ŞTIINŢELE NATURII

ABORDAREA FENOMENELOR GEOLOGICE DIN PERSPECTIVA TEORIEI SISTEMELOR CU APLICAŢII LA TERITORIUL HUNEDOREAN

CALIN FABIAN, MIHAELA FABIAN

Abordarea problemelor geologice din punctul de vedere al teoriei sistemelor a fost posibilă în momentul în care perfecţionarea tehnicilor experimentale a permis modelări, iar progresele aparatului conceptual şi teoretic au condus, prin folosirea matematicii, la elaborarea unor forme de o înaltă abstracţiune privind structura, proprietăţile şi comportamentul mediilor geologice.

Este bine cunoscut faptul că întreaga natură accesibilă nouă se constituie în sisteme, deci în mulţimi de elemente şi de relaţii între aceste elemente. Evident, nici edificiile geologice ale scoarţei terestre nu sînt exceptate de la această regulă. Este, deci uşor de înţeles că nici unul din sistemele geologice, indiferent de zona în care se dezvoltă, nu trebuie tratat ca o apariţie izolată şi independentă, ci ca făcînd parte dintr-un întreg care este condiţionat şi cu care interacţionează.

Mulţimea acestor relaţii şi transformări ce au loc între elementele unui sistem alcătuiesc structura respectivului sistem, deci configuraţia lui.

Vom analiza completul de legi pe care orice structură îl comportă apelînd la petro-sisteme (petro-structuri):

a. conform legii de t o t a l i t a t e, sistemul este un complex format din mai multe subsisteme, care, ca întreg, dispune de proprietăţi ireductibile la cele ale elementelor componente sau la suma lor algebrică. Exemplul imediat îl oferă neomogenitatea structurală a petro-structurilor. Un sistem petrografic considerat omogen la o anumită scară de studiu devine neomogen odată cu modificarea dimensiunilor etalonului. Tot astfel, omogenitatea fiecăruia dintre subsistemele unui întreg nu este condiţie suficientă pentru omogenitatea sistemului privit ca un tot unitar *(fig. 1)*.

b. proprietatea de t r a n s f o r m a r e se referă la forma cinematică a sistemului, de devenire a lui. În structurile petrografice, ea se traduce prin deformarea acestora sau starea de s t r ă i n, adică rata variaţiei proprietăţilor geometrice ale sistemului. Starea de s t r ă i n a unui corp se defineşte prin dispunerea într-un cîmp a vectorilor de deformare pentru fiecare din punctele materiale ale respectivului corp. Locul geometric al unuia din capetele acestor vectori este elipsoidul de strain ale cărui semiaxe constituie direcţiile principale de deformare: ε_1 ε_2 ε_3

