



## Limite si factori

Cadrul fizico-chimic (si biotic) în care evolueaza procesele exogenesi in careb apar sedimentele, este definit de calitatea apei si a aerului, de temperatura si de masura în care, într-un anumit loc, viata este sau nu posibila; câmpul gravitacional controleaza, si el, în mai mare masura procesul sedimentar. Trasaturile proceselor sedimentare într-un astfel de context vor fi, desigur, conditionate de intensitatea pe care o atinge la un moment dat unul din acesti factori, de variatiile lor în timp si spatiu, de posibilitatile care se creeaza pentru a actiona simultan cu alti factori.

**Apa.** Particularitatea fundamentala a exogenezei este, definita, în primul rând, de existenta apei la suprafata scoartei terestre, de repartitia ei pe Glob (ocupa peste 2/3 din suprafata acestuia, adica 361 mil. Km<sup>2</sup>) si de relatiile complexe, pe care apa le are cu "uscatul" sau ariile continentale (în suprafata de numai 149 mil. km<sup>2</sup>). Apa reprezinta mediul de acumulare a sedimentelor cu ponderea cea mai mare (toate bazinele lacustre, marine si oceanice) si, în acelasi timp, principalul agent de transport al materialului dezagregat. Apele curgatoare sunt acelea care deplaseaza particulele sedimentare din ariile continentale spre bazinele marine si oceanice. Apa este, de asemenea, un excelent solvent pentru gaze si substante minerale si, prin aceasta, un mediu de desfasurare a reactiilor chimice care genereaza sinteze sau descompuneri ale produsilor minerali. În fine, astazi este unanim acceptat ca aparitia si dezvoltarea vietii pe Pamânt; a depins, în exclusivitate, de existenta hidrosferei. În zonele climatice în care temperatura medie anuala oscileaza sub 0 °C apa se transforma în gheata si devine "un alt agent" al exogenezei. Ea se concentreaza în cantitati mari în zonele polare sub forma calotelor glaciare, si în regiunile montane înalte (peste 3 000, 3 500 m) sub forma ghetarilor continentali alpini.

**Aerul.** O alta relatie intercauzala, cu efect constant si în desfasurarea proceselor sedimentare, este aceea generata de existenta O<sub>2</sub> si CO<sub>2</sub> în compozitia atmosferei (azot 78,084 %, oxigen 20,946%, neon + heliu + xenon + argon 0,934 % dioxid de carbon 0,033 %, hidrogen, metan 0,003 %) si schimbul permanent pe care aceste gaze îl au cu hidrosfera si biosfera. Procesele sedimentare, în foarte multe detalii ale lor, sunt marcate de continuturile ridicate în O<sub>2</sub> si CO<sub>2</sub> pe care le au mediile în care ele se desfasoara. Factorii esentiali ai proceselor de metabolism biotic, gazele din atmosfera si cele dizolvate în apa determina sensul desfasurarii unor reactii chimice care au drept efect concentrarea de compusi minerali oxigenati sau carbonati. Aerul în miscare se comporta si ca un important factor de transport al particulelor fine.

**Temperatura.** Valorile termice ale aerului si apei la suprafata scoartei se înscriu între limite diferite, proprii starii lor fizice. Astfel, valorile termice extreme înregistrate în aer, în zonele continentale, sunt de +58 °C (la umbra) în Câmpia Jefara din Libia si de - 88,3 °C în Antarctica; statiunea Vostok - situata la 3 500 m altitudine. Variatiile sezoniere si cele diurne sunt mai putin severe dar, uneori, deloc neglijabile pentru efectele pe care le pot genera asupra stabilitatii termice a fazelor minerale: în Muntii Stâncosi din S.U.A., în localitatea Browning au fost înregistrate în decurs de 24 ore temperaturi maxime de + 6,7 °C si minime de - 48,8 °C. Starea termica a atmosferei - cu

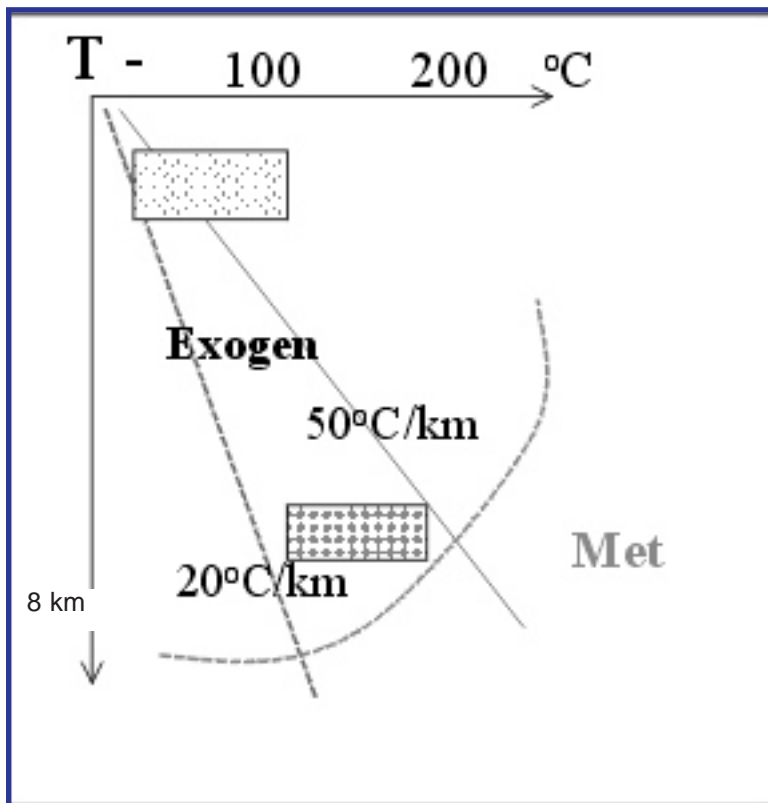


Fig.1. Curbele gradientului geotermic în scoarta terestră și limita dintre domeniul exogen și cel metamorfic (endogen)

variații sistematice în raport cu zonele climatice de pe Glob - influențează direct atât temperatura apei la suprafața scoartei cât și comportarea (termică) a fazelor minerale din alcatuirea litosferei. Temperatura medie anuală a aerului se transmite în sol până la adâncimi variabile în zonele ecuatoriale (5 m), temperate (20 m) și polare (100 m); imediat sub aceste nivele temperatura se stabilizează și se trece la "zona cu temperatura constantă".

Temperatura apei, în general, variază în limite mai restrânse. Pentru procesele sedimentare interesează temperatura apelor din bazinele marine și oceanice, care se modifică cu zona climatică și adâncimea (amplitudinea variațiilor termice nu depășește 37 °C la suprafața marilor). Temperaturile maxime, de +32 - +35 °C, au fost înregistrate în apele din Golful Mexic, iar temperaturi minime, de - 2 °C, în apele arctice. În apropierea fundului oceanelor, temperatura apei este de 2 - 4 °C. Situații anormale se întâlnesc în unele bazine marine deasupra zonelor de rift, unde temperatura apei poate depăși 50 °C (de exemplu, în riftul Galapagos și în Marea Rosie). În lacuri, râuri, mlăștini, variațiile termice concordă, de regulă, cu media atmosferică din zona geografică în care acestea sunt situate.

Modificările termice ale hidrosferei - în general - influențează direct densitatea apei și reactivitatea ei chimică față de compusii minerali și, indirect, comportarea fazelor solide cu care aceasta vine în contact. (flotabilitate, dizolvare, precipitare). În litosferă, sub zona cu temperatura constantă, valorile termice cresc progresiv conform gradientului geotermic (între 20° - 50 °C la 1 000 m sau 1 °C la 33m ).

**Presiunea.** Desfășurarea proceselor sedimentare la suprafața scoartei se află și sub controlul presiunii atmosferice, presiunii hidrostatice și presiunii litostatice.

Variațiile presiunii atmosferice considerată la nivelul mării (egala cu 1 kg/cm<sup>2</sup> sau

76 cm coloana Hg = 1013,2 milibar) determina miscarea maselor de aer si, prin aceasta, deplasarea particulelor fine de praf si nisip în ariile continentale sau deasupra bazinelor marine si oceanice.

Presiunea hidrostatica controleaza procesele sedimentare de esenta chimica si mecanica care au loc în bazine subacvatice; ea variaza direct proportional cu adâncimea bazinului, deci cu grosimea coloanei de apa, si influenteaza atât echilibrul gazelor dizolvate în apa ( $O_2$ ,  $CO_2$ ) cât si stabilitatea agregatelor precipitate; ea creste la fiecare 100 m cu o atmosfera, ajungând la adâncimea de 1000 m la circa 100 atm/cm<sup>2</sup>, iar la adâncimea de 10000 m la circa 1000 atm/cm<sup>2</sup>. Presiunea solutiilor interstitiale existente în porii acestor depozite este si ea dependenta de greutatea coloanei de apa si controleaza, direct, "litificarea" sedimentelor.

