize mineralogice și petrografice efectuate la microscop pe secțiuni subțiri sau secțiuni șlefuite prin roci;
- analiza paleontologică a fosilelor recoltate din depozitele studiate;
- analiza granulometrică a rocilor detritice;

- analize chimice, spectrografice, termodiferențiale, în radiații X etc.;
- determinări fizico-mecanice : densitate, porozitate și multe altele.

Pentru efectuarea cercetărilor de laborator sunt utilizate aparate speciale: microscopie cu lumină polarizată, stereomicroscopie, microscopie biologică, microsonde, spectrometre, aparatură modernă pentru analize chimice cantitative și multe altele.

Cercetările de laborator pot cuprinde și un număr restrâns de **experimente** la scară foarte mică în comparație cu fenomenele geologice cum sunt cele privind topirea și consolidarea rocilor, cutarea și rezistența la rupere a rocilor și altele.

### 2.1.3. METODE INDIRECTE

În cercetarea geologică metodele indirecte se bazează pe interpretarea unor informații obținute prin: teledetecție, măsuratori geofizice, geodezice și geochimice.

**Teledetecția** utilizează **aerofotograme** făcute de la mari altitudini sau din satelit, în diferite spectre de lumină, prin analiza cărora specialiștii pot identifica structuri geologice (cute, falii etc.), acumulări de substanțe minerale (**petrol, gaze, minereuri** etc.).

Dintre metodele geofizice menționăm:

➤ **Gravimetria** utilizată în studiul variației câmpului gravitațional al Pământului și determinarea anomaliilor acestuia: **negative**, în cazul prezenței în subsol a corpurilor geologice cu densitate mică, de ex., acumulările de **sare și săruri de potasiu și pozitive**, produse de existența în subsolul sectorului cercetat a unor acumulări de minerale sau roci cu densitate mare ( **granite, gabbrouri, zăcăminte de magnetit** etc ).

➤ **Magnetometria** studiază câmpul magnetic terestru și conturează anomaliile magnetice legate de prezența în subsol a unor acumulări de roci cu proprietăți magnetice, de exemplu, acumulările de **magnetit** ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ), un foarte bun minereu de fier.

➤ **Seismometria** utilizează proprietățile undelor elastice provenite din explozii provocate intenționat sau de la cutremurele de pământ, unde ce se reflectă de diferite planuri geologice (suprafețe de strat cu schimbare de densitate, planuri de falie etc.) și permit descifrarea structurii geologice la mari adâncimi. Aceste unde își schimbă viteza odată cu schimbarea densității rocilor, ceea ce permite descifrarea structurii Pământului.

➤ **Radiometria**, bazată pe emisiunile de radiații ale rocilor și mineralelor bogate în elemente radioactive, conduce la identificarea acumulărilor de **uraniu**, **thoriu** etc. și este utilizată cu succes în carotajul radioactiv pentru stabilirea coloanei stratigrafice a succesiunii de depozite străbătute de un foraj.

➤ **Termometria** studiază fluctuațiile termice din scoarța terestră. Apariția unor anomalii termice indică existența unor “**roci fierbinți**” ce pot constitui sursa de energie pentru încălzirea unor ape utilizate în scopuri balneoterapeutice sau termoenergetice ori pot fi preludiul unor fenomene vulcanice.

➤ **Electrometria** studiază modificările în câmpul electric (rezistivitate, potențial spontan etc.) și ajută la descifrarea structurii geologice și prin investigarea geofizică a găurii de sondă face posibilă stabilirea coloanei litologice a formațiunilor străbătute de foraje, identificarea unor limite geologice, a acviferelor de adâncime, a stratelor de cărbuni, petrol etc.

Prin **măsurători geodezice** de mare precizie, utilizând sateliții, poate fi determinată viteza de ridicare sau de coborâre a unei regiuni și prevăzută evoluția acesteia.

**Metoda geochimică** are în vedere identificarea anomaliilor conținuturilor în elemente urmă ( **U, Th, Ti, Zr, Co, Cr** etc.) sau chiar a elementelor mai frecvente în scoarță și necesare în diferite industrii (**Mn, Cu, Fe** etc.), anomalii legate de prezența în subsol a diferitelor substanțe minerale utile.

## **2.2. METODE DE CERCETARE DEDUCTIVĂ**

Deduția este forma de raționament prin care, pornind de la general (universal) se ajunge la particular. Cercetarea deductivă în geologie este utilizată în special pentru cunoașterea și reconstituirea proceselor ce au avut loc în trecutul Pământului.

De exemplu, cunoscând că stratele de roci s-au format prin acumulare pe fundul unor bazine de sedimentare în poziție orizontală, atunci când sunt cutate sau faliat deducem că, ulterior depunerii lor, acestea au fost supuse unor mișcări tectonice care au determinat cutarea sau falierea.

Pentru reconstituirea istoriei geologice, deducțiile au în vedere următoarele trei principii:

**1. Principiul superpoziției stratelor**, conform căruia într-o succesiune

de strate depuse în continuitate de sedimentare și nedislocate din poziția inițială sau slab dislocate, stratul din baza unei succesiuni este și cel mai vechi ( fig.2.1-A ). Pe baza acestui principiu se stabilește vârsta relativă a stratelor și raporturile temporale privind formarea lor, totul deducându-se din raporturile spațiale ale acestora.

Evident, în cazul în care succesiunea depozitelor este răsturnată datorită cutărilor (fig.2.1-B) stabilirea vârstei relative are în vedere mai întâi reconstituirea poziției inițiale pe baza poziției anumitor structuri ale stratelor cum sunt hieroglifele plasate întodeauna la partea inferioară a stratelor, granoclasarea etc.

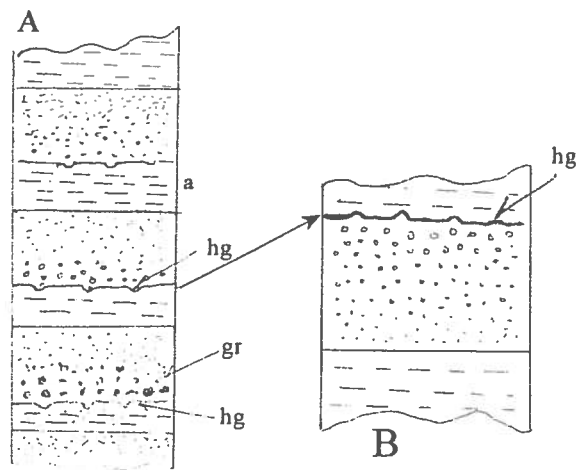


Fig. 2.1 – Segment de coloană litostratigrafică (A) reprezentând o alternanță de strate de de argile (a) cu strate de gresii microconglomeratice (gr) cu hieroglife (hg) la partea inferioară; B- hieroglifele la partea superioară vizibile în segmentul de coloană litostratigrafică răsturnată .