www.cimec.ro

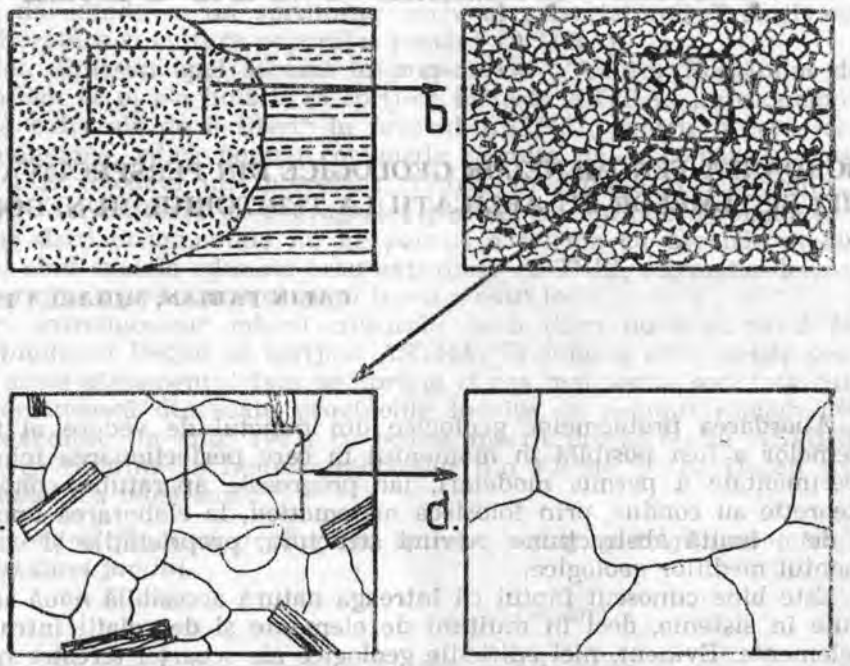


Fig. 1. Ilustrarea legii de totalitate prin neomogenitatea mediilor petrografice — a, b, c, d = diverse scări de studiu a unei petrostructuri.

c. proprietatea de autoreglare este aceea care constituie mecanismul de conservare a totalității transformărilor prin jocul însuși al acestor transformări. Ca mecanism al autoreglării se poate identifica și în cazul petro-sistemelor feed—back-ul extern și intern. În primul caz, se optimizează funcționalitatea sistemului în relațiile acestuia cu mediul. Astfel, atunci cînd o unitate petrografică (dA) este supusă unui cîmp extern de forțe (F), în ea se induce un cîmp de tensiune (σ), egal și de semn contrar, care formează starea de stress ca reacție la existența acestor forțe exterioare:

$$F = \sigma \cdot dA,$$

deci are loc o adaptare a petro-sistemului la condițiile oferite de sistemele înconjurătoare cu care acesta interacționează. Starea completă de stress într-un punct material grupează într-un elipsoid toți vectorii de tensiune asociați acelui punct. În cazul în care valoarea forțelor externe depășește, momentan sau în timp, rezistența la rupere, (suma forțelor de coeziune — F) a rocii solicitate, starea de stress astfel indusă determină instaurarea stării de strain; deci, are loc o optimizare a structurii rocii în sensul de anihilare a stării de stress. Mecanismul care asigură reglarea internă a sistemului este cel de feeb-back intern:

$$\varepsilon = \sigma F \text{ sau } R_{(\varepsilon,\ \sigma)} = 0$$

www.cimec.ro

unde, E = modulul de elasticitate al lui Young

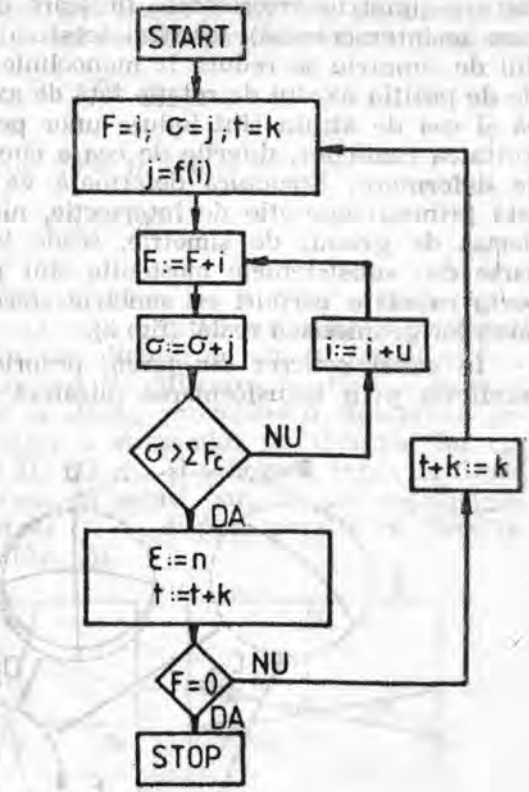
R = funcţia reologică

Ţinînd cont de caracteristicile şi comportamentul mediilor geologice, vom încerca să le circumscriem tipurilor de sisteme definite de teoria generală a sistemelor.