Presiunea litostatica este, de fapt, expresia greutatii stivei de depozite acumulate la un moment dat într-o arie de sedimentare si creste progresiv cu grosimea acesteia. Pe verticala presiunea litostatica creste la fiecare kilometru cu 250 - 300 bari; aceasta înseamna ca la 10000 m ea atinge o valoare de 2,8 kbari, la 20000 m de 5,5 - 6 kb etc. Sub influenta acestor presiuni sedimentele se compactizeaza, pierd apa din pori, iar particulele lor constituente sufera rearanjari si, uneori, deformari mecanice.

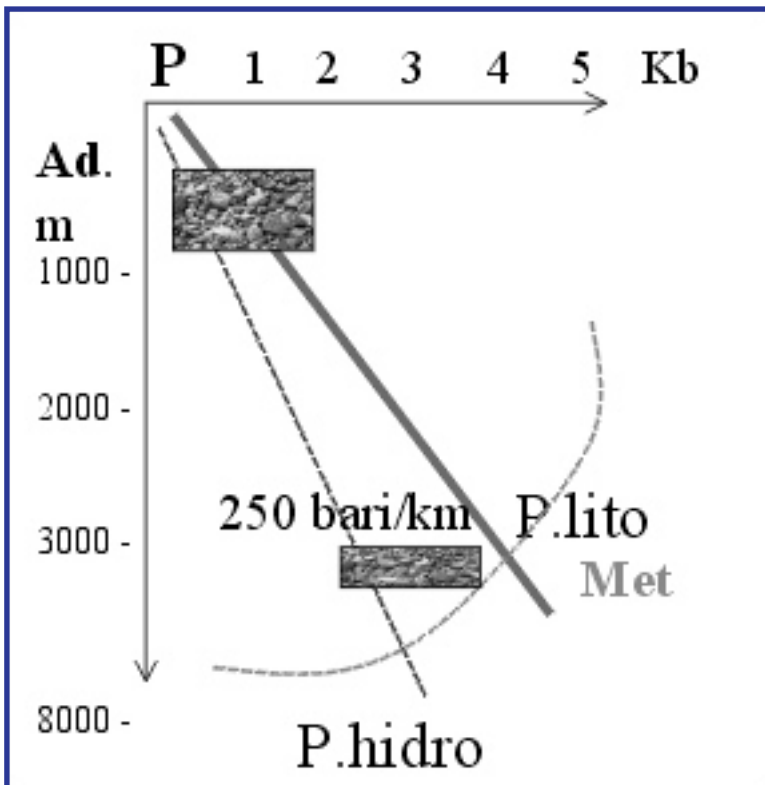


Fig.2. Curbele gradientilor de presiune (litostatica si hidrostatica) în scoarta terestra si limita dintre domeniul sedimentar si cel metamorfic (met).

**Factorul biotic.** Procesele sedimentare au început sa se manifeste dupa consolidarea materialului topit în prima crusta a Pamântului si dupa instalarea primului Ocean planetar si s-au diversificat odata cu aparitia si evolutia vietii. Organismele vegetale si animale furnizeaza domeniului sedimentar un material extrem de variat atât de natura organica (depozitele de carbuni si acumularile de hidrocarburi), cât si anorganica (acumulari considerabile de carbonati, silice sau fosfati de origine biotica).

**Gravitatia.** Forta gravitatiei tinde sa restabileasca echilibrul natural prin stergerea diferentelor de nivel ce caracterizeaza relieful suprafetei terestre. Sub imperiul gravi-

tatiei, materia - lichida sau solida - tinde sa se deplaseze pe orice panta, catre baza acesteia, cu o viteza care creste cu cât unghiul de înclinare a pantei este mai mare. Fiind un factor pasiv, dar cu actiune permanenta si universala, gravitatiea controleaza toate procesele geologice. Actiunea ei este bine vizibila în ariile continentale, unde contribuie la modelarea versantilor prin prabusiri de blocuri si alunecari de teren; în bazinele marine si oceanice, controleaza direct procesul de sedimentare detritica si declanseaza alunecari submarine în zonele de povârnis supraîncarcate de sedimente.

### ♦Spatii de sedimentare

Unde si când s-au format sedimentele si rocile sedimentare? Iata doua întrebări carora li se circumscriu ariile si timpul în care apar aceste edificii petrografice. Procesele exogene genereaza simultan produse foarte variate, ca o expresie a diversitatii factorilor care actioneaza la un moment dat într-o arie de sedimentare.

Spatiul de sedimentare, adica aria în care se formeaza si se acumuleaza depozitele sedimentare, poate fi privit din puncte de vedere diferite. Raportat la principali agenti exogeni care interactioneaza cu litosfera - apa, aerul si gheata - se disting domeniile *subacvatic*, *subaerian* si *subnival*.

Evident ca domeniul subacvatic este cel mai extins. În ariile continentale, în functie de dinamica apelor si morfologia "bazinului", se disting domeniile *fluviatil*, *lacustru*, *paludal*, al limanelor etc. În zonele de trecere spre domeniul marin si oceanic se individualizeaza domeniile *deltaic* si *lagunar*, care gazduiesc produse cu particularitati mixte - de tranzitie, între produsele apelor continentale si cele ale apelor marine. A vorbi în general despre un "bazin marin sau oceanic" înseamna a acumula într-unul sau doi termeni conditii de sedimentare foarte diferite. Spatiul de sedimentare în astfel de bazine este subdivizat, pe baza unor criterii batimetrice si, adesea, tectostructurale. Astfel, se pot distinge (vezi tabelul 1) mediile *litoral*, *neritic*, *batial abisal*, *hadal* si, pentru toate celelalte medii, numeroase forme acumulative :

Tabelul 1. Medii de sedimentare la suprafata scoartei terestre

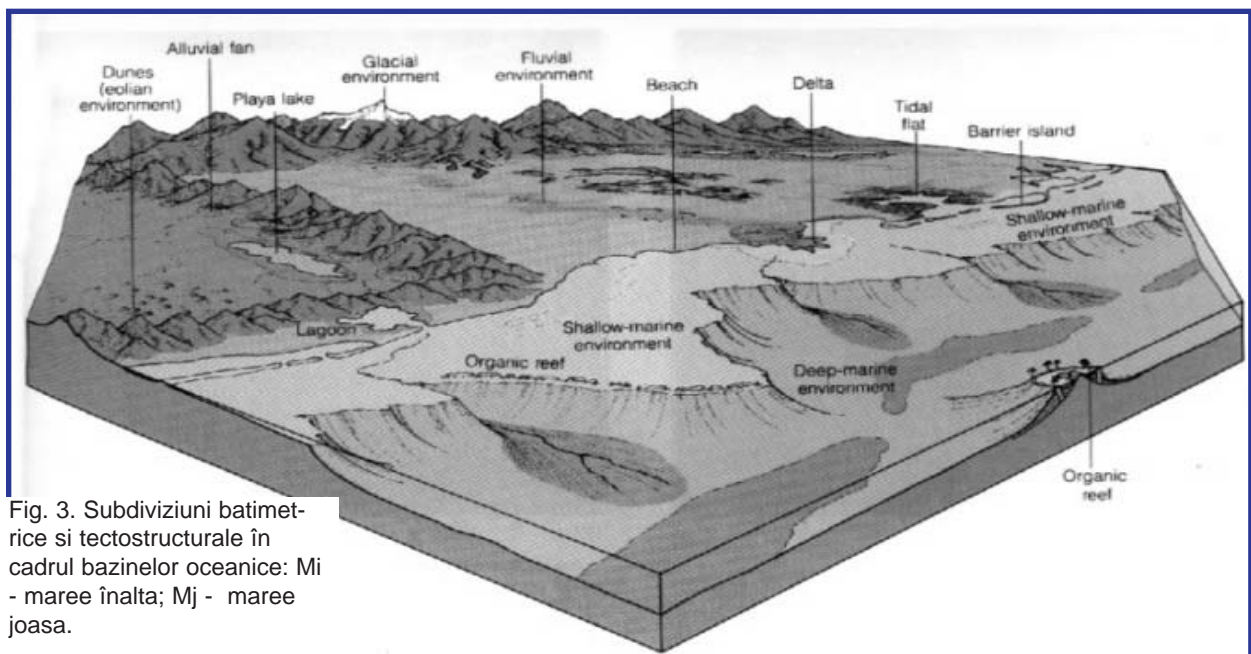


Fig. 3. Subdiviziuni batimetrice si tectostructurale în cadrul bazinelor oceanice: Mi - maree înalta; Mj - maree joasa.