**2. Principiul evoluției organismelor** presupune că stratele care cuprind resturile fosile ale unui anumit grup de organisme cu o organizare mai simplă sunt mai vechi decât stratele ce conțin fosilele aceluiași grup, dar cu o organizare mai complexă. Un exemplu tipic îl constituie evoluția liniei lobare la cochilia de amonoidee, animale marine cu cochilie predominant planspirală, compartimentată în loje prin septe, al căror contact cu cochilia formează așa numita **linie lobară** (fig.2.2.), relativ simplă la **goniatiti** ( G ) din Paleozoicul târziu, mai complexă la **ceratiti** ( C ) din Triasic și foarte complicată la **amoniți** ( A ) din Jurassic și Cretacic.



Fosilele pe baza cărora se stabilește vârsta relativă a depozitelor se numesc **fosile index**, însă nu toate fosilele pot fi utilizate în acest scop. Fosile index pot fi numai cele ale speciilor cu existență scurtă și arie de răspândire mare.

Speciile care s-au menținut fără modificări în decursul unor intervale largi de timp nu pot fi utilizate decât pentru stabilirea mediului de depunere (marin, continental, lacustru etc.) și a caracteristicilor fizico-chimice ale mediului; acestea sunt **fosilele de facies**.

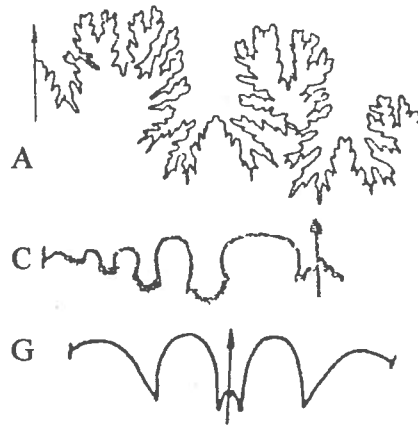


Fig.2.2 - Evoluția liniei lobare la goniatitiți de vârstă paleozoică superioară (G), ceratitiți triasici (C) și amoniții cretacici (A).

**3. Principiul actualismului** se bazează pe premisa conform căreia în trecutul geologic au acționat aceleași forțe (cauze) care acționează și în prezent și au produs aceleași efecte. Deci cunoașterea cauzelor și a efectelor fenomenelor geologice actuale constituie cheia pentru descifrarea și înțelegerea proceselor din trecutul geologic. Un exemplu clasic în acest sens este cel al calcarelor recifale în care pot fi identificate, printre altele, și resturi fosile de hexacoralieri. Ținând seama de faptul că în prezent hexacoralierii trăiesc în mări tropicale, cu temperatura medie anuală de peste 20°C și cu salinitate normală, în apropierea țărmurilor (zona neritică) până la adâncimi de 50 m, cu ape limpezi, agitate și bine aerisite, în baza principiului actualismului presupunem că masivele de calcar recifal s-au format în condiții de mediu asemănătoare.

Evident, condițiile din trecut n-au fost într-un totu identice celor de astăzi, deosebiriile dintre prezent și trecut accentuându-se pe măsură ce ne raportăm la intervale de timp mai îndepărtate. În trecut au putut exista și alte cauze a căror acțiune a încetat în prezent, iar organismele și-au putut modifica cerințele față de

mediu. Așadar, acest principiu trebuie aplicat cu prudență și, dacă se poate, în corelare cu alte surse de informații.

### SCHEMĂ SINTETICĂ, TERMENI IMPORTANȚI

Metode de cercetare: **inductive** (de la particular la general), **directe, pe teren** ( puncte de observație, "roca vie" (= roca nealterată), afloriment, descoperțare, șanțuri, puțuri, galerii, hartă, ciocan geologic, busolă, altimetru, dispozitiv GPS, lupă, HCl 10 %, carnet de teren); **în laborator** (analize: mineralogice, paleontologice, gramulometrice, chimice, spectrografice, în raze X, termodiferențiale, microscopie în lumină polarizată); **indirecte**: teledeteție (fotografii de la mari altitudini și sateliți), metode geofizice (gravimetrie, magnetometrie, seismometrie, radiometrie, termometrie – roci fierbinți, electrometrie, diagrapia găurii de sondă), geochimie); **deductive**, principii: 1.- al superpoziției stratelor (vechi – jos, nou - sus), 2.- al evoluției organismelor (mai puțin evolute = mai vechi), 3- actualismului (aceleași cauze, aceleași efecte și în trecut și astăzi).

### EXERCIIII ȘI INTREBĂRI RECAPITULATIVE:

1. Presupunem că într-un afloriment cu argile pliocene ați găsit un fruct de Trapa (=castan de baltă). Ce puteți spune despre caracteristicile mediului în care s-a înședimentat fructul ? Utilizați indicațiile ecologice date de A.BELDIE (1977, vol.I, p.368 "Flora României").
2. Care sunt principalele unelte și instrumente utilizate de geolog pe teren ?
3. Cum poate fi identificată prezența în subsolul unei zone a diferitelor acumulări de substanțe minerale ?

### 3. STRUCTURA, GENEZA ȘI FIZICA PĂMÂNTULUI

Cunoașterea structurii interne a Pământului furnizează informații privind geneza acestuia și explică, în mare măsură, proprietățile sale fizice.

#### 3.1. STRUCTURA INTERNĂ A PĂMÂNTULUI

Cercetarea inductivă a structurii Pământului prin metode directe este posibilă numai pe adâncimi mici, ne semnificative în raport cu dimensiunile acestuia, în schimb metodele indirecte, în special seismometria, dar și cercetarea deductivă permit formarea unei imagini credibile asupra structurii interne a planetei noastre.