A. Sistemele sînt deschise atunci cînd structura există şi funcţionează doar dacă mediul oferă anumite condiţii, ori, s-a amintit mai sus faptul că într-un corp de rocă starea de stress se instituie atunci şi numai atunci cînd există un cîmp extern de forţe care acţionează asupra respectivei unităţi patrografice (fig. 2).

B. Fiind vorba de sisteme cu autoreglare — prin mecanismul de feed-back — unităţile petrologice funcţionează ca sisteme circulare *(fig. 2)*.

C. Faptul discutat mai sus, că o stare de stress prelungită într-un corp de rocă induce o stare de strain, dovedeşte o devenire în timp a sistemului, deci printre mărimile de intrare ale sistemului se constituie şi factorul timp. Sistemul este d i n a m i c, iar evoluţia structurii lui tinde de obicei spre scăderea gradului de organizare şi de determinare a substructurilor faţă de structura înglobantă în sensul diminuării stării de stress, deci evoluţia sistemului este entropică. Vom argumenta acest lucru prin analiza variaţiei elementelor de simetrie în structurile în care s-a indus starea de stress, respectiv de strain. S-a demonstrat experimental că legile care guvernează geometria simetriei unei structuri sînt analoage celor cărora li se supun ecuaţiilor unor cantităţi fizice, caracteristice oricărui fenomen, în cazul luat în discuţie, distribuţia cîmpului de stress şi a celui de strain. Din punct de vedere simetric, atît stress-ul poliaxial, cît şi cel de forfecare sînt ortorombice (D_2). În ceea ce priveşte simetria deformării, lucrurile se complică, pentru că uneori tipurile de strain pot interfera şi simetria se modifică: strain-ul propriu-



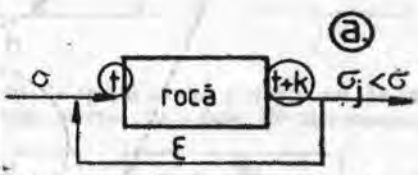


Fig. 2. **Algoritmul proceselor din cadrul unui sistem tectono-petrografic.**
a. = subsistem activ; b = subsistem pasiv

www.cimec.ro

zis are simetrie ortorombică (mişcare de alunecare pe un set de plane care se intersectează), iar cînd acestuia i se suprapune şi o rotaţie, gradul de simetrie se reduce la monoclinic (C_2) sau triclinic (C), în funcţie de poziţia axului de rotaţie faţă de axele elipsoidului. Starea de stress, ca şi cea de strain sînt induse unor petro-structuri cu simetrii, în majoritatea cazurilor, diferite de cea a cîmpului de tensiune şi a cîmpului de deformare. Structura deformată va cîştiga o nouă simetrie, rezultată printr-o operaţie de intersecţie, nivelul organizării structurale, reflectat de gradul de simetrie, scade la minimum ortorombic. Cînd o parte din subsistemele moştenite sînt pasive mişcării, acestea se comportă ca nişte corpuri cu simetrie sferică ($K\infty h$), indiferent de organizarea lor geometrică reală. (fig. 3).

În cazul concret din teren, proprietatea dinamică a sistemului se manifestă prin transformarea plicativă sau disjunctivă a unităţilor pe-