### I. Domeniu continental

- Subaerian: Mediu desertic (Hamade, Serir-uri, Erg-uri, Ued-uri, Sabkha continental)
  - Subnival: Mediu glaciari (de calota, de tip alpin; subglaciari, supraglaciari, proglaciari)
  - Subacvatic: Mediul fluviatili (Canale active, Câmpii aluviale, Conuri aluviale)
  - Drept
  - Despletit
  - Meandrat
- Mediu lacustru (lacuri anoxice, Lacuri puțin adânci-oxigenate)  
Mediu paludal (Mlastini înalte, Mlastini joase)

### II. Domeniul de tranziție (medii subacvatice)

- Mediu de limane, estuare și fiorduri
- Mediu lagunar (de climat umed și arid)
- Mediu deltaic: (Delte fluviare, Delte marine dominate de valuri și marea, Delte frontale, Delte abandonate)

### III. Domeniu marin - oceanic (medii subacvatice)

#### Marginea continentală

- Mediu litoral sau de coastă (non-mareic, peritidal)
- Mediu de self - neritic (Self intern, Self extern)
- Mediu de taluz sau de povârnis - batial

#### Bazinul oceanic

- Mediu pelagic - abisal (Piemont oceanic și Câmpii abisale)
- hadal (fose)

vorbi de arii de sedimentare corespunzând "marginilor continentale" și "oceanului" propriu-zis (fig. 4). Bazinele de margini continentale au drept fundament, o crustă continentală (învelis bazaltic + învelis granitic ± învelis sedimentar), iar sedimentarea în ele îmbracă trasaturi proprii mediilor litoral, neritic și batial.

Bazinele "oceanice" (stricto sensu) au ca fundament o crustă oceanică (învelis bazaltic ± învelis sedimentar) și o sedimentare de tip abisal și hadal.

Ariile de sedimentare din bazinele marine și oceanice pot, fi caracterizate și după alte criterii, dintre care circulația apelor (bazine închise, semiînchise, deschise), salinitatea (bazine cu salinitate normală, bazine restrictive) și poziția geografică ("mari" intracontinentale, mari epicontinentale) sunt cel mai des utilizate.

Acceptând astăzi existența plăcilor crustale și având dovezi concludente asupra dinamicii lor, evoluția procesului de sedimentare în timp geologic nu poate fi imaginată în afara acestui concept. "Spatiul sedimentar" suprapus acestor unități tectonice și structurale ale litosferei va capata o semnificație geodinamică. Se disting astăzi - și se fac reconstituiri pe baza vechilor asociații litologice - bazine "stabile", amplasate în interiorul plăcilor crustale (*bazine cratonice*), și bazine amplasate în zone mobile, de expansiune crustală (*bazine de rift*), și, respectiv, de subducție și consum crustal (*bazine și fosse de subducție*). Marile lacuri din regiunea Scutului Canadian, lacurile est-africane și Marea Rosie, precum și fosa Peru-Chile pot exemplifica bazine actuale amplasate în astfel de unități tectostructurale .

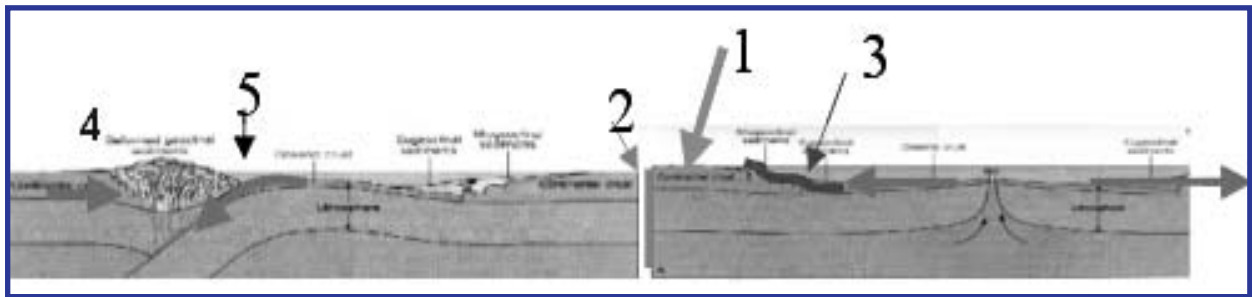


Fig. 4. Cadrul tectonic-structural al bazinelor de sedimentare. 1-craton, 2- rift intracontinental, 3 - margine pasiva, 4- zona de back arc, 5 - fosa de subducție

Extinderea vechilor bazine de sedimentare variaza în limite foarte largi. Uniformitatea condițiilor de sedimentare a putut fi demonstrata pentru arii depresionare cu suprafața cuprinsa între 1000 și 1 milion km<sup>2</sup>. În bazinele flisului din Carpații românești, formațiunile sedimentare pastreaza caractere constante pe lungimi de ordinul a 200 - 300 km și latimi de 20 - 30 km, iar în bazinul Vest-Siberian, de exemplu, a putut fi reconstituita o suprafața de sedimentare egala cu 3,2 mil km<sup>2</sup> (și un volum de sedimente de 7 mil km<sup>2</sup>).

Domeniile subaerian și, subnival ocupa, exclusiv în ariile continentale, spații mult mai restrânse.

Zonele desertice din Asia și America de Nord (Gobi și respectiv Arizona) precum și cele din America de Sud (Atacama), Africa (Sahara și Kalahari) și Australia, dezvoltate paralel cu regiunea tropicelor, ilustreaza cel mai expresiv trasaturile specifice domeniului subaerian (sau eolian), prin natura și dinamica sedimentelor pe care le gazduiesc.

Domeniul subnival se contureaza mai clar prin prisma "produselor" în regiunile montane înalte, la altitudini mai mari de 2000 - 2500 m, unde evolueaza ghetarii alpini. În acest caz "bazinul de sedimentare" este valea glaciara respectiva. În regiunile polare, în special, Antarctica, ghetarii de calota își lasa urmele activității în spațiile lor periferice, unde temperaturile medii trec de 0 °C.

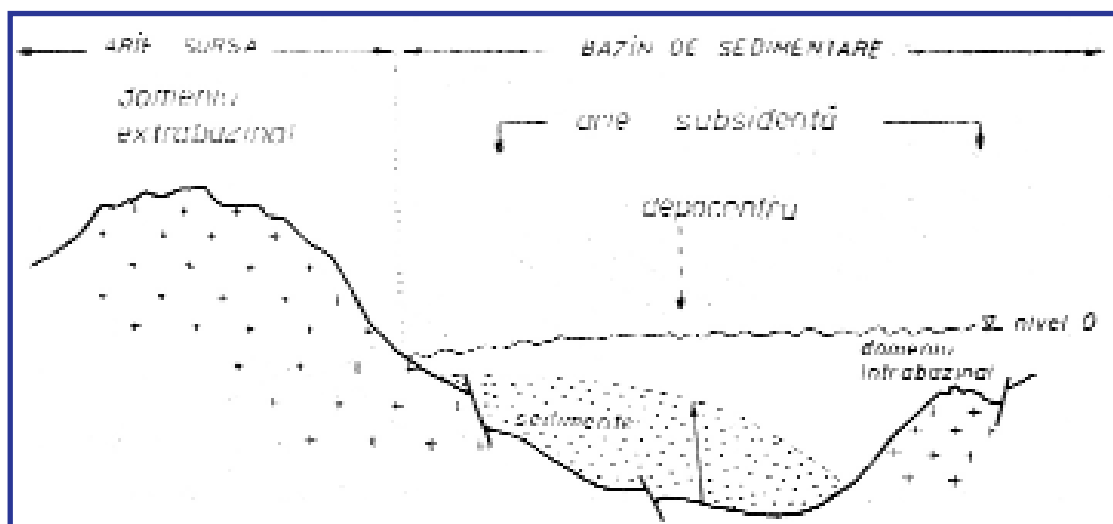


Fig.5. Elementele unui bazin de sedimentare și legătura sa cu "aria sursa" din zona continentală

### ♦Timpul în sedimentogeneza

Timpul în sedimentologie poate însemna "moment" de acumulare si "moment," de conservare, ceea ce pentru modelul genetic al rocilor sedimentare va însemna proces depozitional si proces postdepozitional.

*Procesele depozitionale*, care conduc la acumulare de material, constructie de depozit sau formare de sedimente (depozite nederanjate din locul în care s-au depus), se desfasoara cu viteze foarte diferite. Unul va fi timpul de acumulare a sedimentelor într-o delta si altul cel de depunere a suspensiilor în largul oceanului. Cu anume viteza se vor depune ooidale carbonatice pe selfurile zonelor tropicale, si cu totul alta ,concretiunile manganoase pe fundul oceanelor. Volumul de material sedimentat raportat la unitate de timp reprezinta rata de acumulare a unui produs si, de fapt, parametrul care demonstreaza ca, în circuitul acumularii formatiunilor sedimentare "prin succesiune si continu-

Tabelul 2. Ratele de acumulare a sedimentelor clactice si a unor compusi autigeni în diferite medii actuale

Mediu	cm/1 000 ani	Mediu	cm/1000 ani
Fluviatil + Nil	900	Marin - litoral	1000-2000
Lacustru <sup>a</sup> lac Geneva	100-400	- self	400
lac Michigan	20-100	- povârnis	6.8
Deltaic - Mississippi	6000-45000	- abisal	0.4-2
Bioconstructii algale	1 mm/zi	Depuneri autigene	
Corali	33-4000	- mangan	0,0003
		- sare	500
		- carbonati	0.4-2

itate", grosimea depozitelor nu este direct proportionala cu timpul de acumulare.