##### 3.1.1. SURSE DE INFORMAȚII

Pentru stabilirea structurii Pământului se folosesc surse de informații diverse: studiul undelor seismice, studiul compoziției chimice și alcătuirii mineralogice a meteoriților și observații directe.

1. **Studiul undelor seismice** rezultate în urma cutremurelor sau a unor explozii produse în scop de cercetare. Dintre undele seismice, undele primare (P) străbat întreg globul, în schimb cele secundare (S) nu pot traversa mediile lichide, motiv pentru care nu apar în nucleu extern. Ambele tipuri de unde își schimbă viteza de propagare atunci când trec de la un mediu cu o densitate mai mică la unul cu densitate mai mare (fig.3.1), permițând astfel identificarea mai multor suprafețe de discontinuitate denumite după numele geofizicienilor care le-au pus în evidență; dintre acestea mai importante sunt:

- **MOHORVIČIĆ**, prescurtat **M**, situată la **3 - 80 Km**, adică la baza litosferei superioare (scoarței terestre = crustei),
- **GUTTENBERG - WICHERT**, pusă în evidență la **2900 Km**, unde marchează limita dintre manta și nucleu,
- **LEHMAN** identificată la **5100 - 5200 Km**, între nucleul extern și cel intern.

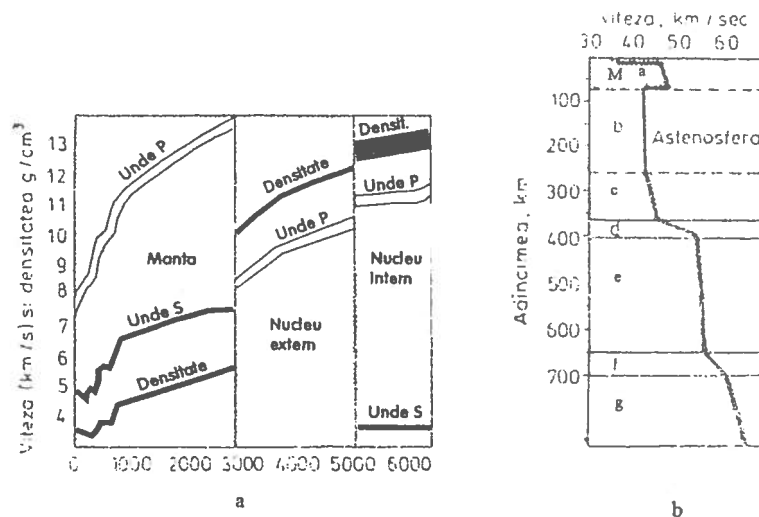


Fig. 3.1 – (a) Variația vitezei undelor P și S și a densității, în raport cu adâncimea și (b) variația vitezei undelor S pentru primii 900 Km adâncime. (după Fr.Press et R.Siever, 1974, din V.Lăzărescu, 1980)

2. **Observațiile directe** privind rocile din scoarța terestră sunt efectuate de geologi pe carotele extrase din forajele adânci, așa cum este cel din Peninsula Kola, care a ajuns la **10 Km**. In unele cazuri, datorită orogenezei sunt ridicate spre suprafață și apoi erodate roci formate la adâncimi de **30-40 Km** și pot fi cercetate prin metode directe.

3. **Studiul meteoriților** a condus la identificarea următoarelor trei tipuri principale, deosebite între ele prin: densitate, compoziție chimică și alcătuire mineralogo-petrografică:

- **Sideritici**, cu densitate foarte mare, alcătuiți din Fe, Ni și carburi de Si, Al, Fe, Mg, Ca etc.
- **Siderolitici**, cu densitate mai mică decât cei sideritici, dar constituiți din roci metalo-silicatică (v.M.ȘECLĂMAN et al.,1999) în care predomină Fe și Mg,
- **Litici sau pietroși** cu densitatea cea mai mică și alcătuiți, după aceiași autori, din două grupe de roci: silicatică holocristaline, mai ales din **olivină** și **piroxeni** și silicatică vitroasă sau **chondrite**.

Pomind de la ipoteza că acești meteoriți provin din distrugerea unei planete, unii autori presupun că și planeta Pământ este alcătuită în mod similar, adică are: un nucleu dens din Ni și Fe similar meteoriților sideritici; un inveliș intermediar numit manta, cu compoziție apropiată meteoriților siderolitici și un

inveliș exterior denumit crustă, asemănător meteoriților litici. Această ipoteză este cu atât mai atrăgătoare, cu cât metoda seismică arată fără echivoc distribuția materiei terestre după densități.

### 3.1.2. STRUCTURA INTERNĂ

În urma coroborării tuturor informațiilor provenite din sursele menționate anterior geologii au ajuns la concluzia că Pământul este alcătuit din mai multe sfere concentrice (fig.3.2) caracterizate prin densități diferite și separate între ele prin suprafețe de discontinuitate reflectate de modificări ale vitezei undelor seismice primare (P) și secundare (S).

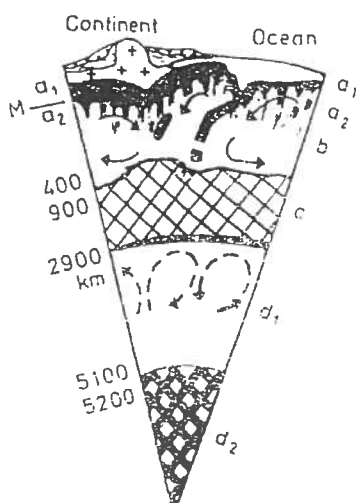


Fig.3.2 – Concepția actuală privind structura Pământului:  $a_1$  - litosfera superioară (= crusta);  $a_2$  - litosfera inferioară separată de crustă prin suprafața M; b - astenosfera, cu porțiuni de plăci subduse și curenți de convecție termică; c - mezosfera, cu eventuale bombamente;  $d_1$  - nucleul extern cu curenți de convecție și  $d_2$  - nucleul intern, solid cu materie metalizată (după V.Lăzărescu, 1980).

- **LITOSFERA SUPERIOARĂ (crusta sau scoarța terestră)** începe de la suprafața Pământului, ajunge la **80 km** sub continente și la **5-6 Km** sub oceane și este delimitată la partea ei inferioară prin suprafața de discontinuitate M.

