

## Diagnoza ambianțelor sedimentare evaporitice miocene pe baza structurilor sedimentare specifice (Sedimentary structures from sulphatic evaporitic rocks as basis of paleoenvironments diagnosis)

Dumitru *Frunzescu*, Gheorghe *Brănoiu*

În cadrul arealului subcarpatic dintre râurile Prahova și Buzău apar depozite evaporitice sulfatice în diferite formațiuni litostratigrafice ale Miocenului mediu și superior ce aparțin unităților structurale ale pânzei de Tarcău, pânzei subcarpatice și flancului intern cutat al avanfosei carpatice. Astfel, în Burdigalian există formațiunea de Cornu cu subformațiunea gipsurilor inferioare și subformațiunea brețioasă; în Burdigalian–Badenian inferior, molasa de Doftana cu formațiunea medie (= cu tuf și gips) și formațiunea superioară (= cu șisturi calcaroase și gips) iar în Badenianul mediu–superior, molasa de Slănic (cu gips, sare, breții în sinclinalul Slănicului, și cu gips în sinclinalele Drajei și Predeal Sărari).

În diferitele aflorimente cu depozite evaporitice dintre râurile Prahova și Buzău, s-au întâlnit structuri sedimentare a căror importanță este aceea de diagnostic al ambianțelor de sedimentare, iar informația integrată va permite precizări referitoare la evoluția molasei miocene.

Cheia interpretării structurilor întâlnite are la bază procese observate în ocurențe actuale (lacurile din sudul Australiei, sudul Spaniei, Sicilia, Egipt, coastele Peninsulei Arabe, zona Mării Moarte), considerații științifice legate de parametrii de stare (presiune, temperatură), analize de detaliu și interpretări geologice în zăcămintele sulfatice cunoscute.

Dacă în geologia clasică, gipsurile erau tratate din punct de vedere al structurii și texturii într-un mod similar rocilor magmatice, detalii actuale asupra rocilor sulfatice indică prezența unor structuri și texturi specifice siliciclastitelor.

Depozitele sulfatice din molasa miocenă trădează o intensă activitate a bazinului de sedimentare cu ridicări și coborâri de nivel marin pe fondul unor tendințe tectonice de *uplift* sau de subsidență, cu prelucrare multiplă, alternativ subacvatică și subaeriană a sedimentelor și în final, cu conservare prin depunere subacvatică.

În formațiunile miocene cu depozite evaporitice sulfatice din sinclinalele Slănic, Draja și Predeal Sărari au fost cercetate mai multe aflorimente în care au fost descrise structuri depoziționale, structuri erozionale, structuri deformaționale, structuri biogene și structuri diagenetice.

Exemplificarea modului de interpretare sedimentologică a structurilor sedimentare întâlnite în depozitele evaporitice sulfatice, se face pe baza unor studii de caz asupra aflorimentelor de la Teișani și Cernești din molasa de Doftana și a aflorimentului de la Piatra Verde – Slănic din molasa de Slănic.

Astfel, la Teișani, aflorează depozite de vârstă Burdigalian – Badenian inferior cunoscute sub numele de *Molasa de Doftana*, care cuprinde formațiunea inferioară cu conglomerate (= conglomeratele de Brebu), formațiunea medie (= cu tuf și gips) și formațiunea superioară (= cu șisturi calcaroase și gips). Suita sulfatică care se întâlnește aici, cuprinde următoarele faciesuri și asociații de faciesuri: gips nodular stratificat; gips

nodular penemozaic; gips clastic laminitic; gips clastic în benzi; gips fibros; șisturi calcaroase; laminite de cianobacterii.

*Gipsul nodular* este un litofacies caracterizat de prezența nodulilor sferoidali, izometrice sau elipsoidali de dimensiuni submilimetrice la centimetrice, uneori decimetrice dezvoltate în sedimentul gazdă de cianobacterii sau silto-lutito-arenite supratidale. Nodulii pot apărea izolați într-o matrice abundentă (*matrix-supported*) sau pot fi agregați în straturi de noduli de grosimi milimetrice, centimetrice, decimetrice. În straturi, nodulii au dispoziție cu axa lungă verticală la stratificație (la creștere „in situ”), sau cu axa lungă aplecată, culcată la creștere dintr-un material anterior transportat și depus într-un anumit aranjament structural. Spațiul intergranular este umplut cu minerale argiloase, dolomicrit, silto-arenit, materie organică. La un stadiu din ce în ce mai avansat nodulii se alipesc (devenind coalescenți) pe seama expulzării matricei, formând structurile *penemozaic*, apoi *mozaic* și apoi *chicken-wire*. Se presupune climat arid, aflus redus de nisip eolian și progradare spre larg a faciesului supratidal și intertidal. Totuși, noduli de gips apar, primar, frecvent în zonele de sabkha vegetate cu plante halofitice și nebkha (mici dune ținute de vegetație) în regiunea perimediteraneană.