Tabelul 2 si fig. 6 redau principalele date privind rata de acumulare a unor produse sedimentare. Acumularea lenta - conform unor standarde internationale - conduce la unitati de sedimentare de 1 - 10 mm în 1000 ani, iar cea rapida depaseste 1000 mm/1000 ani (9000 mm/1000 ani la gurile de varsare ale Nilului, peste 40000 mm/1000 ani în Delta Mississippi).

Procesele depozitionale considerate normale se caracterizeaza printr-o rata mica de acumulare si pot fi ilustrate prin sedimentarea mâlurilor în largul oceanelor. Evenimentele geologice accidentale cu caracter episodic, cum ar fi un seism care afecteaza marginea unui self încarcat cu sedimente nisipoase, conduc la acumulari rapide de material în timp foarte scurt. De exemplu, curgerea unor astfel de sedimente pe



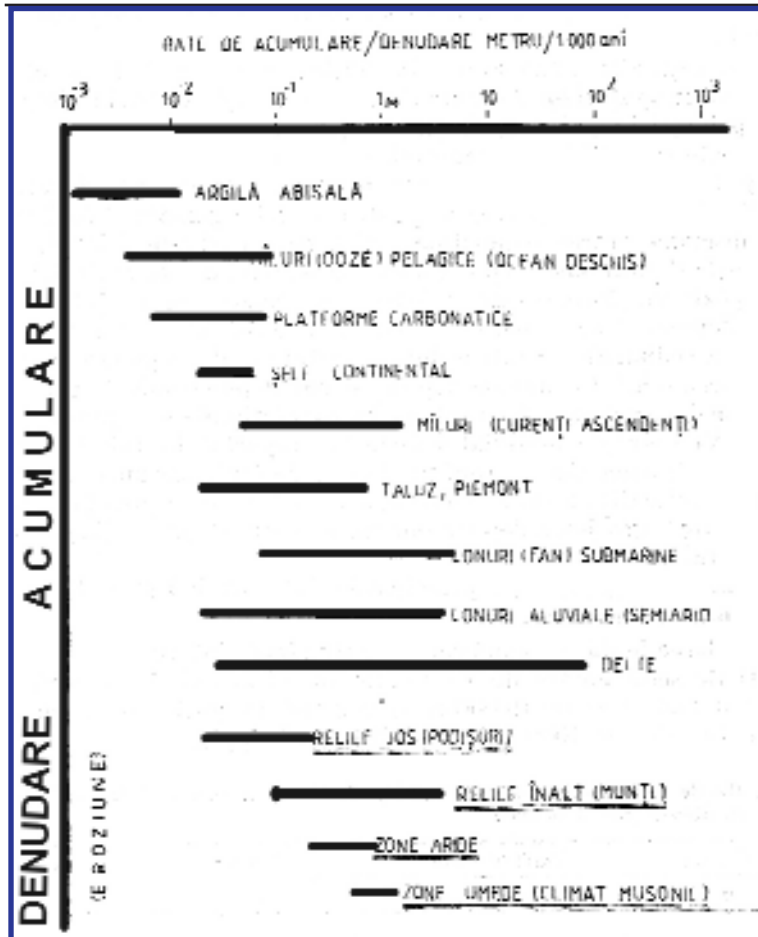
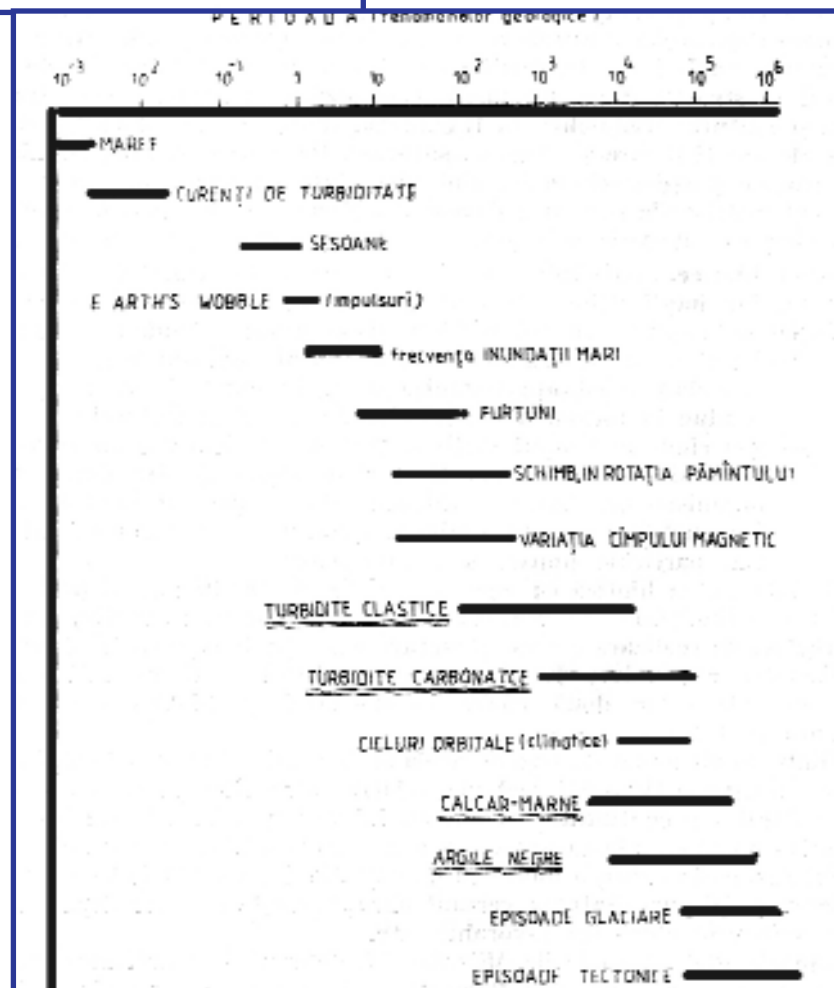


Fig. 6. Ratele de acumulare și denudare în diferite medii de sedimentare

Fig. 7. Perioadele principalelor fenomene geologice care controlează procesele sedimentare ciclice și disciclice.



marginea continentală a Oc. Atlantic a antrenat 30 km<sup>3</sup> depuneri de material și a acoperit 3000 km între "sursa" și "fruntea" depunerii.

Procesele postdepozitionale afectează sedimentele acumulate în bazin imediat după depunere și continuă mult după aceea, în timpul exondării și scoaterii lor din mediul de sedimentare, când începe să se vorbească de "roci sedimentare". Aceste procese conduc la litificarea depozitelor prin cimentare, recristalizare, metasomatoza etc. și se desfășoară în intervale lungi (1 - 10 - 100 milioane ani) și diferite de timp (de la o formațiune la alta). Astfel, un edificiu petrografic de origine exogenă va purta în el semnificații genetice și temporale cu totul distincte: unele care tin de cadrul depozitional semnificând calitatea spațiului de acumulare și relațiile lui cu zonele limitrofe, și altele care evidențiază procese târzii, de esență diagenetică.

Îngroparea progresivă în bazin conduce sedimentele dincolo de "condițiile normale de temperatură și presiune" în domeniul blastezei metamorfice. La adâncimi în jur de 10 000 m se plasează limita dintre domeniul sedimentar și cel metamorfic. Exondarea rocilor prin tectogeneza în perioade de timp cu durată mai scurtă (10 - 30 mil. ani) decât acumularea le expune factorilor exogeni, care vor acționa în sensul distrugerii edificiilor petrografice prin dezagregare și alterare. Aceasta este o altă limită a proceselor sedimentare ce închide un ciclu sedimentar și deschide altul. Durata în timp a fiecărui ciclu, marcat de stingerea efectelor tectogenezei, este și ea foarte diferită (10 - 100 mil. ani).

Sedimentele din oceanele actuale au început să se acumuleze acum 200 mil. ani, vârsta lor fiind cuprinsă între Jurasic și Actual, iar cele mai vechi roci care conservă caracterul "sedimentar" au fost descrise în Scutul Ucrainean, Scutul Canadian și Scutul Australian. Recent, în Scutul Australian au fost descoperite structuri celulare vegetale în argile grafitoase datate 3,5 miliarde ani. În țara noastră, rocile sedimentare din Dobrogea Centrală (zona "sisturilor verzi") sunt datate Assyntic (600 mil. ani) și remaniată în conglomeratele de la Istria găleți de gresii cuarțoase puternic cimentate și bine conservate, ce argumentează formarea în Preassyntic și exondarea în aria limitrofă a aceluși bazin a unor roci sedimentare detritice.