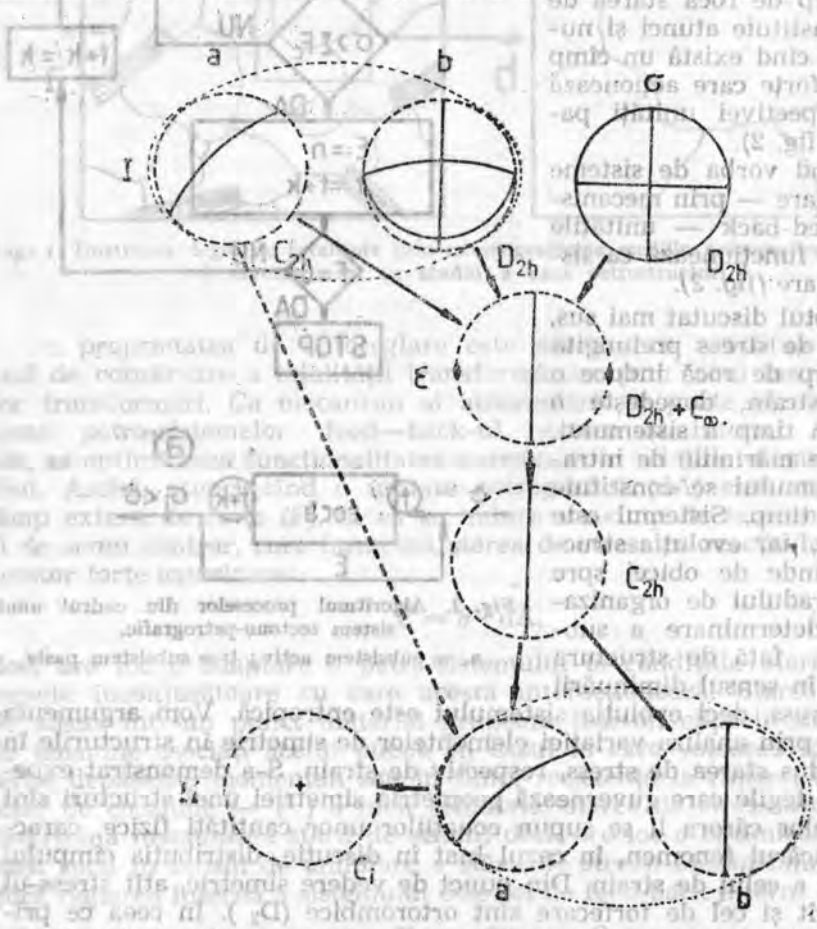


Fig. 3. **Variaţia simetriei structurii unui corp supus stării de stress şi strain — I = starea iniţială; II = starea finală; a = subsistem activ; b = subsistem pasiv.**

www.cimec.ro

trografice, în funcţie de elasticitatea lor. Ruperea are loc pe direcţiile de-a lungul cărora stress-ul normal şi cel de forfecare iau valori maxime:

$$\sigma_n = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} - \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cos 2\theta$$

deci, σn ia valori maxime cînd $\cos 2\theta = 0 \Leftrightarrow 0 = 45°$ iar

$$\tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \sin 2\theta$$

prin urmare, τ ia valori maxime cînd $\sin 2\theta = 1 \Leftrightarrow \theta = 45°$. Deci ruperea are loc sub un unghi de 45° faţă de direcţia stress-ului principal maxim. Dispunerea în spaţii a celor trei direcţii de stress principal decide tipul de fractură care ia naştere (fig. 4). Mişcarea relativă a flancurilor faliei implică o afectare a stării de stress, provocînd o descărcare pe direcţia lui σ_1 şi, dimpotrivă, o creştere a stress-ului pe direcţia lui σ_3. Se formează astfel, falii de ordinul II, III etc. şi o bogată reţea de fisuri de sprijin de forfecare (f) — dispuse în seturi paralele cu suprafeţele circulare ale elipsoidului şi de tensiune (t) — dispuse paralel cu direcţia strain-ului principal minim (ε_3) — (fig. .5).