*Gipsul clastic laminitic* este un litofacies format dintr-o alternanță de lamine de culoare deschisă slab contaminate cu argilă și carbonați și de lamine de culoare închisă conținând un amestec de material lutitic și carbonați. Este datorat variațiilor periodice (nu necesar sezoniere) în chimismul apei sau fluctuației haloclinei. La redepunere în mediul subacvatic puțin adânc și adânc (sub baza valurilor), procese diagenetice de dizolvare și recristalizare pot șterge sau modifica caracterele structurale și texturale ale sedimentului clastic. Acest facies este citat și din lacurile *salinas* și zonele sabkha actuale.

*Gipsul clastic în benzi* este un litofacies dominat de lamine de gips clastic și lamine dolomitico-argiloase, de grosimi de milimetri la decimetri, asociate cu structura gradată sau uneori cu structuri de alunecare de tip *slumping*. Sunt citate pentru ambianțe de apă adâncă și uneori, chiar de apă adâncă.

*Gipsul fibros* – formează vine, filoane sau lamine de grosimi milimetrice sau centimetrice de cristale dispuse în palisadă și orientate perpendicular pe zona de dezvoltare. Se dezvoltă în principalele discontinuități sedimentare (plane de stratificație, fracturi, diaclaze). Gipsul fibros este legat de recristalizări din ape încărcate cu sulfat din dizolvarea selenitului care circulă ulterior pe fracturile sedimentelor asociate formațiunilor evaporitice.

*Șisturi calcaroase* – litofacies alcătuit din alternanță de lamine submilimetrice carbonatice și lutitice. Laminele carbonatice conțin alge filamentoase și coccolite. Laminele lutitice conțin minerale argiloase. Sunt specifice mediilor supertidale cu persistență a acoperirii cu apă.

*Laminite de cianobacterii* – lamine fine submilimetrice, de pături algale de cianobacterii alternant îmbogățit organic (culoare închisă) sau în mâl sulfatic (culoare deschisă) cu gips microcristalin, cristaloclastic. Trădează ambianțe de apă puțin adâncă, pe câmpii evaporitice cu lacuri efemere inundate episodic (prin vânt) sau periodic, prin inundare marină.

La Cernești se întâlnește o suită sulfatică ce cuprinde următoarele faciesuri și asociații de faciesuri: gips nodular stratificat; gips nodular penemozaic; gips clastic;

gips clastic laminitic; gips clastic în benzi; gips fibros; șisturi calcaroase; laminite de cianobacterii.

*Gipsul clastic* este un litofacies ce cuprinde sedimente și roci sulfatice cu caracteristici proprii materialului terigen, cu cristale și fragmente de gips aranjate în cadru *grain-supported și matrix-supported*, structuri proprii siliciclastitelor. Clastele variază ca grad de rotunjire, formă și sortare, predominând formele lamelare, discoidale, alungite. Conține o pondere însemnată de material terigen (minerale argiloase, cuarț, mice, feldspați). Varietățile de gips clastic includ: *gipsoolite*, *gipsolutite*, *gipsarenite* și *gipsorudite*. Gipsoolitele sunt asociate genetic unui mediu de salinitate și dinamică a apei variabile. Gipsolutitele au fost descrise din ambianțe de lac de coastă – *salinas* sau din ambianțe turbiditice. Gipsarenitele s-au format prin remobilizare mecanică și redistribuire de sediment în medii cu energie ridicată periodică (cu inundări, furtuni). Actual, sunt citate în ambianțele din lacurile *salinas* și zonele de sabkha de pe coastele din sudul și vestul Australiei, Spaniei, Americii de Nord, Egipt, prin remobilizarea mecanică (prin valuri și/sau vânturi) a apei puțin adânci sau a sedimentelor emerse.