Analiza unei coloane litologice dintr-o suită de roci sedimentare scoate frecvent în evidență limite concordante între unități petrografice distincte, de exemplu gresii, argile, marne, gipsuri. Dacă întreaga succesiune acoperă un interval stratigrafic de 15 milioane ani, corespunzător Miocenului, de exemplu, aceasta nu înseamnă că procesele depozitionale s-au desfășurat continuu în tot acest interval de timp. Putând aprecia, după caractere sedimentologice clare, rata de acumulare a fiecărei unități petrografice, reiese că limita dintre ele simbolizează sau poate simboliza un interval de nedepunere sau un *hiatus de sedimentare*; intervalul respectiv poate fi echivalent cu sute de mii sau milioane de ani. Studiul atent al limitelor dintre strate și, implicit, al suprafețelor lor, poate oferi informații prețioase despre evenimentele petrecute atunci când suprafața lor a rămas neacoperită și a fost afectată de procese postdepozitionale (eroziuni parțiale, modificări de structură determinate de organisme bentonice etc.). În petrologia sedimentară modernă, analiza limitelor de strat în succesiuni "continui" și nederanjate sau a hiatusurilor de sedimentare a devenit o operațiune curentă și eficientă pentru întregirea imaginii asupra evoluției exogenezei.

Rezultă din astfel de interpretări că depunerea materialului are loc intermitent, adesea discontinuu, iar colmatarea unui bazin prin astfel de procese poate dura 1, 10

sau chiar 100 milioane ani.

Relatia între "spatiu" si "timp" în domeniul sedimentar este deosebit de complexa, adesea contradictorie, asa cum se poate desprinde din multe fapte de observatie, si întotdeauna conditionata de intensitatea si calitatea factorilor-agenti exogeni care interactioneaza la un moment dat si într-un anumit loc.

#### ◆ **Procese si evenimente depozitionale**

Cum ? Este o alta întrebare prin care începe analiza proceselor sedimentare sau studiul relatiei "cauza-efect" în domeniul sedimentar.

Cauzele primare si esentiale care pot explica marea diversitate a sedimentelor si rocilor sedimentare sunt de natura mecanica, chimica si biotica. Procesele sau "cauzele" se circumscriu agentilor sau factorilor pentru a genera produsele sau "efectele": constitutiile sedimentelor si rocilor sedimentare; particularitatile lor granulometrice si morfometrice (sau texturile); relatiile spatiale dintre acestea (structurile sau "ordinea" pe care o capata prin procese depozitionale si/sau postdepozitionale în cadrul unui edificiu petrografic).

Procese fizico-mecanice. Variatiile termice din atmosfera; modificarea starii de agregare a apei prin înghet si dezghet, miscarea maselor de apa sau gheata actioneaza asupra rocilor preexistente, le strica echilibrul initial si contribuie la fragmentarea lor prin aparitia unui detritus - sau a unor *claste*. Antrenate de reseaua hidrografica, rocile preexistente ajung în albiile râurilor, în lacuri sau bazine marine sub forma depozitelor *epi-clastice* de origine terigena. În raport cu aria de sedimentare, "clastele" - fragmente de minerale sau roci preexistente - au caracter *alogen* (pentru ca sunt provenite din afara bazinului). Intensitatea dezagregarii rocilor preexistente, de orice natura genetica, este o consecinta a energiei de relief, a factorilor climatici, a compozitiei si structurii materialului supus acestor transformari, dar si - mai departe - a miscarilor de înaltare în aria continentală (care stimuleaza eroziunea), a modificarii nivelului de baza, a liniei "0" a oceanului planetar (care atunci când se înalta inhiba eroziunea si o stimuleaza atunci când coboara).

Din punct de vedere petrografic, efectele unor astfel de procese conduc la aparitia sedimentelor si rocilor sedimentare detritice si a structurilor lor caracteristice (granclasari, "mecanoglife", alunecari gravitationale).

Procese chimice. Apa ca "mediu chimic" si gazele din atmosfera sau cele dizolvate în solutiile naturale, în special  $O_2$ ,  $CO_2$ , pot reprezenta agenti agresivi fata de rocile preexistente cu care vin în contact, în special fata de mineralele instabile din constitutia acestora (de exemplu, sulfati, halogenuri sau olivina, piroxeni, feldspati etc.). O parte dintre ele vor fi trecute în solutie, alta parte vor fi alterate, adica înlocuite cu produse de *neoformatie*: antigorit, caolinit etc. Prin însumare, astfel de reactii - expresie a unei instabilitati chimice a vechilor asociatii mineralogice ajunse în contact cu factorii exogeni - au ca efect formarea depozitelor reziduale de caolin, laterit etc. Este unul din aspectele proceselor chimice din domeniul sedimentar. Celalalt aspect, mult mai extins si mai variat, vizeaza dezechilibrele care conduc la separarea compusilor minerali în momentul în care acestia ajung la suprasaturatie. Precipitarea chimica si cristalizarea din solutie sunt procese care genereaza compusi *autigeni*, formati "in situ" si care se individualizeaza sub forma depozitelor naturale de evaporite (halogenuri si sulfati), calcare de precipi-

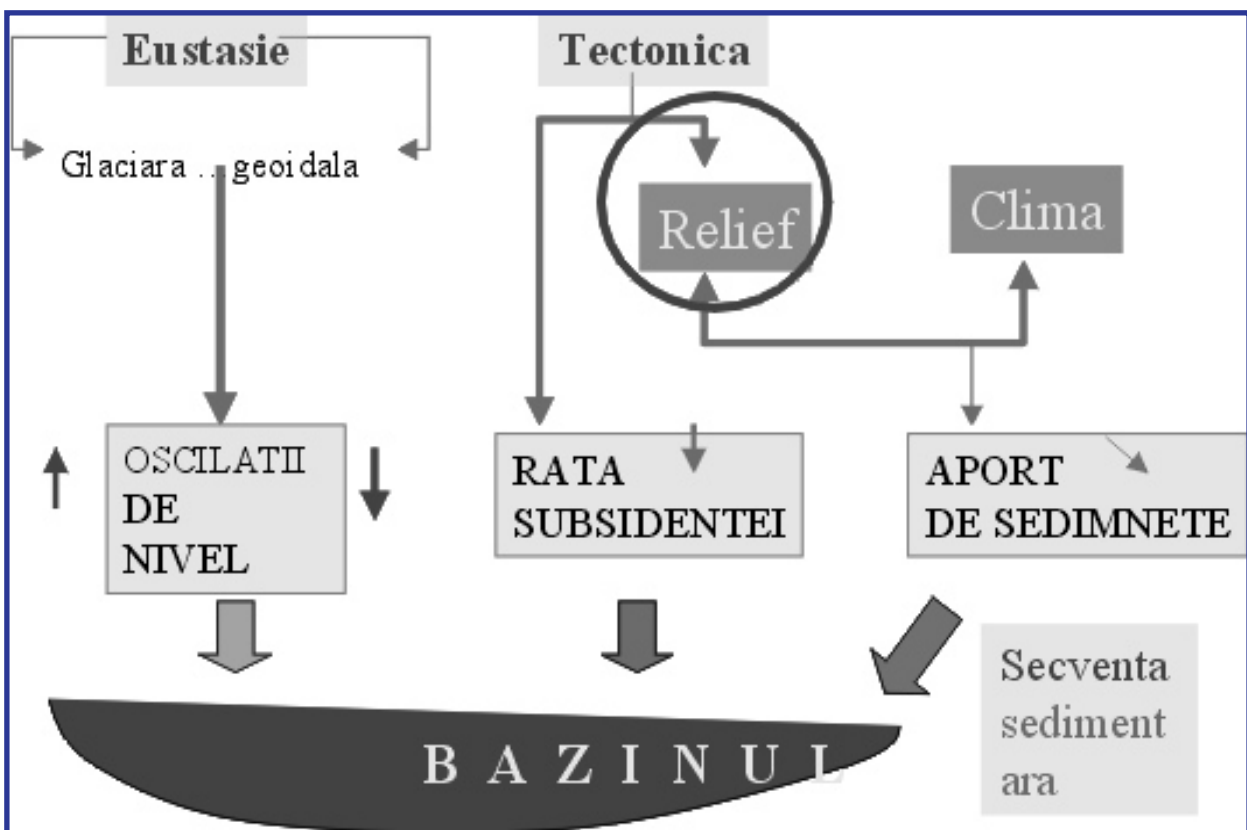


Fig. 8. Factorii globali care controleaza formarea unei secvente (asociatii de unitati sedimentare) intr-un bazin marin sau oceanic

tatie, unele fosforite, ferilite etc. Asemnarea lor din punct de vedere textural si structural cu produsele cristalizarii magmatice este frapanta. Forma si conturul cristalelor vor fi expresia "cresterii din solutie", contactele dintre ele vor fi liniare si, adesea, suturale.

Procese biotice. Activitatea biotica la suprafata scoartei terestre este complexa, iar implicatiile sale petrografice sunt numeroase. În contextul sedimentologiei se pot distinge doua aspecte fundamentale:

1. Activitatea biotica ca sursa de material sedimentar:

- generând substante organice care, în conditiile conservarii lor, conduc la formarea depozitelor de petrol si carbuni;
- generând, în timpul vietii organismelor, depozite "*bioconstruite*" (cum sunt recifii de corali si stromatolitele), iar dupa moartea organismelor, depozite "*bioacumulate*", prin concentrarea partilor scheletice de natura minerala sau, printr-un termen foarte general, particule biotice sau "*bioclaste*".