Litosfera continentală este alcătuită din următoarele trei pături:

- **Pătura sedimentară** s-au **stratisfera** de la **0 la 15 Km** grosime,
- **Pătura granitică** cu o grosime **10 la 15 Km** în platforme vechi și **30 – 40 Km** sub catenele muntoase,
- **Pătura bazaltică** de **15 - 20 Km** grosime.

Litosfera de pe fundul ocelor cuprinde doar:

- **Pătura sedimentară** cu grosimi de **300 - 2000 m** și
- **Pătura bazaltică** groasă de **5- 6 Km**.

- **LITOSFERA INFERIOARĂ** sau **mantaua superioară**, alcătuită din roci ultrabazice rigide cu grosimi cuprinse între **30** și **150 Km** și densități de **3,3 - 3,5 gr/cm<sup>3</sup>**,
- **ASTENOSFERA** în care materia se află în apropierea limitei dintre solid și lichid, stare cunoscută sub numele de **solidus**, plasată la adâncimi cuprinse între **150** și **400-900 Km** și caracterizată prin formarea în interiorul ei a unor **curenți de convecție**. În astenosferă topiturile magmatice reprezintă **maximum 2%**, de unde rezultă că magma nu constituie o pătură continuă. Numele acestei geosfere derivă din (a = fără și stenos = putere), denumire datorată reducerii vitezei undelor S la traversarea ei.
- **MEZOSFERA** sau **mantaua inferioară** cuprinsă între **400-900** și **2900 Km** și formată din silicați feromagnezieni și sulfuri de Cr, Ni, Fe,
- **NUCLEUL EXTERN** situat între **2900** și **5100 Km** adâncime, este lichid, fapt dovedit de imposibilitatea străbaterii sale de undele seismice secundare (S). Datorită stării lichide în nucleul extern se formează **curenți de convecție**.
- **NUCLEUL INTERN**, cuprins între **5100 Km** și centrul Pământului, este alcătuit din Ni și Fe și are densitatea cuprinsă între **11** și **15 gr/cm<sup>3</sup>**.

### 3.1.2. STRUCTURA INTERNĂ ȘI TECTONICA GLOBALĂ

Legăturile între structura internă și geotectonică sunt de domeniul evidenței și nu necesită o analiză specială. Cu toate acestea, ținând seama de importanța tectonicii globale în înțelegerea proceselor și fenomenelor care au condus la formarea principalelor tipuri de roci din alcătuirea litosferei terestre, am considerat necesară o sumară prezentare și aici a acestui concept.

Conform tectonicii globale litosfera este împărțită în șapte mari blocuri rigide, denumite plăci tectonice majore, separate între ele prin dorsale oceanice, zone de subducție și falii transformante. La rândul lor plăcile majore sunt divizate în plăci intermediare și microplăci. Plăcile pot avea în alcătuirea lor crustă continentală, oceanică sau mixtă.

Prin dorsalele oceanice ies la suprafață magme bazice provenite din astenosferă, iar consolidarea lor în benzi simetrice în raport cu axa dorsalei

determină expansiunea fundului oceanic și mișcarea divergentă a plăcilor. În mișcarea plăcilor sunt implicate și ramurile orizontale ale curenților de convecție din astenosferă (fig.3.3) formați ca urmare a diferențelor de temperatură și densitate din interiorul acestei geosfere. Curenții de convecție sunt considerați ca fiind “motorul” tectonicii plăcilor.

În zonele marginale ale unora dintre plăcile tectonice, în așa numitele fosse oceanice, se produce subducția, proces constând în intrarea unei plăci sub o alta de-a lungul unui plan de subducție (plan Benioff) până când placa subdusă se consumă prin “topire” în astenosferă.

Faliile transformante sunt rupturi în lungul cărora plăcile litosferice alunecă una față de cealaltă paralel cu direcția planului rupturii. În mod frecvent falile transformante au orientare latitudinală.

Mișcarea plăcilor tectonice pe astenosferă a determinat: deriva continentelor, formarea munților (orogenezele), seismele telurice, vulcanismul zonelor de subducție și din dorsalele oceanice, seismele telurice, distribuția zăcămintelor metalifere și multe altele.

Menționăm că există și un vulcanism al “zonelor fierbinți” (*hot spots*) distribuit în diferite puncte pe continente sau pe plăcile oceanice, dar fără legătură cu zonele de subducție sau cu dorsalele oceanice. Cauzele acestui vulcanism nu sunt pe deplin elucidate (v. MOTGOMERY, 1993), dar se pare că provin din topituri cu originea în mezosferă.

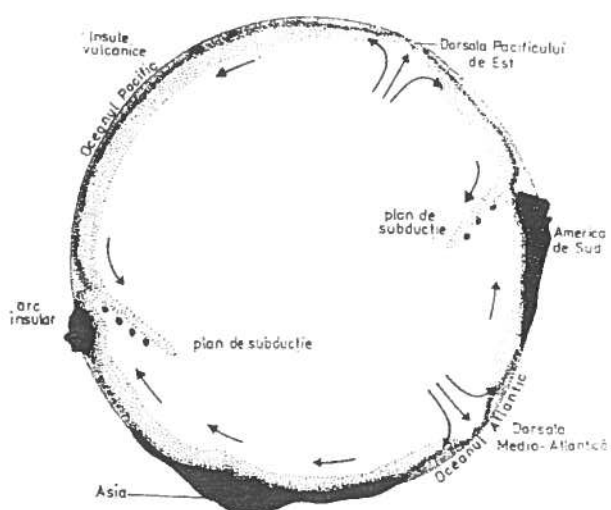



Fig.3.3 - Secțiune transversală prin Pământ din care rezultă că plăcile formate în dorsalele (atlantică și pacifică) se consumă în cele două zone de subducție ce mărginesc Pacificul. Săgețile indică mersul curenților de convecție din astenosferă (după UYEDA, 1972 din BLEAHU, 1983).

