

ACUMULĂRI ȘI ZĂCĂMINTE DE METALE RARE PRIVITE PRIN PRISMA TECTONICII GLOBALE

Conf.univ.dr. NICOLAE LUDUȘAN
Universitatea "1 Decembrie 1918" ALBA IULIA

ABSTRACT: *The accumulation and deposits of rare metals on global tectonics perspective. After the formulation of "the global tectonics theory", doubtless all of geological process is survey by the behavior of the tectonics plates. This study is a tentative to demonstrate, in the first time, that the morphology and the paragenesis of rares and radioactives metals deposits is interacted with the position of this deposits in the tectonics plates and, in the second time, a posible taxonomy of the rares and radioactives metals deposits by this canon..*

Keywords: *rare metals, global tectonics, tectonic plates, metallogenic processes.*

Introducere

Faptul că marea majoritate a clasificărilor, în general, implicit și a celor de metale rare, au fost elaborate pe criterii metalogenetice, de afiliație cu formațiunile în care sunt cantonate, paragenetice etc., are explicație în faptul că zăcămintele au fost tratate ca niște entități geologice a căror geneză și evoluție în timp sunt controlate de factorii locali (processe magmatice, metamorfism, structuri, formațiuni gazdă) astfel încât aproape fiecare mineralizație sau zăcămintă reprezenta, într-un anumit fel, un unicat. Odată cu structurarea și apoi evoluția cunoștințelor privind teoria tectonicii globale, procesele metalogenetice au fost și ele încorporate în această nouă concepție referitoare la structura și dinamica litosferei și din ce în ce mai frecvent, în lucrările de specialitate, problematica complexelor procese metalogenetice este pusă în relație directă cu fenomenele asociate tectonicii globale. În această situație, criteriile de clasificare a zăcămintelor, precum și modalitățile de abordare a proceselor metalogenetice, sunt raportate la procesele care au loc în zona contactelor dintre plăcile tectonice, cristalizându-se astfel o legitate fundamentală care controlează aceste

processe, diferențierile care apar între diferitele tipuri de zăcămintă fiind datorate tipului de contact în care acestea au fost generate.

S-a ajuns astfel la concepția potrivit căreia "*Procesul metalogenetic este, asemeni altor procese geologice, guvernat de relațiile ce se stabilesc între plăcile crustale. În acest context se manifestă factori majori, crustali, care determină formarea și distribuția acumulărilor metalifere. Aceasta reprezintă, în etapa actuală de dezvoltare a științelor geologice o reflectare a relației tectonică-metalogeneză...*" [G. Popescu, 1981, I, pg.35].

1. Procese metalogenetice asociate zonelor de divergență ale plăcilor tectonice

Datorită amplasării limitelor divergente ale plăcilor tectonice actuale, cu preponderență, în zonele marine și oceanice, datele referitoare la metalogeneza asociată acestor zone sunt mai greu de obținut, ceea ce face ca și cunoștințele referitoare la zăcămintele asociate acestor zone să fie mai reduse, comparativ cu cele referitoare la zonele de convergență. Cercetările efectuate

în ultima perioadă în spațiile marine și oceanice, coroborate cu datele obținute în urma studierii formațiunilor continentale precuaternare, au permis elaborarea unui model evolutiv destul de bine structurat, cu privire la raporturile dintre metalogeneză și limitele divergente ale plăcilor tectonice.

Modelul evolutiv al acestui tip de limite are ca punct de plecare ideea că, în faza inițială, procesul de divergență afectează o placă litosferică cu crustă continentală, limita de divergență instalându-se pe o zonă jalonată de o înșiruire de *hot-spoturi* (centre fierbinți, intracontinentale) care evoluează ulterior spre faza de *rift*, apoi spre cea de *bazin maritim*, finalul fiind reprezentat de faza de *ocean*. Acest ciclu evolutiv nu se desfășoară întotdeauna complet, putându-se întrerupe în unul din momentele evolute, fie mai aproape de faza inițială (fază cunoscută sub denumirea de *drift continental*), când are loc doar o fragmentare a zonei continentale, fie în faze mai avansate, când are loc instalarea unui bazin maritim sau oceanic pe o crustă oceanică nouă (fig.1).

Fiecare din fazele de evoluție a zonelor de divergență este caracterizat de un anumit tip de procese geologice care declanșează, la rândul lor, procese metalogenetice specifice.

1.1. Acumulări formate în etapa driftului continental

În esență, noțiunea de drift continental se raportează la faza incipientă de divergență a plăcilor tectonice și, mai precis, la procesul de fragmentare a unor protocontinente, "spargerea" incipientă străpungând întreaga litosferă, până la stadiul de formare a unei cruste oceanice, fază prezentată și sub denumirea de *rifting* [M. Bleahu, 1989, II, pg.265].