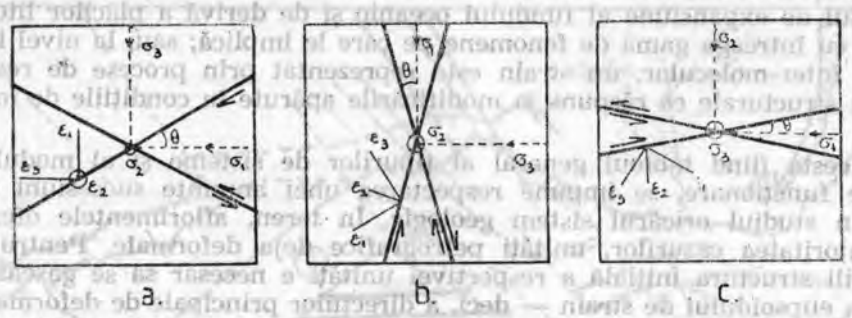


Fig. 4. **Tipuri de fractură determinate de poziţia în spaţiu a celor trei direcţii de stress principal — a. falie normală; b = falie inversă; c = falie de decroşare.**

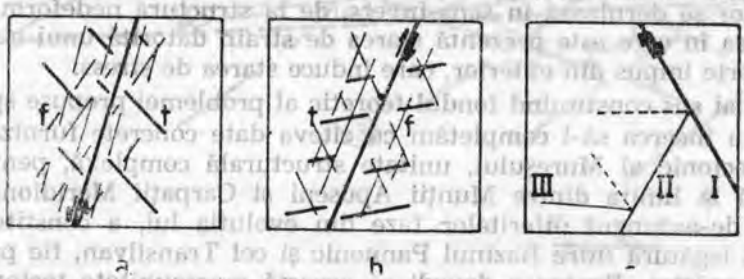


Fig. 5. **Formarea fisurilor de sprijin asociate unei falii majore**
a = falie normală; b = falie inversă; c = falie de decroşare;
f. = fisuri de forfecare; t = fisuri de tensiune; I, II, III, = gradul generaţiei de falie (falii de ordinul I, II respectiv III).

www.cimec.ro

D. Urmara imediată a celor menţionate anterior ar fi să parametrii de orientare spaţială (direcţie—cădere) a unui maxim statistic de falii sau cute dintr-o zonă dată, ar trebui să constituie o metodă directă pentru materializarea în structură a poziţiei axelor principale de stress. În realitate însă, valoarea măsurată a unghiului θ — definit mai sus — diferă de cea teoretică datorită unghiului de fricţiune internă ($Ø_i$), caracteristică tipului de rocă în care s-a produs ruperea, sau pentru aceeaşi unitate, caracteristic anumitor condiţii de temperatură şi presiune:

$$\theta = 45° - Ø_i/2.$$

Avînd în vedere acest grad relativ mare de nedeterminare a sistemelor petrografice, acestea sînt sisteme f u z z y.

E. Punînd în discuţie continuitatea sau discontinuitatea fenomenelor care afectează sistemele geologice, deci, repartiţia în timp a procesului de deformare a lor, concluzia este că, la scară geologică de timp, acestea sînt sisteme hibride. Sistemele pot fi considerate de tip d i s c r e t, de exemplu atunci cînd starea de strain se manifestă prin procese de tip vulcanism sau seismicitate, iar, de tip c o n t i n u u pot fi considerate de exemplu cele în care starea de stress induce un strain reprezentat prin procesul de expansiune al fundului oceanic şi de derivă a plăcilor litosferice cu întreaga gamă de fenomene pe care le implică; sau, la nivel intra şi inter-molecular, un strain este reprezentat prin procese de reordonări structurale ca răspuns la modificările apărute în condiţiile de mediu.

Acesta fiind tabloul general al tipurilor de sisteme şi al modului lor de funcţionare, se impune respectarea unei anumite succesiuni de faze în studiul oricărui sistem geologic. În teren, aflorimentele oferă, în majoritatea cazurilor, unităţi petrografice deja deformate. Pentru a restabili structura iniţială a respectivei unităţi e necesar să se găsească poziţia elipsoidului de strain — deci, a direcţiilor principale de deformare — şi a celui de stress, în funcţie de datele oferite de structura sistemului studiat. În laborator, în procesul de modelare, fazele de cercetare ale petro-sistemelor se derulează în sens invers, de la structura nedeformată a rocii spre cea în care este prezentă starea de strain datorită unui cîmp cunoscut de forţe impus din exterior, care induce starea de stress.