 SCHEMA SINTEȚICĂ, TERMENI IMPORTANȚI:

*Structura Pământului; surse de informație: undele seismice (primare, secundare, schimbarea densităților, suprafețe de discontinuitate: Mohorovicic, Guttemberg-Wichert, Lehman); observații directe, 10 Km foraje adânci, orogeneză-eroziune (30-40 Km); meteoriți (sideritici, siderolitici, litici = pietroși), ipoteza planetei distruse; structura Pământului: litosfera superioară (continentală - pături: sedimentară, granitică, bazaltică; marină - pături: bazaltică, sedimentară), litosfera inferioară, astenosfera (starea solidus, topituri magmatice 2 %, curenți de convecție), mesosfera, nucleul extern (lichid, curenți convecție), nucleul intern. Sumar de tectonică globală: expansiunea fundului oceanic, dorsală oceanică (zone de acrecție și distensie), zone de subducție (zone de consum și convergență), falii transformante, curenți de convecție. Consecințe: deriva continentelor, orogeneze, seismele telurice, vulcanismul zoneleor de subsidență și din dorsalele oceanice. Vulcanismul "zonelor fierbinți".*

 EXERCITII ȘI INTREBĂRI RECAPITULATIVE:

1. *Desenați o secțiune completă prin globul pământesc care să cuprindă structura acestuia conform tectonicii globale. Pentru fiecare geosferă utilizați culorile și nuanțele care vi se par cele mai potrivite.*
2. *Care sunt adâncimile la care se plasează principalele suprafețe de discontinuitate și ce delimitează acestea ?*
3. *Care este compoziția chimică generală a principalelor tipuri de meteoriți ?*
4. *În ce stare se găsește astenosfera și ce nume poartă această stare ?*
5. *În care dintre geosfere se produc curenți de convecție ?*

### **3.2. GENEZA PĂMÂNTULUI**

Geneza Pământului a constituit încă din antichitate preocuparea unor gânditori, însă primele ipoteze cu caracter științific au fost emise abia în secolul al XVIII-lea. Fără a intra în detalii, menționăm doar că, în funcție de modul cum era considerată temperatura materiei inițiale: **incandescentă** sau **rece**, s-au conturat două mari categorii de ipoteze. Dintre cei care au emis ipoteze cosmogonice îi amintim pe: G.BUFFON, I. KANT, P.S. LAPLACE, I. JEANS, V.G. FESENKOV și F.HOYLE



Relativ recent, la sfârșitul deceniului al șaptelea al secolului trecut, specialiștii de la NASA în colaborare cu un grup larg de cercetători din diverse institute, pe baza unor cercetări efectuate atât pe Pământ, cât și în spațiul cosmic, au elaborat un model cosmogonic conform căruia procesele care au condus la formarea Pământului s-au desfășurat ca în tabelul 3.1.

Tabelul 3.1 - Schema succesiunii cronologice a proceselor ce au condus la formarea Pământului în conformitate cu modelul cosmogonic elaborat sub coordonarea specialiștilor NASA

| <b>Timpul geologic (miliarde ani)</b> | <b>Procese cosmice, geologice și biologice</b>  | <b>Efecte</b>  |
|---------------------------------------|---|--|
| 15 - 17                               | A avut loc <b>BIG-BANG-ul</b> inițial ( o <b>explozie termonucleară</b> )                       | S-au format numeroase <b>nebuloase</b> , inclusiv Galaxia noastră (Calea Lactee), care s-au îndepărtat de centru cu 600 Km/sec |
|                                       | Concentrări gravitaționale și magnetice ale materialului cosmic                                 | S-au format <b>sisteme stelare</b>   |
|                                       | Ridicarea temperaturii în centrul nebuloaselor, ca urmare a concentrării                        | Apariția stelelor centrale ( <b>Soarele</b> )  |
|                                       | Continuă atracția gravitațională a materialului cosmic  | formarea <b>proto-planetelor</b> și creșterea diametrelor acestora   |
| 4,7 - 5,3                             | Creșterea diametrelor protoplanetelor la peste 1500 Km a determinat topirea acestora            | Planete incandescente  |
| 3,86                                  | Ca urmare a pierderii radioactivității și căldurii începe scăderea temperaturii sub 700 –800° C | S-a format <b>prima crusta și atmosfera bogată în CO<sub>2</sub></b>   |
| 3,5                                   | Prin răcire sub 100° C are loc condensarea apei   | Apare <b>hidrosfera</b> și începe circuitul apei în natură   |

|                       |   |  |
|-----------------------|---|--|
| 3,2                   | Complexe procese biochimice și biofizice  | Apariția vieții simple, procariotele   |
| 2,9                   | Dezvoltarea și o oarecare diversificare a organismelor vii  | Formarea <b>biosferei</b>  |
| 2,6                   | La alge apare hrănirea autotrofă prin <b>fotosinteză</b>  | Primele eucariote autotrofe; crește conținutul de <b>oxigen</b> din atmosferă  |
| 0,57                  | La începutul Paleozoicului organismele ajung la o mare diversificare  | <b>Atmosfera</b> apropiată celei actuale; se înregistrează o mare biodiversitate   |
| 0,57 - 0,245          | Au avut loc procese biologice evolutive de mare complexitate; la sfârșitul erei Paleozoicului, se înregistrează și extincții marcante ale unor grupe de organisme | Apar <b>primele plante terestre</b> și urmează o intensă diversificare a acestora, situație similară și în regnul animal, dar au loc și extincții.                         |
| 0,245 - 0,065         | S-au desfășurat procesele evolutive din Mezozoic, dar au loc și extincții ale unor mari grupe de plante și animale  | Apar primele plantele cu flori, se dezvoltă foarte mult reptilele, în special <b>dinozaurii</b> , care dispar împreună cu alte grupe de animale la sfârșitul Cretacicului. |
| 0,065 până în prezent | Biodiversitatea continuă să se accentueze.  | <b>Angiospermele</b> și <b>mamiferele</b> ajung la maxima dezvoltare; apare <b>omul</b> .  |

### 3.3. PROPRIETĂȚILE FIZICE ALE PĂMÂNTULUI

Proprietățile fizice ale Pământului decurg din geneza, evoluția, forma, structura sa internă și din relațiile sale cu steaua centrală a sistemului, Soarele. Dintre acestea mai importante sunt: gravitația, presiunea, energia calorică, energia electrică, radioactivitatea, magnetismul și paleomagnetismul.