La Piatra Verde aflorază depozite de vârstă Badenian mediu–superior, cunoscute sub numele de *Molasa de Slănic*. Suita sulfatică (formațiunea cu tuf și gips) care se întâlnește aici, cuprinde următoarele faciesuri și asociații de faciesuri: gips masiv microcristalin; gips masiv în laminite de cianobacterii; gips nodular stratificat; gips nodular penemozaic; gips clastic; gips clastic laminitic; gips clastic în benzi; gips fibros; structuri *flaser* și lenticulare în gips; structuri de curgere gravitațională de tip *debris-flow*; structuri de suprasarcină *ball & pillow*; structuri de tasare (*load casts*); gips cu structură de *slump*.

*Gipsul masiv microcristalin (alabastrin)* se formează primar prin concentrarea ritmică a ionilor sau prin recristalizarea gipsului fin granular precipitat în pături de cianobacterii și ulterior transportat cu ocazia furtunilor. Local, apare intercalat în ritmite argiloase gipsifere ce prezintă structuri de uscare sau canale de eroziune indicând emersiune periodică. Este un rezultat al mai multor faze de dizolvare a cristalelor de gips la expunere subaeriană intermitentă și precipitare din saramură în zona vadoasă. Se formează în ambianțe de apă puțin adâncă, pe câmpii evaporitice cu lacuri efemere inundate periodic sau episodic (prin vânt), la sezoane umede, prin inundare marină. Lacurile cu saramuri efemere pot fi periodic diluate cu ape din *hinterland*. În timpul de salinitate redusă înfloresc păturile de cianobacterii. Păturile algale refăcute periodic la suprafața sedimentului îl protejează de eroziunea următoarelor inundații.

*Gipsul masiv în laminite de cianobacterii* apare în strate de grosimi centimetrice, decimetrice sau metrice intercalate la diferite nivele ale succesiunii litologice. Sunt compuse din lamine fine submilimetrice, de pături algale de cianobacterii alternant îmbogățite organic (mai negre) sau în mâl sulfatic, carbonatic (mai deschis) cu gips microcristalin, cristaloclastic. Laminele organice, uzual dolomitizate, includ frecvent bioclaste (microfosile, resturi organice). Predomină algele filamentoase și coccoidele. Ele pot fi domale, regulat încrețite și frecvent, sunt slab ondulate, cu laminație mai puțin regulată sau întreruptă, asociate cu gips clastic fin și ocazional, cu structuri de tip *flaser*. Laminele sunt punctate de gips nodular cu contururi neregulate și pe alocuri, apar cristale relict de gips sticlos dintr-o generație mai veche. Se formează în ambianțe de apă puțin adâncă, pe câmpii evaporitice cu lacuri efemere inundate episodic (prin vânt) sau periodic, la sezoane umede, prin inundare marină. Lacurile cu saramuri efemere pot

fi periodic diluate cu ape din *hinterland*. În timpul de salinitate redusă înfloresc pături de cianobacterii. Laminitele mai puțin încrețite, cu interstratificări de gips clastic s-au născut în condiții de energie instabile, de presupus, în margine de bazin cu adâncime redusă a saramurii. După evaporarea pânzelor de saramură, precipită cruste de cristale aciculare subțiri, ulterior relucrate (de pânza de inundare sau de saramura ulterioară), formând laminele cristaloclastice controlate de păturile algale. Păturile algale colectează și rețin sedimentul evaporitic, depunându-l (ca strat de tracțiune, sau prin așezare – în lamine normale) la scăderea curentului de inundare. Păturile algale refăcute periodic la suprafața sedimentului îl protejează de eroziunea următoarelor inundații.

*Structuri flaser și lenticulare* – litofacies constituit din gips cu laminație inconsecventă, local ștearsă și discontinuă, exprimată prin prezența de benzi și lentile neregulate deosebite de fundamentul microcristalin sau granular prin culoarea mai închisă și adaosul lutitic mai bogat. Gipsul *flaser* asociat cu stratificația gradată este considerat de origine sinsedimentară cu depunere din curent. Stratificația *flaser* și lenticulară este citată în literatură ca tipică pentru facies de gură de canal, ca acumulare prin procese de tracțiune a unui depozit fin granular, de con de mare adâncă. De asemenea, se citează din sedimente lacustre de fund, în fața dezvoltării micilor delte.