Cele de mai sus constituind fondul teoretic al problemei propuse spre dezbatere, vom încerca să-l completăm cu cîteva date concrete furnizate de culoarul tectonic al Mureşului, unitate structurală complexă, pentru că se situează la limita dintre Munţii Apuseni şi Carpaţii Meridionali, şi pentru că de-a lungul diferitelor faze din evoluţia lui, a constituit, fie canalul de legătură între Bazinul Pannonic şi cel Transilvan, fie pragul care le despărţea. Pentru a dovedi că această macrounitate tectono-structurală formează un sistem, vom încerca să demonstrăm funcţionarea ei în evidentă interdependenţă cu unităţile structurale învecinate. Fiecare dintre acestea aparţin ciclului tectono-magmatic alpin, deci fiecare din ele a trebuit să răspundă aceluiaşi cîmp de forţe terestre de natură endogenetică, generat de repartiţia pe jocul blocurilor scoarţei. Studiul

www.cimec.ro

tectonic al Apusenilor de Sud pune în evidenţă trei direcţii principale de feliere: E—W, NE—SW, NW—SE, de vîrstă subhercinică, laramică şi, respectiv stirică (fig. 6).

Prima, este interpretată ca aliniament de fractură crustală, de-a lungul căruia s-a produs punerea în loc a materialului ofiolitic, reprezentat al unei cruste de tip oceanic. Regăsim aceeaşi direcţie majoră de deformare şi în Carpaţii Meridionali, care s-a comportat ca un contrafort solicitat axial. Orientarea E—W a culoarului tectonic al Mureşului se datorează tocmai acestui cîmp de forţe care solicită şi celelalte două macrounităţi.

Deşi momentul în care acest graben începe să funcţioneze ca atare (Badenian) este mult întîrziat faţă de perioada de definire a direcţiei E—W ca direcţie de minimă rezistenţă (Jurasic), formarea culoarului are totuşi loc ca urmare a menţinerii sau chiar a reactivării cîmpului extern de forţe; deci, deformarea apare ca răspuns la starea de stress indusă de acest cîmp de forţe. Structura deformată are aspect de graben care coboară în trepte spre Valea Mureşului dinspre Munţii Metaliferi (la nord) şi dinspre Masivul Poiana Ruscă (la sud).