#### 3.3.1. GRAVITAȚIA

Forța de atracție pe care o manifestă Pământul asupra corpurilor de la suprafața sau din interiorul său se numește gravitație. Unitatea de măsură este galul și reprezintă forța care imprimă o accelerație de  $1 \text{ cm/sec}^2$ . Această forță scade **de la poli ( 983 gali)** spre **ecuator ( 978 gali)** datorită creșterii forței centrifuge determinată de rotația Pământului și a creșterii razei acestuia de la poli spre ecuator.

Prezența în scoarță a unor corpuri cu densitate mai ridicată determină o creștere locală a accelerației gravitaționale marcată pe hărțile gravimetrice printr-o anomalie pozitivă de câțiva miligali, fapt ce permite conturarea unor corpuri intrusive sau a unor zăcăminte de minereuri. În cazul unor corpuri cu densitate mică, de exemplu sarea gemă, pe hărți apar anomalii negative.

#### 3.3.2. PRESIUNEA

În interiorul Pământului se manifestă două feluri de presiune:

➤ **Presiunea litostatică** determinată de apăsarea rocilor de deasupra, care se manifestă multilateral, în mod similar forței hidraulice. Aceasta crește cu adâncimea ( fig.3.4) și ajunge la:

- **0,5 milioane** atmosfere în manta,
- **1,6 milioane** atmosfere în nucleul extern și
- **3,7 milioane atm.** în centrul Pământului

Acțiunea presiunii litostatice determină compactarea rocilor, reducerea volumului de pori și evacuarea apei din aceștia.

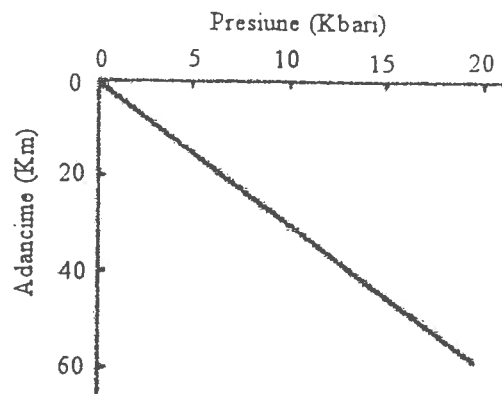


Fig. 3.4 - Graficul creșterii presiunii litostatice cu adâncimea

➤ **Presiunea orientată**, sau **stressul** se manifestă în scoarța terestră cu valoare maximă pe o anumită direcție, este cauzată de forțe de împingere tangențială manifestate numai la nivelul scoarței și determină apariția șistozității rocilor metamorfice și formarea cūtelor și a faliiilor.

### 3.3.3. ENERGIA CALORICĂ

Sursele de energie ale Pământului sunt de origine externă și internă

#### 1. Căldura externă

Energia calorică externă provine în întregime de la Soare, este neuniform repartizată datorită mai multor factori și scade de la ecuator spre poli. Deși Soarele radiază o energie calorică enormă numai o mică parte ajunge pe suprafața terestră, peste 40 % din aceasta fiind reflectată de pătușile superioare ale atmosferei. Pământul recepționează doar aproximativ  $1,9 \text{ cal./cm}^2/\text{minut}$ .

Variațiile sezoniere de temperatură de la suprafața Pământului se resimt în scoarța terestră pînă la o anumită adâncime unde se stabilește așa numita **pătură cu temperatură constantă**. Adâncimea la care se plasează pătura cu temperatură constantă este variabilă, în funcție de temperaturile de la suprafață și de conductibilitatea rocilor, fiind de 5- 6 m la ecuator și de 20 - 30 m în zona temperată.

Temperatura constantă diferă de la o zonă la alta și se calculează simplu: la temperatura medie anuală (TMA) a locului pentru care efectuăm calculul se adaugă  $1,5^\circ \text{ C}$ . De exemplu, la București  $TMA = 10,5^\circ \text{ C}$ , deci  $10,5 + 1,5 = 12,0^\circ \text{ C}$

Principalele efecte geologice ale căldurii externe pot fi rezumate astfel:

- reprezintă principala **sursă de forțe antigravitaționale** ce declanșează circuitul apei în natură și **acțiunea geodinamică a atmosferei**, prin încălzirea neuniformă a aerului și formarea curenților de aer;
- constituie sursa de **energie pentru fotosinteză**, proces fundamental în dezvoltarea lumii vegetale și menținerii oxigenului în atmosferă;
- prin variațiile diurne contribuie la **dezagregarea rocilor** prin fenomenul de termoclastie;
- energia solară s-a fosilizat sub formă de **cărbuni, petrol și gaze**, adevărate “**conserve de energie**”
- diminuarea energiei solare a produs **glaciațiuni** în decursul a mai multor perioade din istoria Pământului (v. I. PETRESCU, 1978).

Creșterea conținutului de CO<sub>2</sub> din atmosferă cu câteva sutimi de procent este apreciată de unii climatologi ca periculoasă pentru regimul termic de pe Pământ, această creștere fiind considerată una dintre cauzele principale ale producerii “**efectului de seră**”.

Cauza principală a acestei creșteri o constituie intensificarea fără precedent a utilizării combustibililor fosili (cărbuni, petrol și gaze), la aceasta adăugându-se defrișarea necontrolată a pădurilor, în special a celor tropicale, adevărați “plămâni verzi” ai planetei noastre.

## 2. Căldura internă

Ponderea energiei termice interne în bilanțul termic al Pământului este de numai 0,5 % și are următoarele surse:

- **Rezerva inițială** rezultată încă din timpul fazei pregeologice a evoluției Pământului din căldura degajată de radioactivitate și din impactul meteoric care l-au adus în stare de incandescență. Ulterior, o mare parte din această energie s-a pierdut prin **convecție și conducție**, iar ce a rămas numim **căldură reziduală**.
- **Radioactivitatea** concentrată inegal în scoarța continentală, în special în pătura granitică și mult mai puțin în litosfera oceanică. Se estimează că 2/3 din fluxul termic terestru provine din scoarță, fiind generat de radioactivitatea concentrată mai ales în rocile magmatice intrusive acide cum sunt granitele. Numeroși cercetători opiniază că la baza păturii granitice este posibilă creșterea

temperaturii până la topire și producerea magmelor acide, fapt confirmat și de existența aici a unor zone de scădere a vitezei undelor seismice secundare (S).

- **Gravitația** conduce la compactare însoțită de degajare de căldură datorită presiunii litostatice, dar și **presiunile tectonice**, în special stressul, pot furniza mici cantități de energie termică.