*Structuri de curgere gravitațională de tip debris-flow* – litofacies dominat de intraclaste sulfatice, terigene, eterogene ce „plutesc” într-o matrice mediu la fin granulară cu aranjament *matrix-supported*. Structura internă a depozitului este haotică. Local, claste alungite sunt aliniate într-un aranjament fluidal, uneori suborizontal, indicând direcția de curgere. Contactul bazal este eroziv și în apropiere arată o zonă subțire de forfecare. Partea inferioară a debritului este frecvent invers gradată datorită înghețării friționale de progradare. Zona mediană sau superioară pot arăta gradare normală, indistinctă. Contactul superior este net sau poate trece în turbidit suprajacent, nisipos sau mâlos cumulând un cuplet compus. Inițierea mișcării se face prin șoc seismic, de furtună sau încărcare bruscă. Coeziunea crește cu adâncimea sedimentului sub nivelul mării și scade cu presiunea apei din pori în sedimente neconsolidate.

*Structuri de suprasarcină ball & pillow* – litofacies dominat de concrețiuni sferice de gips nodular mozaic, legate sau izolate plutind într-o matrice sulfatic-mâloasă. Creșterea diagenetică secundară a gipsarenitului sau gipsoruditului, rămas încă pur în aglomeratul sferic, la stadiul de gips penemozaic sau mozaic, desăvârșește aspectul acestui facies. Amorsarea deranjării se face prin șoc (seismic, de furtună) într-o suită de sedimente sulfatice, hidroplastice, rapid acumulate. Deplasarea predominant verticală a sedimentului plastic, rapid supraîncărcat poate fi însoțită și de deplasare laterală prin alunecare de tip *slumping*. Apare atât în ambianțe de apă puțin adâncă cât și în ambianțe de turbidite de apă adâncă.

*Structuri de tasare (load casts)*. Încărcarea rapidă cu sediment de gips clastic sau nodular asociată cu lichefierea tixotropică a sedimentului determină structuri de tasare diferențială, dezvoltări lenticulare de strat tip *pillow* sau *flame*. Lichefierea este frecvent activată de furtună.

*Gips cu structura de slump*. Structurile *slump* cuprind deformări pene-contemporane, rezultate din mișcarea și deranjarea unor strate de sediment deja depuse, sub acțiunea gravitației, în cursul unei acumulări rapide. Rezultă un amestec de strate de sediment fin lutitic și arenitic sau de o stratificație perturbată mai mult sau mai puțin. Sunt asociate cu o deformare plastică, fracturi, orizonturi brecifiate, cu rotația clastelor,

injecție, microfalii, mici șariaje, cutare intraformațională. Sunt citate de pe pante abrupte de *point-bar* ale canalelor de câmpie intermareică, de pe dorsale arenitice supuse furtunii, din zone depresionare de compactare și tasare diferențială. Tipic însă, sunt depozite de taluz.

Pe baza structofaciesului determinat în suita evaporitică sulfatică de la Teișani s-au diagnosticat repetarea unor ambianțe de întinderi mareice puțin inundate, ambianțe supertidale de apă puțin adâncă, ambianțe de câmpie lutitică, periodic inundată, cu intervale scurte de inundare.

În suita evaporitică sulfatică de la Cernești s-au diagnosticat repetarea unor ambianțe de câmpie lutitică, de coastă sau continentală de tip *sabkha*, periodic inundată; ambianțe de câmpii mareice puțin inundate; ambianțe de apă puțin adâncă de *foreshore*; ambianțe de câmpie lutitică cu lacuri *salinas*.

La Piatra Verde, s-a constatat repetarea ambianțelor de câmpie lutitică *sabkha* periodic inundată; ambianțe de taluz proximal compatibile lacurilor de coastă *salinas*; ambianțe de câmpie de coastă, intermareică; ambianțe de taluz superior; ambianțe de tip turbiditic; ambianțe de apă puțin adâncă care alternează cu ambianțe de apă adâncă.

Evoluția molasei de Doftana sau a molasei de Slănic este legată de un ciclu eustatic de termen lung (de ordinul III). Formațiunea inferioară a molasei de Doftana urmează unor cortegii de *lowstand* (brecea de Cernești, conglomeratele de Brebu) și are o stocare transgresivă a parasecvențelor cu termen subtidal (A) preponderent față de cel supratidal (B). Formațiunea medie (cu tuf și gips) și formațiunea superioară (cu șisturi calcaroase și gips) sunt caracteristice unor cortegii de *highstand* cu creșterea ponderii termenilor intertidali (B) și supratidali (C). Se explică reliefurile aplatizate de câmpii aluviale, de lacuri saline izolate efemere (*playa*) sau perene (*salinas*) în spatele ridurilor de plajă. Spațiul disponibil redus și predispoziția pentru circulația redusă pe topul platformei sunt ideale pentru acumularea evaporitelor subțiri de șelf și peritidale. Unități diacrone de evaporite *sabkha* și *salinas* sunt larg răspândite.