2. Activitatea biotica ca agent distructiv , de modificare si prelucrare a structurii sedimentelor în ambianta carora traiesc si, respectiv, ca agent constructiv, de realizare a unor structuri noi, specifice pozitiei filogenetice a organismelor respective; în acest caz produsul final va retine efectele suprapuse ale celor doua cauze - mecanica si biotica - cu actiune esalonata în timp.

Dintr-un alt punct de vedere, acela al dimensiunii ei planetare si în corelatie cu scurgerea timpului geologic, relatia cauza-efect poate fi privita prin prisma duratei si continuitatii fenomenului geologic.

Cauzele locale-regionale determina aparitia, adesea brusc, a unor produse bine circumscrise într-un context, regional: aparitia unui con de dejectie dupa o ploaie torențială, desprinderea de blocuri dintr-un versant abrupt, cresterea unor depozite algeale într-o ambianta climatica favorabila etc.

Cauzele globale (ciclurile Milankovici) determina modificarea periodica a parametrilor care vizeaza Pamântul ca planeta: *precesia*, odata la 21 000 ani, *oblicitatea*, odata la 45 000 ani; - *excentricitatea* odata la 100 000 ani. La scara globala, astfel de fenomene pot influenta climatul si, prin aceasta modificarile de nivel ale oceanului planetar: *transgresiunile* si *regresiunile* marine vor fi o consecinta, iar aliniamentele de conglomerate (de transgresiune si regresiune) vor puncta astfel jocul pe verticala al volumelor de apa din bazinele marine si oceanice .

Prin prisma unor astfel de cauze, auto- si alociclice, evenimentele geologice planetare, cu implicatii în sedimentologie, se contureaza ca **evenimente** ciclice, periodice si ca evenimente disciclice, episodice sau întâmplatoare.

Evenimente ciclice sunt si cele provocate de modificari sezoniere sau diurne ale conditiilor de sedimentare (maree, de exemplu), Consecintele lor vor consta în succedarea unor termeni sau unitati de sedimentare repetabile, ritmice, cum ar fi: gresie-argila, gresie-argila etc. sau calcar-marna, calcar-marna etc. Printr-un termen foarte general si exprimând fidel "cauza", astfel de produse se vor denumi *periodite* sau *ritmice* (fig.9).

Evenimentele disciclice sunt de scurta durata si au drept cauza o furtuna o inundatie, un seism, produsele lor, de origine mecanica desigur, se vor

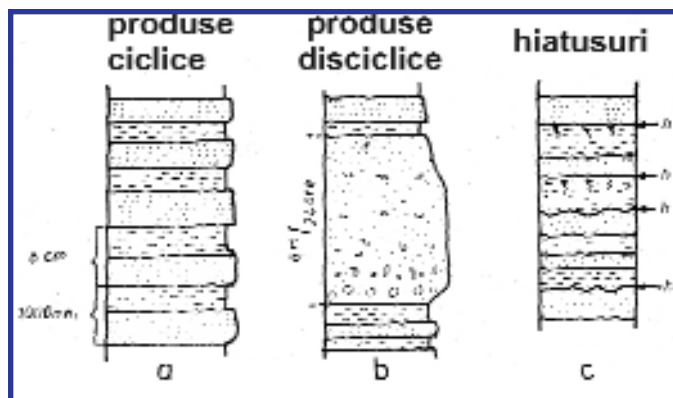


Fig. 9 Imaginea în coloane litologice a ritmitelor (a), tempestitelor (b) si a diverselor intervale hiatale.

denumi tot prin termeni generali: *tempestite*, *inundite*, *seismite*; în cazul tempestitelor, de exemplu, grosimea lor este controlata de viteza vântului, durata furtunii si distanta fata de tarm (fig. 10).

O cale spre descifrarea cauzelor trecute care au generat varietatea mare de produse sedimentare o constituie - dupa un vechi principiu (Charles Lyell, 1833) - cunoasterea cauzelor actuale. Mai mult si mai cert decât în petrologia endogena, pentru care astazi numai vulcanismul este un fenomen observabil, în sedimentologie, procesul actual este revelator. Nu exista nici un motiv sa nu acceptam ca distrugerea tarmurilor, acumularea sedimentelor în conuri de dejectie si pe plaje, depunerea sarurilor în lagune,

construcțiile recifale, acumularea mârurilor oceanice, nasterea urmelor de valuri sau a excavatiilor de curent, perforatiile în roci, formarea solurilor etc. reprezintă fenomene sau cauze geologice care s-au petrecut în mod identic și în trecutul Pamântului. Caracterile produselor actuale - granulometria, morfometria și structurile lor specifice, se vor constitui în criterii de identificare a condițiilor de sedimentare în trecutul îndepărtat.

Dificultățile care intervin dar și satisfacțiile pe care le obține geologul derivă din complexitatea coloanelor litologice, din faptul că o succesiune groasă de formațiuni sedimentare cuprinsă între limite de timp de milioane și sute de milioane de ani (vezi, de

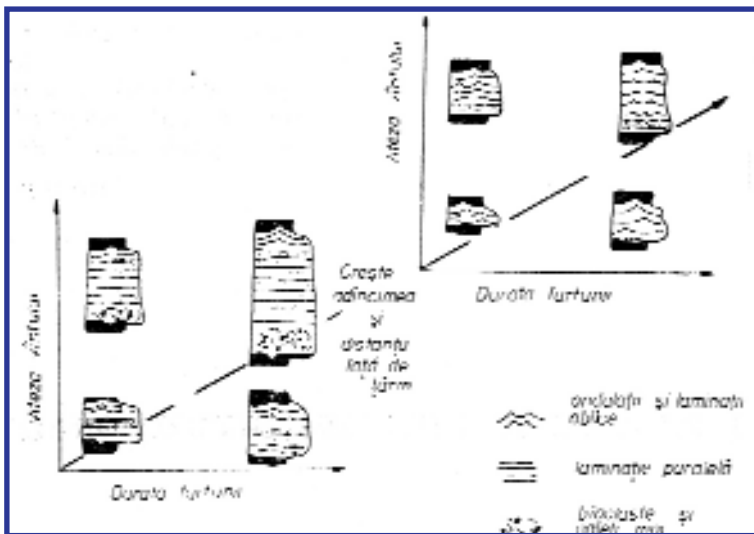


Fig. 10. Variația grosimii tempestilor în raport cu factorii care o pot determina [3]

exemplu, secțiunea tăiată de fluviul Colorado) poate fi rezultatul unor evenimente geologice ciclice și disciclice care s-au petrecut în medii foarte diferite, cu viteze diferite. Hiatusurile "de continuitate în bazin" pot alterna cu hiatusuri de "exondare", iar produsele pot prezenta adesea diferențe minime din punct de vedere calitativ. Efectele fenomenelor convergente - când prin factori și procese diferite se nasc produse asemănătoare - pot fi și ele prezente. Acesta este, de fapt, scopul investigațiilor noastre: de a reface din informații "frânte" și disperse un tablou genetic, logic și clar, care să se poată suprapune până la identitate cu modelele actuale și să devină pentru activitatea de cercetare o premisa viabilă a spațiilor și momentelor de concentrare a substanțelor minerale utile sau a combustibililor minerali solizi sau lichizi.



## GEOLOGIA HAZARDELOR NATURALE

În geologie, noțiunea "hazard" sugerează un eveniment natural, care se declanșează aproape brusc, este de scurtă durată și are o mare putere distructivă. De aceea, efectele sale sunt considerate catastrofice. Ele modifică relieful crustei terestre, schimbă condițiile de viață ale organismelor și, de multe ori, provoacă moartea în masă a acestora. Consecințele secundare ale evenimentelor catastrofice pot fi pe termen lung și se regăsesc în schimbări climatice, mari transgresiuni și regresii marine, apariții de organisme adaptate noilor condiții de viață.

În categoria hazardelor naturale sau a evenimentelor geologice catastrofice intră:

- ◆ coliziunea dintre fragmente de corpuri extraterestre (meteoriti) și suprafața Terrei ("impactul meteoritic");
- ◆ vulcanismul;
- ◆ cutremurile de pământ;
- ◆ alunecările de teren;
- ◆ furtunile puternice (uragane, tornade);
- ◆ inundațiile;
- ◆ valurile "tsunami" etc.

*Ati stiut ca:*

*. Impactul unui meteorit pe suprafața Lunii a produs acum 100 milioane de ani craterul Tycho, cu un diametru de 85 km; meteoritul a avut diametrul de 10 km și o viteză de înaintare de circa 50 km/s, iar energia degajată a fost de ordinul a milioane de megatone TNT (trinitrotoluen)?*

*. Cel mai vechi crater de impact meteoritic la suprafața Pământului (acum aproape 2 miliarde de ani) a fost descoperit în Africa de Sud și are un diametru de 140 km?*

*. Cenusa rezultată din erupția vulcanului Santorini, din Arhipelagul Cicladelor; (Marea Egee) a distrus în anul 1450 î.e.n. civilizația minoică dezvoltată în jurul insulei Creta, iar în zonele învecinate ea a format un strat cu o grosime de până la 40 m?*

*. Cel mai distrugător cutremur din timpurile istorice a avut loc la mijlocul secolului al XVI-lea în China (provincia Gansu), când au murit peste 800 000 de oameni?*

*. În timpul inundațiilor din România, din anul 1970 debitul Muresului la Arad a atins 2400 m<sup>3</sup>/s, față de debitul normal al râului de numai 20 m<sup>3</sup>/s?*

*. Anual, în S. U.A. au loc 25 de alunecări de teren catastrofale care provoacă pagube de 1,5 miliarde de dolari?*

Când astfel de evenimente naturale afectează regiuni populate ale Globului terestru, ele provoacă dezastre naturale, pierderi de vieți omenești și pagube materiale considerabile. Datorită unor astfel de consecințe, geologii sunt preocupați să afle cauzele intime ale acestor procese, să le localizeze, să prevadă declanșarea lor și, astfel, să poată da

sugestii pentru protectia zonelor cu risc ridicat.