În ceea ce privește pierderile de energie internă, cele produse prin fenomenele de vulcanism sunt ne semnificative, la scară globală ele abia dacă ajung la 1 %. S-a constatat (v. LĂZĂRESCU, 1980) că din interiorul Pământului spre suprafața acestuia litosfera este străbătută de un curent de conducție termică, așa numitul **flux termic terestru**, notat HF (engl. *heat flow*).

Căldura internă face ca în interiorul Pământului temperatura să crească (fig.3.5), în medie, cu  $3^{\circ}\text{C}$  la fiecare **100 m (gradient geotermic)**, până la circa **2000 m**, limită dincolo de care temperatura crește lent până la temperaturi de peste  $5000^{\circ}\text{C}$  în nucleu. Energia geotermică internă se manifestă prin activitate vulcanică, izvoare geotermale etc.

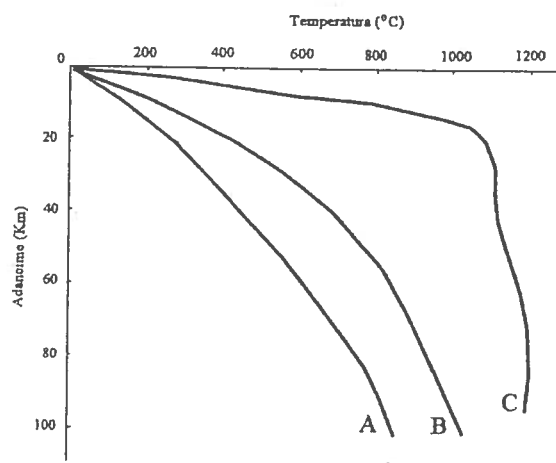


Fig.3.5 - Graficul creșterii temperaturii cu adâncimea în crusta continentală (A), crusta oceanică veche (B) și crusta oceanică recentă (C)

### 3.3.4. RADIOACTIVITATEA

Radioactivitatea terestră rezultă din dezintegrarea elementelor din seria **uraniu - thoriu** și este însoțită de degajare de căldură, aceasta fiind una dintre sursele interne de energie calorică a Pământului.

Pe baza studiului proprietăților radioactive ale rocilor a fost posibilă determinarea **vârstei absolute** a rocilor, utilizând timpul de înjumătățire al elementelor radioactive cum sunt **U, Th, K** și altele (fig3.6).

Pe baza măsurării cantității de radiații naturale este posibilă prospecțiunea prin metode radiometrice a zăcămintelor de substanțe radioactive.

Pornind de la constatarea că rocile se deosebesc între ele atât prin cantitatea de radiații pe care o emit (de ex. dintre rocile sedimentare radiația naturală este mică la calcare și cărbuni și maximă la argilele marine), cât și prin răspunsul lor diferit în urma bombardării cu radiații produse de o sursă artificială, a fost posibilă punerea la punct a unor deosebit de eficiente metode de carotaj radioactiv a găurilor de sondă. Acest tip de carotaj permite stabilirea litologiei succesiunilor de depozite străbătute de foraje, a densității rocilor și a conținutului lor în petrol, gaze, cărbuni, apă etc.

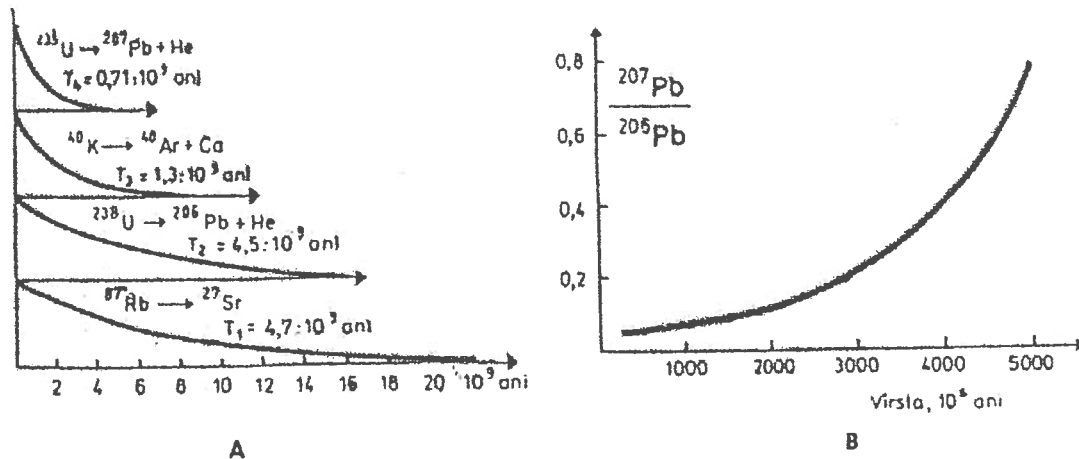


Fig.3.6 – Intervalele comparative de dezintegrare a unor elemente radioactive și variația raportului  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ , pentru determinarea vârstei "absolute" (după V.Lăzărescu, 1980).

### 3.3.5. MAGNETISMUL ȘI PALEOMAGNETISMUL

Globul terestru se comportă ca un **magnet gigantic**, mai precis ca un dipol geomagnetic, fiind înconjurat de un câmp magnetic denumit **magnetosferă**, care se extinde în jurul Terrei pe o distanță de **10 raze** pământești. Liniile câmpului magnetic ies din **polul sud** și intră în **polul nord** (fig.3.7) Subliniem că existența câmpului magnetic a constituit **una dintre condițiile apariției vieții** pe Pământ; fără acest **scut protector** razele cosmice nocive ar fi distrus orice germene organic.

Principala cauză a magnetismului terestru o constituie prezența curenților de convecție din nucleul extern al Pământului. Perturbațiile câmpului magnetic, așa numitele furtuni magnetice, sunt legate de activitatea solară.

Principalii parametri ai câmpului magnetic sunt:

- **Intensitatea** câmpului magnetic care se măsoară în gamma

(ca unități de inducție și de câmp) este mai mică la **ecuator** (25.000 gamma) și mai mare la **poli** (70.000 gamma). Pentru acest parametru se elaborează hărți cu izodiname (izogame) pe care pot să apără anomalii magnetice legate de prezența în subsol a unor corpuri feromagnetice.