Ciclurile mari de inundare (*deepening*) sau retragere (*shallowing*) decelate din coloane sunt raportate fluctuațiilor eustatice de ordinul IV–V. În ciclurile IV–V, mezosecvențele cu facies deranjat, cu facies de gips nodular ar fi în situații de *lowstand*, iar cele cu șisturi calcaroase, biolaminite sunt considerate a fi în situații de *highstand*.

Faciesurile componente ale gipsului nodular au semnificații sezoniere. Generațiile succesive de noduli se formează la diferite adâncimi capilare în urma retragerii pânzelor de inundare în sezonul arid. Cicluri repetate de inundare/aridizare determină procese succesive de dizolvare/creștere cu dominanța creșterii dimensionale a nodulilor în timp.

În cadrul molasei de Slănic, în formațiunea cu tuf și gips de la Piatra Verde, s-au înregistrat faciesuri sulfatice considerate ca părți superioare și respectiv inferioare ale unei secvențe tip cunoscută din avanfosa nord carpatică din Polonia, Ucraina, Bucovina. La Piatra Verde, sunt descrise litofaciesuri ale gipsului clastic ce provin din resedimentarea unui material sulfatic anterior sau contemporan limitrof. Litofaciesurile compun parasecvențe ale unor ambianțe adânci, din gama: A – fund de bazin (lagunar sau lac *salinas*) (= *mud flow* cu rare clastorudite de gips alabastrin, gipsoturbidite); B – taluz distal/proximal (*debris flow*, *slump*); C – subtidal, gură de canal mareic, intertidal (gips clastic în benzi, gips clastic laminitic asociate cu structuri *flaser*, facies deranjat).

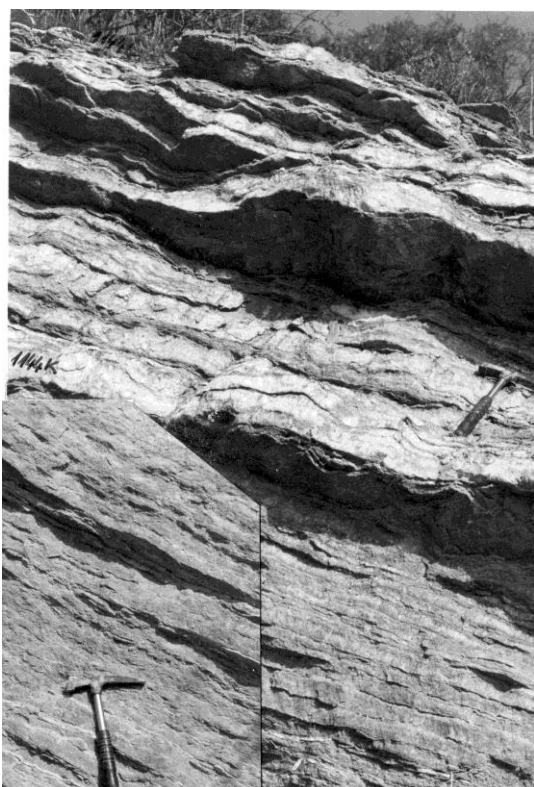
Paleogeografia bazinului badenian la debutul acumulării sulfatice este marcată de basculări tectonice, cu ridicări în zonele carpatice și extinderea apei peste faleza vorlandului cu generalizarea unui sistem de lagune interconectate, separate de insule barieră sau de bancuri acumulative. Relieful este atenuat din acumulările de *highstand* anterioare, de tuf, siliciclastite, calcare cu *Lithothamnium*, și din erodarea de *lowstand* contemporană evaporitelor.

Evoluția sedimentării sulfatice este pe alocuri, diacronă și diferită între sectoarele de margine (vorland) și cele interne ale bazinului. Parasecvențele corespund cortegiului de *lowstand* al unui ciclu de ordin III–IV, sunt caracterizate de creșterea grosimii termenului inferior (A) și mediu (B) față de cel superior (C) și au o stocare de agradare pentru pachetul inferior și regresivă pentru pachetul superior.