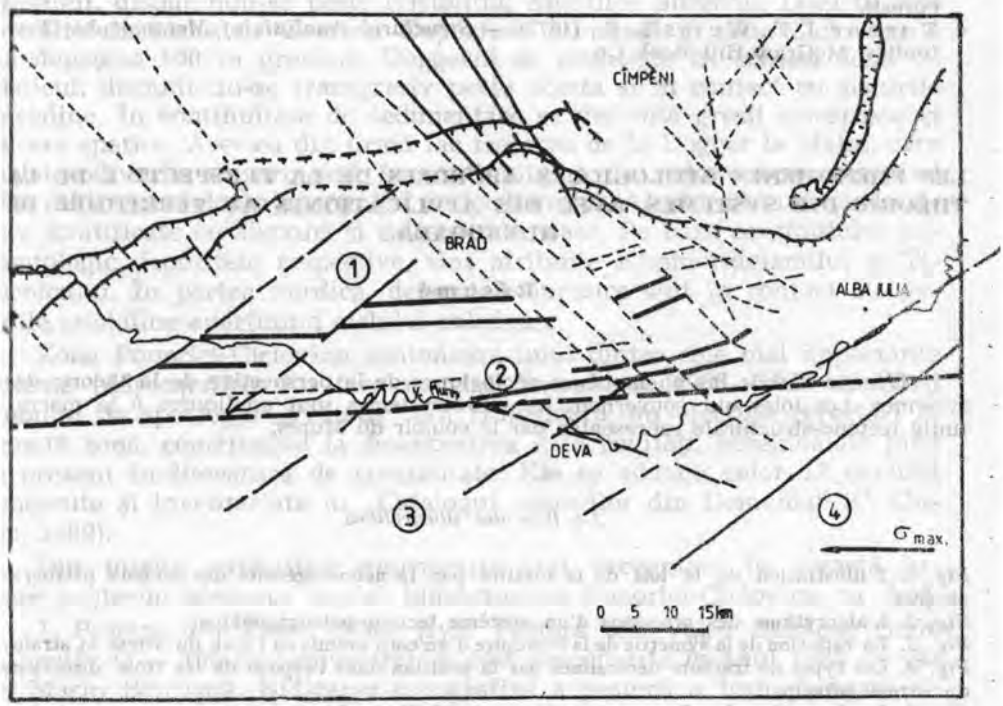


Fig. 6. Schiţa tectonică a Culoarului Mureşului şi a perimetrelor învecinate — 1. Munţii Metaliferi (Apusenii de Sud); 2. Culoarul tectonic al Mureşului; 3. Masivul Poiana Ruscă; Munţii Şureanu.

www.cimec.ro

Celelalte direcţii de fractură — de-a lungul cărora se dispun vestigiile magmatismului subsecvent banatitic şi ale celui tardiv neogen — ca şi direcţiile de decolare a pînzelor de Codru şi a celei Getice, le interpretăm ca familii tectonice de ordin inferior (II, III etc).

În fazele finale ale ciclului orogenetic alpin, repartiţia direcţiilor de solicitate maximă se schimbă, zona devine mai puţin activă mecanic (sistemului îi lipseşte surplusul energetic), deci şi intensitatea cîmpului de strain va scădea. Astfel, în perioada actuală, se poate pune în evidenţă doar două areale restrînse în municipiul Deva, o rată scăzută de scufundare (între 0,5 şi 1 cm/an) a culoarului Mureşului, în rest, acesta comportîndu-se ca o zonă inactivă din punct de vedere tectonic. Structurile montane învecinate, de la nord şi de la sud, au o rată de ridicare, de asemenea relativ mică, de pînă la 3 cm pe an.

Bibliografie

1. Piaget j j. (1973) — *Structuralismul.* Editura ştiinţifică, Bucureşti
2. Rădulescu D., Minoiu S., Stan E., (1978) — *Introducere în teoria sistemelor.* Editura ştiinţifică, Bucureşti.
3. Stănciulescu F., (1982) — *Dinamica sistemelor mari.* Edit. Acad. R.S.R. Bucureşti.
4. Turnar J. F., Weiss L. E., (1972) — *Structural Analysis of Metamorphic Tectonites,* McGraw-Hill Book Co.

LES PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES ABORDÉES DE LA PERSPECTIVE DE LA THÉORIE DES SYSTÈMES, AVEC DES APPLICATIONES AU TERRITOIRE DE HUNEDOARA

Résumé

L'écrite aborde les phénomènes géologiques de la perspective de la théorie des systèmes. Les loies qui gouvernent les petro-systèmes sont appliquées à la macro-unité tectono-structurale representée par le couloir du Mureş.

La liste des illustrations

Fig. 1. L'illustration de la lois de la totalité par la nehomogéneité des milieux pétrographiques.
Fig. 2. L'algorythme des processus d'un système tectono-patrographique.
Fig. 3. La variation de la symétrie de la structure d'un corp soumis au l'état du stress et strain.
Fig. 4. Les types de fracture determinés par la position dans l'espace de les trois directions du stress principal.
Fig. 5. La formation des fissures associés a une faille majore.
Fig. 6. L'esquisse tectonique de la zone du couloir de Mureş et des pétrimètres limitrophes.

www.cimec.ro