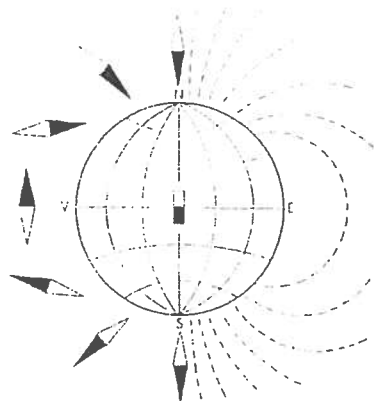


Fig.3.7 - Relația între înclinația magnetică și latitudine (dupa V. Lăzărescu, 1980)

- **Declinația magnetică** reprezintă unghiul dintre direcția nordului magnetic și direcția nordului geografic într-un punct dat și se măsoară în grade. Liniile care unesc punctele cu aceeași valoare a declinației magnetice se numesc izogone.

- **Inclinația magnetică** (fig.3.7.) este unghiul dintre orizontala locului și planul acului magnetic, valoarea acestuia fiind  $0^\circ$  la ecuator și tinde spre  $90^\circ$  la poli. Liniile de aceeași valoare a înclinației magnetice sunt izoclinele.

**Paleomagnetismul** sau magnetismul remanent arată orientarea liniilor câmpului magnetic în momentul formării rocilor.

Este cunoscut faptul că în decursul timpului geologic au avut loc inversiuni ale polarității magnetice terestre, cei doi poli schimbându-se între ei, astfel încât intervalele de timp în care polul nord se afla în direcția spre care este îndreptat și în prezent se numesc **normale**, iar celelalte au **polaritate inversă**.

În timpul răcirii unui corp de roci magmatice, când se ajunge la temperatura de  $580^\circ \text{C}$ , mineralele feromagnetice se magnetizează paralel cu direcția în care se află polul nord în acel moment. Această orientare a câmpului magnetic al mineralelor rămâne neschimbată, astfel că putem vorbi de un **magnetism remanent** a cărei orientare poate fi determinată în laborator. În mod similar și unele minerale din rocile sedimentare, în special din argile, se orientează după câmpul magnetic terestru din momentul depunerii lor și pot fi folosite la construirea unor scări geocronologice pe criterii paleomagnetice (fig.3.8).



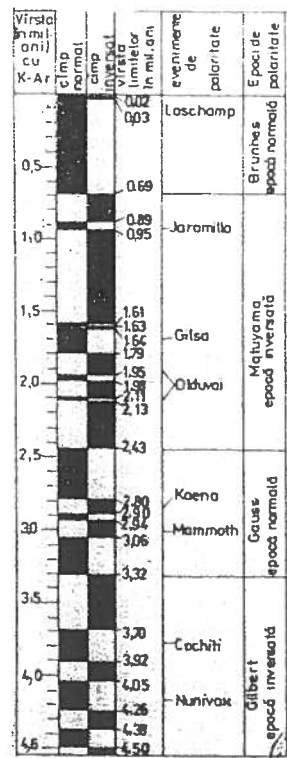


Fig. 3.8 – Scara inversiunilor magnetice pentru ultimii 4,5 milioane de ani (după, COX, din BLEAHU, 1983)

Pe baza studiului inversiunilor câmpului magnetic a fost posibilă reconstituirea modului cum s-a desfășurat deriva continentelor (v. D.H.et M.O.TARLING, 1978) și elaborarea unei scări a timpului geologic folosită la stabilirea vârstei unor depozite lipsite de alte posibilitați de încadrare geocronologică.

### 3.3.6. ELECTRICITATEA PĂMÂNTULUI

La suprafața Pământului, dar și în adâncul acestuia, există un **câmp electric natural**, numit și **câmpul curenților telurici**. Sursa principală a câmpului electric natural se află în pocesele magneto-hidrodinamice generate de curenții de convecție din nucleu la **2900-5000 Km** adâncime, dar și în frecările ce au loc la aproximativ **2900 Km** adâncime, la limita între manta și nucleul extern. De asemenea, prezintă importanță curenții telurici induși din ionosferă. Alte două surse, de mai mică importanță, constau în curenții formați în scoarță și cei rezultați din interacțiunea atmosferei cu scoarța.

În cadrul carotajului electric în sonde se măsoară variația **polarizației spontane**, sub forma curbei PS cu minime în dreptul **marnelor și argilelor** și maxime la **nisipuri**. Un alt parametru măsurat pe diagrame este rezistivitatea

rocilor indicată pentru trasarea limitei **petrol-apă** dintr-o sondă de explorare pentru petrol, același parametru permite reconstituirea coloanei litologice a sondelor fără utilizarea carotajului mecanic foarte costisitor.

### SCHEMA SINTETICĂ, TERMENI IMPORTANȚI.

*Proprietăți fizice: gravitația (anomalii gravimetrice), presiunea (presiunea litostatică, 0,5 Mil. – 3.7 Mil. atmosfere; presiunea orientată = stress); energia calorică: căldura externă, 99,5 % de la Soare, pătura cu temperatură constantă; căldura internă: rezerva inițială - convecție, conducție, căldură reziduală – radioactivitatea, gravitația, gradient geotermic mediu 3°C/100 m adâncime); radioactivitatea ( U-Th, vârsta absolută, prospecțiuni substanțe radioactive); magnetismul tererstru ( dipol, magnet gigantic, magnetosferă, protecție raze cosmice nocive, viața pe Pământ, parametri: intensitate, declinație, înclinație magnetică); paleomagnetism ( inversiuni magnetice, polaritate normală ca în prezent, polaritate inversă ); electricitatea Pământului: câmp electric, curenți telurici, polaritate spontană, carotaj electric al găurii de sondă, coloana litologică.*

### EXERCITII ȘI ÎNTREBĂRI RECAPITULATIVE:

1. Calculați temperatura păturii cu temperatură constantă pentru orașele: Cairo, Atena, Moscova și Helsinki.
2. Care sunt valorile presiunii și temperaturii la diferite nivele în interiorul Pământului ?
3. Prin ce fenomene s-a pierdut din căldura inițială a Pământului și cum se numește căldura rămasă în prezent ?
4. Pe ce fenomen se bazează determinarea vârstei absolute a unor roci magmatice ?