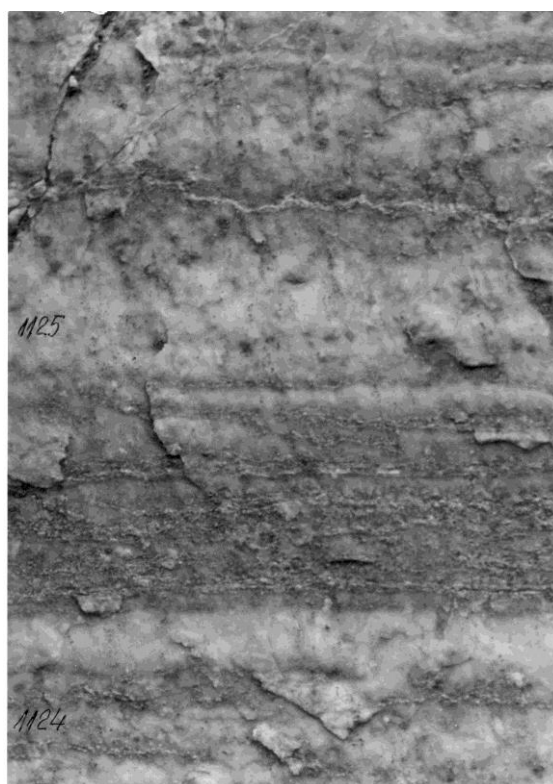
Diagnosticul clar al litofaciesurilor sulfatice, dintre care unele sunt cu totul inedite în România, permite pe lângă interpretarea genetică și reconstituiri paleogeografice și de evoluție de bazin, și posibilități de corelare stratigrafică cu avanfosa nord-carpatică.

## Bibliografie

1. **Băncilă, I.**, *Geologia Carpaților Orientali*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1958.
2. **Dronkert, H.**, *Evaporite models and sedimentology of messinian and recent evaporites*, *Gua papers of Geology, Series 1*, no. 24, Amsterdam, 1985.
3. **Einsele, G.**, *Sedimentary Basins. Evolution, Facies and Sediment Budget*, Springer-Verlag, Berlin, 1992.
4. **Frunzescu, D.**, *Studiul stratigrafic și sedimentologic al evaporitelor miocene dintre valea Buzăului și valea Teleajenului*, Teza de doctorat, Universitatea București, 1998.
5. **Frunzescu, D.**, *Noțiuni de sedimentologie*, Editura Premier, Ploiești, 2000.
6. **Frunzescu, D., Anastasiu, N., Popa, M.**, *Clastic Evaporite events in the Lower Neogene of the Pericarpatian Unit*, *Romanian Journal of Stratigraphy*, vol. 76, supplements no. 7, X<sup>th</sup> R.C.M.N.S. Congress, București, 1995.
7. **Kendall, A.**, *Evaporites depositional environments*, *Facies Models*, Geological Association of Canada, Newfoundland, 1980.
8. **Mutihac, V.**, *Structura geologică a teritoriului României*, Editura Tehnică, București, 1990.
9. **Peryt, T.M., Kasprzyk, Alicja**, *Carbonate–evaporite transitions in the Badenian (middle Miocene) basin of southern Poland*, *Sedimentary Geology*, vol. 76, p. 257-271, Amsterdam, 1992.
10. **Peryt, T.M., Jasionowski, M.**, *In situ formed and redeposited gypsum breccias in the Middle Miocene Badenian of southern Poland*, *Sedimentary Geology*, vol. 94, p. 153-163, Amsterdam, 1994.
11. **Rouchy, J.M.**, *La genese des Evaporites Messiniennes de Mediterranee*, *Memoires du Museum National D' Histoire Naturelle, Serie C*, Tom L, Paris, 1982.
12. **Săndulescu, M.**, *Geotectonica României*, Editura Tehnică, București, 1984.
13. **Walker, G.R., James, P.N.**, *Facies models response to sea level change*, *Geological Association of Canada, Newfoundland*, 1992.