În faza incipientă a evoluției driftului are loc instalarea, la baza litosferei, a așa numitelor *centre fierbinți* (hot-spot), care produc inițial un fenomen de "digerare" a porțiunii inferioare a litosferei, ceea ce duce la slăbirea rezistenței, și apoi străpungerea acesteia (fig.1A). Referitor la apariția și evoluția centrelor fierbinți, există încă păreri diferite, însă, sub aspect geologic, este

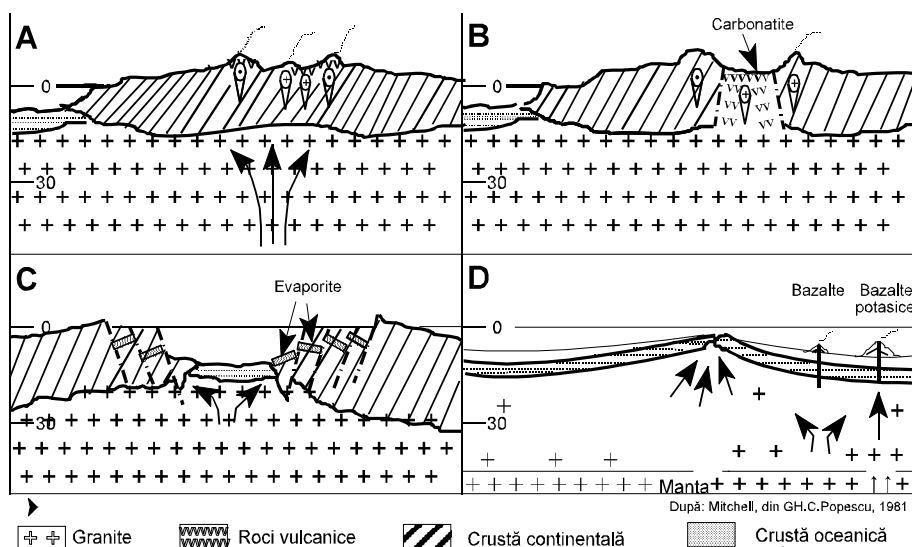


Fig. 1. Secțiuni schematice în zonele marginale ale plăcilor în stadiul de divergență
 A=etapa instalării centrului fierbințe; B=etapa de rift ratat;
 C=etapa de rift intercontinental; D=etapa bazin oceanic

admisă ipoteza emisă de W.J. MORGAN, potrivit căreia în astenosferă au loc mișcări convective ale magmei, provocate de materialul care provine de la limita mantalei cu nucleul și care traversează mantaua inferioară printr-un fel de "horn" cilindric, iar când ajunge la baza litosferei se împrăștie în umbrelă, materialul răcit revenind lent spre baza astenosferei. Aceste zone de ascensiune, numite "panașe de manta" generează în litosferă așa numitele "centre" sau "puncte fierbinți" care, adesea, se manifestă sub forma erupțiilor vulcanice. Materialul erupt de vulcani nu provine, în exclusivitate, numai din manta, ci poate fi mobilizat și din litosferă, în urma topirii provocată de aflusul termic cu origine în zonele profunde ale mantalei.

În această fază inițială de evoluție a zonelor de divergență, magmatismul care se manifestă prezintă un caracter alcalin, formațiunile generate fiind reprezentate prin **tonalite, granodiorite, granite și granite alcaline, roci alcaline suprasaturate, carbonatite** etc., parageniza de metale rare care se asociază acestui tip de magmatism cuprinzând **staniu, wolfram și niobiu**, la care se mai adaugă **pământuri rare, zirconiu și tantal**. Astfel de zăcămintele sunt cunoscute, la ora actuală, în **Niger și Sudan**, a căror vârstă (juristic) indică o relație posibilă cu procesul de fragmentare a Gondwanei, precum și la **Rodonia** (Brazilia), vârsta acestuia (Precambrian) indicând apartenența la un ciclu tectonic mult mai vechi.

Când în parageniză apare **monazitul și xenotimul**, mineralizația se asociază unor corpuri granitice alcalisodice, plutonice, cu structură inelară. De asemenea, caracteristică granitelor alcaline sunt și mineralizațiile de **niobiu și tantal**, cantonate cu preponderență în biotit sau formând minerale proprii (**columbit, fergusonit**) în fazele târzii de evoluție.

Evoluția în faza driftului implică manifestarea unor procese complexe, de natură magmatică și metalogenă, cu caracteristici specifice pentru fiecare din

stadiile de evoluție viitoare. Astfel, instalarea "centrelor fierbinți" în zonele profunde ale litosferei determină, în unele situații, apariția unor **triple joncțiuni**, respectiv zone de întâlnire a trei plăci tectonice, însă nu întotdeauna cele trei plăci evoluează divergent, fiind frecvente cazurile când una din ele se stabilizează, favorizând apariția așa numitor **rifturi ratate** sau **rifturi avortate** (failed rifts) (fig.1B).