Cauzele cosmice favorizeaza intalnirea corpurilor extraterestre (asteroizi, roii de meteori) cu relieful terestru sau cu suprafata oceanelor.

Cauzele interne duc la acumularea de energii sub crusta terestra sau, la limita dintre placile litosferice, provoaca fie focare magmatice care declanseaza, apoi, procese vulcanice, fie reorganizari spatiale ale blocurilor crustale urmate de miscari seismice (cutremure de pamant), alunecari de teren etc.

Cauzele externe, cum sunt variatia energiei solare si interactiunea factorilor atmosferici si hidrosferici, atlati sub influenta acestei energii, cu partea superioara a litosferei, declanseaza evenimente meteorologice de mare intensitate: furtuni, precipitatii abundente, valuri uriase.

## IMPACTUL METEORITIC

Meteoritii sunt fragmente de corpuri ceresti de compozitie si densitate variabile ce patrund in atmosfera terestra cu viteze de 25-50 km/s si provoaca, la suprafata scoartei, in timpul coliziunii, presiuni de peste 50 khaT.

Fragmentele de dimensiuni mici (centimetrice, milimetrice) formeaza o "ploaie de meteori" care se amesteca cu sedimentele de la suprafata Terrei sau acopera calotele glaciare.

Fragmentele de dimensiuni mari (dm, m sau chiar km) modifica sever calitatea locului in care cad, dar probabilitatea patrunderii lor in atmosfera terestra este mica; pentru meteoritii cu un diametru de  $>100$  m se apreciaza o probabilitate de 1 la 100000 ani, iar pentru cei cu diametrul de 10 km, de la 1 la 40 de milioane de ani.

Urme ale impactului meteoritic se cunosc in toata istoria geologica a Pamantului (cele mai vechi acum 2 miliarde de ani, iar cele mai noi in timpuri - istorice) si au fost descrise in Africa de Slid, Canada, America de Nord, Ucraina, Rusia, Australia. Efectele directe ale impactului sunt cunoscute sub denumirea "astrobleme"; ele au morfologia unor cratere al caror diametru este de zeci de ori mai mare decât al meteoritului care le-a generat (ex.: Sudbury in Canada are 140 km in diametru; Araguinha, in Brazilia - 40 km; Sierra Madre, in Texas - 13 km, Kamensk, in Rusia - 25 km).

Praful meteoritic, bogat in iridium, contamineaza sedimente si roci argiloase cu o vechime de 65 milioane de ani (adica la limita K-T - Cretacic/Tertiar).

Caderea unui meteorit mare pe suprafata marilor si oceanelor poate provoca o vaporizare partiala sau totala a acestora si, evident, valuri uriase. Urmari importante ale unor astfel de evenimente trebuie cautate si in modifican climatice: incalziri bruste ale aerului cu declansarea unor incendii de mari proportii, care ar arde practic toate plantele din acele zone, urmate de raciri, ploi acide (cu HNO<sub>3</sub> !!!).

In istoria Pamantului, momentele unor coliziuni importante dintre meteoriti si suprafata terestra au fost urmate de extinctii biologice importante (disparitia trilobitilor la sfârsitul erei primare, acum 250 de milioane de ani, a dinosaurilor si amonitilor, la sfârsitul erei secundare, acum 65 de milioane de ani), precum si de initierea unor forme de viata.

## VULCANISMUL

Camerele magmatice in care "se pregatesc" eruptiile vulcanice sunt situate in litosfera continentală, deasupra zonelor de subductie a placilor oceanice si sunt bogate in gaze. Acumularea acestora in apropierea suprafetei terestre creeaza presiuni mari si provoaca explozii puternice. Aparatele vulcanice care se nasc au forma conica, iar produsele lor de explozie constituie "tephra" (piroclastite) mobile: blocuri, lapili si in special, cenusa, derivate din pulverizarea-unei lave vâscoase. Vulcanismul se manifesta efuziv si exploziv.

Vulcanismul efuziv, linistit, este specific "camerelor magmatice bazaltice", situate sub fracturi crustale sau in lungul dorsalelor oceanice; el se manifesta sub forma curgerilor de lava care creeaza aparate cu pante line (tip Hawaii).

Raspandirea vulcanilor, la scara globala, corespunde cu aliniamentele zonelor de subductie (vezi Cercul de Foc al Pacificului) si ale marilor fracturi crustale (zonele de rift oceanic si dorsalele corespunzatoare, in Oceanul Atlantic, Oceanul Indian, platourile de bazalte din India, Colorado).

Activitatea vulcanica exploziva, pe langa modificarile de peisaj pe care le produce (se naste un relief vulcanic tipic), poate declansa si catastrofe ecologice, iar indirect, modificari climatice. Astfel, acumularile bruste de cenusa acopera si opresc evolutia vietii. De exemplu: in urma eruptiei vulcanului Vezuviu, au fost distruse orasele Pompei si Herculaneum, iar oamenii surprinsi de cenusa au fost îngropati de vii (16000 de morti); norii arzatori emisi de eruptia vulcanului Mont Pelee (Martinica) au curmat in anul 1902, la Saint Pierre, 35000 de vietii. Printre cauzele modificarilor climatice care pot avea loc, mentionam: dereglari in continutul de CO<sub>2</sub> al atmosferei, efecte de sera (cu incalziri usoare), oprirea radiatiilor solare de catre norii persistenti de cenusa etc.

Printre efectele indirecte, ale vulcanismului exploziv, mai pot fi: declansarea de valuri tsunamis in timpul eruptiei vulcanului Krakatoa, Jawa, din anul 1883, aceste valuri au atins o înaltime de 40 m), cutremure locale cu magnitudine mare, incendii, curgeri de blocuri si noroi pe pantele vulcanilor.



Fig.1 . Emanatie de gaze si cenusa de catre un vulcan activ (Stromboli, Italia)

## CUTREMURELE DE PAMANT

Cutremurul de pamant este efectul unei miscari crustale de scurta durata (de ordinul secundelor sau minute lor), dar de intensitate foarte mare. El este provocat de frecarea placilor crustale, de rearanjarea unor compartimente ale acestora sau de "colapsul"

(prabusirea) unor portiuni instabile, ce delimiteaza goluri in apropiere de suprafata scoartei. In timpul acestor miscari, din locul in care ele se produc, numit hipocentru se propaga unde seismice (miscari oscilatorii). Locul situat deasupra hipocentrului, in care undele ajung cel mai repede si au puterea de distrugere cea mai mare, reprezinta epicentrul. Forta unui cutremur se exprima prin magnitudine (energia eliberata de miscarea seismica si apreciata pe scara Richter cu valori de la 1 la 10) si prin intensitate (dupa consecintele distructive in zonele afectate (scara Mercalli).

La suprafata Pamantului, zonele seismice importante coincid cu zonele active din punct de vedere tectonic (limite de placi litosferice, suprafete de subductie, depresurizari si colapsuri in vecinatatea unor camere magmatice).

Efectele naturale ale miscarilor seismice sunt foarte variate. Astfel, ele provoaca:

- *rupturi* (falii) in terenurile rigide ale scoartei si faciliteaza miscarea unor compartimente crustale in raport cu altele (de exemplu, decrozarile din lungul faliei San Andreas, California si cutremurele aferente din regiunea Los Angeles - San Francisco);

- *alunecari de teren* - prin deranjarea stabilitatii unor depozite de foci fracturate sau slab coezive; sunt foarte frecvente in zona Anzilor Cordilieri, unde se manifesta sub forma unor curgeri de blocuri si noroi care ating viteza de peste 150 km/h si distrug totul in calea lor;

si efecte secundare, cum sunt:

- aparitia de valuri urias, atunci cand miscarile seismice se manifesta subacvatic;

- formarea sau reactivarea unor vulcani noroiosi,

- provocarea de inundatii catastrofale prin distrugerea barajelor artificiale,

- declansarea de incendii etc. .

Cand un seism afecteaza o zona populata, pierderile de vieti omenesti si pagubele materiale produse pot fi foarte mari, Seisme recente, urmate de distrugeri considerabile, au avut loc in ultimii ani in Japonia (Kobe, Tokyo), California (San Francisco), Grecia - Peloponez (Delphi), China. In Romania, zona de curbura a Carpatilor Orientali corespunde unei arii cu seismicitate ridicata, iar cutremurele declansate aici se propaga la zeci si sute de kilometri distanta, in Campia Romana si Podisul Moldovei.