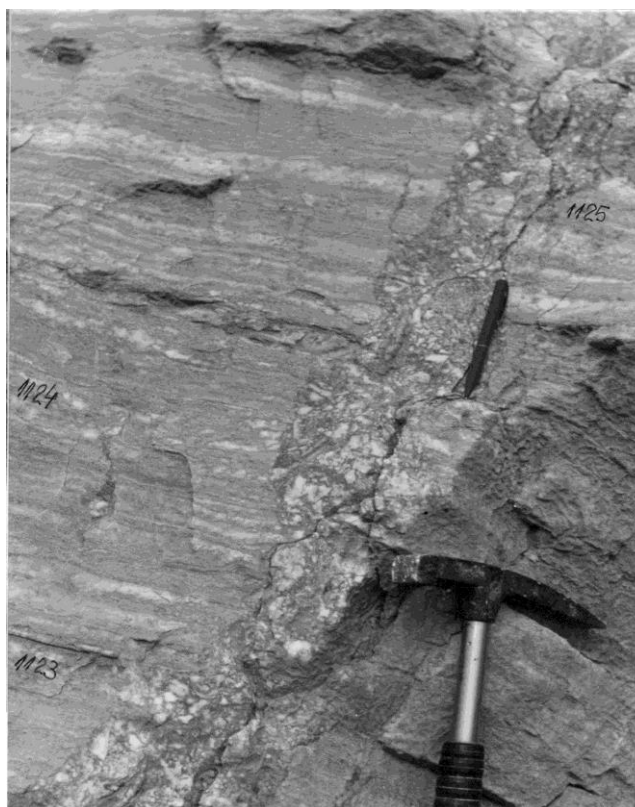
**Fig. 1.** Gips nodular stratificat.



**Fig. 2.** Gips clastic laminitic multiplu prelucrat eolian și subacvatic (intertidal).



**Fig. 3.** Macrosecvențe de gips clastic în benzi și gips clastic laminitic separate de macrosecvențe de slump și turbidite gipso-dolomitice.



**Fig. 4.** Macrosecvența de gips clastic laminitic cu o fisură umplută descendent cu clastorudite de gips alabastrin.



**Fig. 5.** Gips clastoruditic în benzi cu structuri flaser.



**Fig. 6.** Biolaminite calcaroase dolomitice (șisturi) în bază, și laminite (siltolutite) de pătură algală (cyanobacterii) la top.

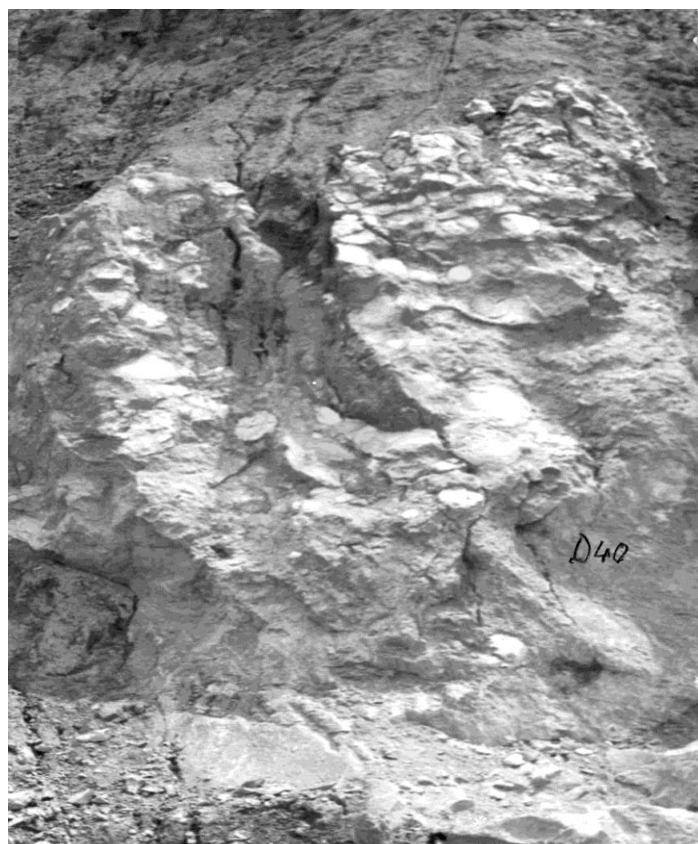




**Fig. 7.** Litoni de gipso-rudite și gips clastic laminitic cu intercalații de gipso-laminite algale deranjate (slump) și concrețiuni de tip „ball & pillow”.



**Fig. 8.** Gipso-turbidite afectate de slump (cută intraformațională).



**Fig. 9.** *Macrosecvență de clastorudite de gips resedimentate marin (debris flow cu structuri „ball & pillow”).*



**Fig. 10.** *Concrețiuni sferice de gips nodular alabastrin.*