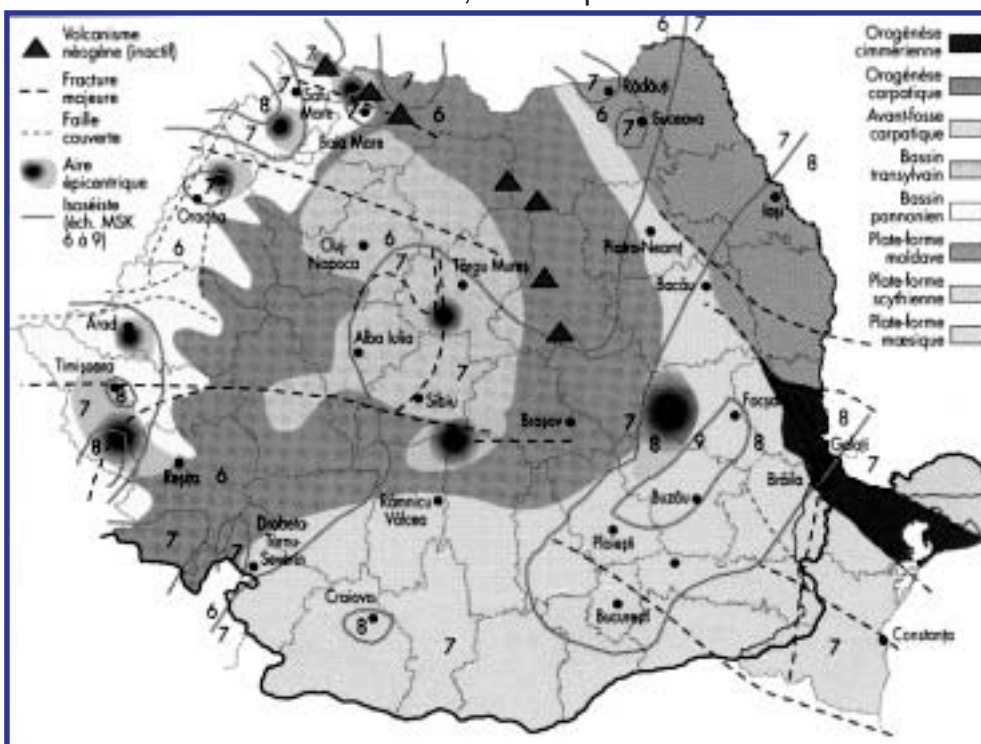


Fig.2. Distributia zonelor seismice in Romania

## ALUNECARILE DE TEREN

Alunecarile de teren, inregistrate in zonele montane si in cele deluroase afectate de precipitatii prelungite, urmate de infiltrarea apelor deasupra unor strate argiloase, de inmuierea acestora si de "caderea" pe panta a stratelor acoperitoare, sunt fenomene naturale frecvente. Ele modifica infatisarea reliefului si provoaca devieri ale raurilor. Deci, trebuie sa fim atenti la terenurile in panta in a caror constitutie intra alternante de roci permeabile (care colecteaza apa) cu roci impermeabile (care joaca rolul de "lubrefiant") si la comportarea lor in timpul ploilor torentiale.

Intr-o regiune afectata de o alunecare, se pot observa: rapa de desprindere, suprafata de alunecare si „limba” sau "lobul" alunecarii. Viteza deplasarilor oscileaza de la valori de ordinul mm/an la cel al m/s. In Romania, suprafata totala afectata de astfel de fenomene este de circa 900000 ha, ocupând in deosebi Podisul Transilvaniei si zona Subcarpatica, unde aflureaza depozite sedimentare miocene si pliocene.



## INUNDATIILE

In timpul perioadelor foarte ploioase, nivelul raurilor creste brusc, debitul lor devine foarte mare, iar puterea de eroziune si transport al aluviunilor creste considerabil. In aceste conditii, nivelul apei depaseste inaltimea albiei minore (in care raurile curg in regim normal) si acopera albia majora (lunca inundabila). Viitura care se produce modifica brusc echilibrul natural al bazinului hidrografic. Se produc surpari de maluri, eroziuni laterale, sedimentari rapide, ingroparea solurilor de lunca si distrugerea vegetatiei. Se modifica, de asemenea, unele cursuri de rauri. In zonele locuite si cu activitati umane sunt distruse poduri, drumuri, cai ferate si numeroase locuinte amplasate in lungul acestor zone.

In zonele subtropicale musonice, inundatiile provoaca anual numeroase pagube. Sunt cunoscute inundatiile Gangelului si Brahmaputrei in India, Bangladesh (unde au provocat 500 000 de morti in anul 1970) sau ale fluviului Huanghe in China. In Romania, Muresul si Oltul au provocat mari inundatii in anul 1970.

Fig.3 (sus dreapta) Alunecari de teren in faleza de la Eforie de sud

Fig.4. Arie ciclonica deasupra Oceanului Atlantic, in apropierea coastei Floridei.





Cum putem anticipa hazardul geologic? Cum putem proteja zonele populate? Cum putem, reduce pierderile de vieti omenesti si pagubele materiale?

Iata trei intrebari care se afla pe lista de prioritati ale cercetatorilor din tarile civilizate.

Predictia dezastrelor- geologice impune doua elemente esentiale:

1. elaborarea de harti in care sa fie localizate ariile de maxima intensitate a vulcanismului, a miscarilor seismice, a zonelor cu alunecari;
2. instalarea unei aparaturi specializate care sa permita inregistrarea continua a "pulsatiilor" (semnalelor) care provoaca catastrofe naturale.

In prezent, stim ca predictia exacta a unui cutremur este greu de facut, mult mai greu decat cea a unei eruptii vulcanice, a caror semnale sunt mult mai evidente si, in consecinta, mai usor de urmarit. Alunecarile de teren si inundatiile catastrofale pot fi mult mai usor prezise.

Evitarea aglomerarilor urbane in zonele de risc seismic, vulcanic etc. sau luarea unor masuri de protectie in functie de calitatea (soliditatea) constructiilor, a drumurilor si podurilor tin de strategia de dezvoltare a tarilor in care aceste evenimente au o frecventa mai mare si, desigur, de investitiile financiare care se pot face in aceste scopuri.

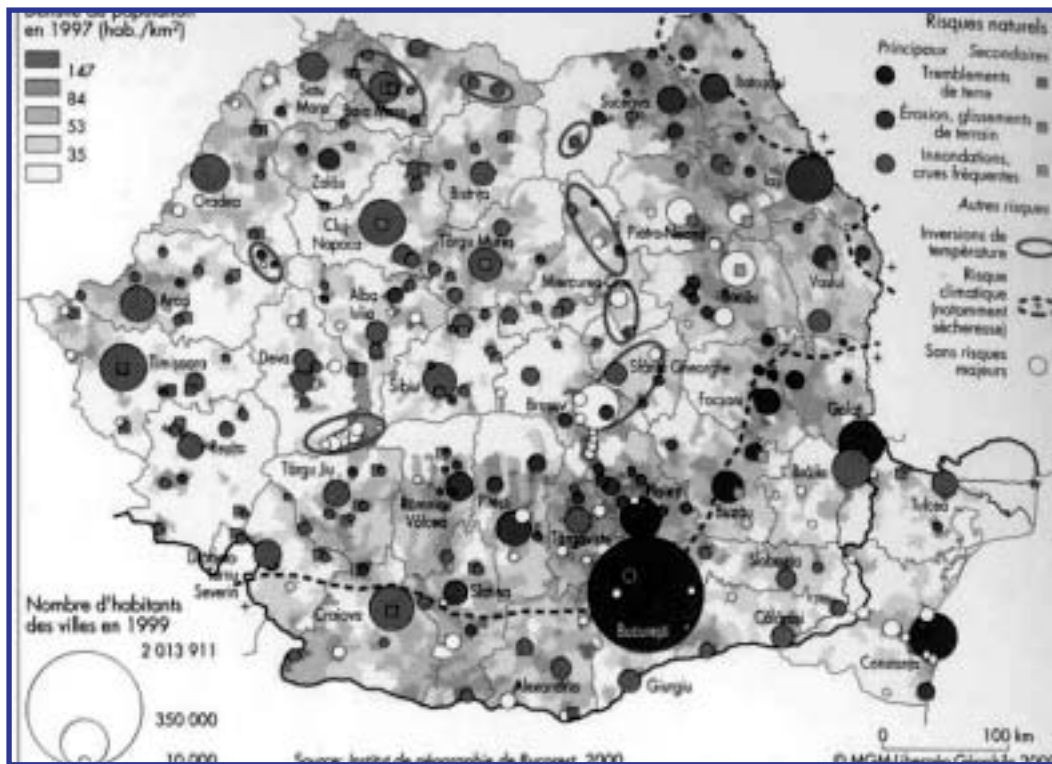


Fig.5. Distributia riscurilor naturale pe teritoriul Romaniei