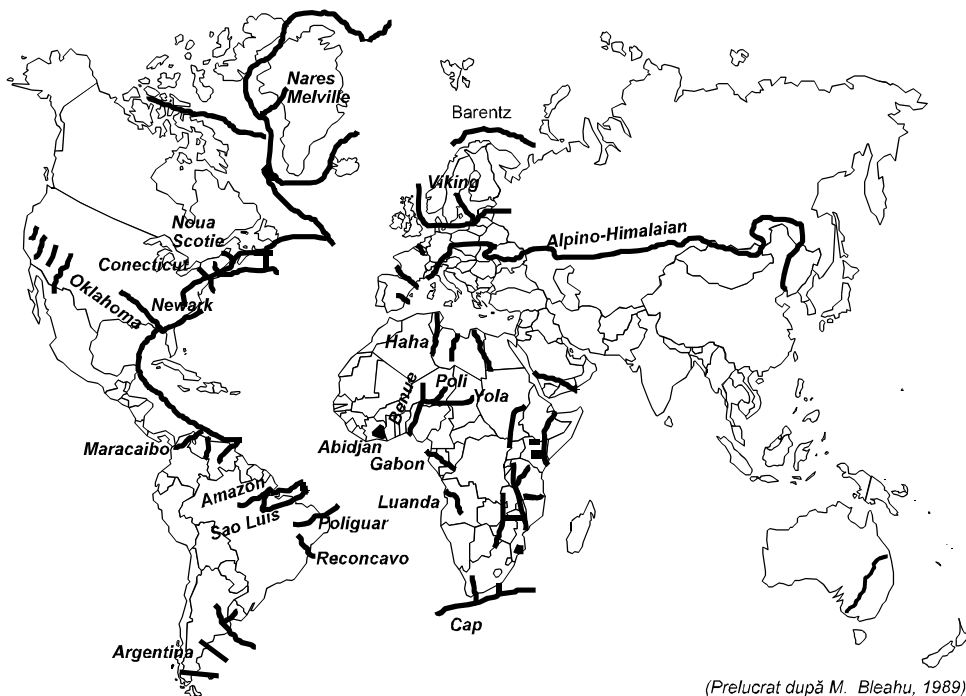
Astfel de fenomene au avut loc destul de frecvent în istoria evoluției litosferei terestre, ariile continentale actuale înglobând un număr mare de rifturi ratate (fig.2), de care sunt legate importante acumulări de substanțe minerale utile.

Formațiunile carbonatice generate în etapa de **rift ratat** conțin și **minerale de niobiu**, în special **piroclor**, care pot forma acumulări, fie în masa carbonatitelor, fie, în mod deosebit, în scoarța de alterare a acestora.

Următoarea etapă în evoluția driftului continental o constituie **etapa de rift intracontinental**, al cărui prototip îl constituie **Riftul Est-African**. Caracteristic pentru aceste zone, din punct de vedere al produselor magmatice, este prezența, cu preponderență a carbonatitelor precum și a vulcanitelor și plutonitelor alcaline legate de fracturile ce flanchează zonele de rift. Unii autori acordă o importanță deosebită controlului exercitat de intersecția riftului cu fracturile de sprijin, zonă care favorizează apariția corpurilor carbonatice.

Acumulările de metale rare de interes economic asociate carbonatitelor sunt reprezentate de :

- **acumulările de niobiu** (legat îndeosebi de **pyroclor**);
- **parageniza uraniu-toriu-zirconiu** asociată, de cele mai multe ori, mineralizațiilor de **cupru** (cum este cazul celor de la **Palabora-Africa de Sud**);
- **acumulările de titanomagnetit vanadifer și ilmenit**, generate de magmele bazice, și mai puțin de cele ultrabazice;
- **acumulările de TR** (**monazit, bestnesit**).



(Prelucrat după M. Bleahu, 1989)

Fig. 2. Principalele rifturi ratate ale litosferiei cu pătrunderi în interiorul continentelor

Faza finală de evoluție a driftului continental (fig.1C) o constituie *riftul intercontinental*, al cărui prototip actual este reprezentat de **Marea Roșie**. În această etapă debutează manifestările magmatismului bazic, iar metalogeneza este caracterizată de acumulări cantonate în complexe carbonatice (calcare, dolomite). Originea acestor carbonatite este încă discutată, însă în prezent majoritatea cercetătorilor acceptă atât geneza magmatogenă precum și pe cea metasomatică.

În carbonatitele timpurii (calcitice) pot apare elemente de *pământuri rare* doar izomorf, în compoziția *calcitului*, *apatitului* sau *piroclorului*, pe când în cele târzii, *pământurile rare* formează minerale proprii, de tipul: *bestnesit*, *parisit*, *ancilit* etc.

1.2. Acumulări formate în etapa de expansiune a bazinelor oceanice

Faza cea mai avansată a procesului de divergență a plăcilor litosferice este reprezentată de expansiunea bazinelor oceanice, al cărui prototip actual în reprezintă oceanele Atlantic, Pacific și Indian. În această fază, zonele active de expansiune sunt reprezentate de rifturile submarine, caracterizate, în mod deosebit, printr-un magmatism bazic de tip ofiolitic, căruia i se asociază acumulări metalifere generate odată cu manifestările vulcanice (fig. 1D)

Specificul acestor acumulări este dat de aspectul stratiform al zăcămintelor, ca prototip în acest caz fiind considerate zăcămintele stratiforme de fier și cupru tip Cipru. Tot în această etapă de evoluție a unui

bazin în expansiune pot să apară mineraliații de tip *cromite podiforme* sau zăcăminte de *cromospineli*, frecvent asociate habzburgitelor și dunitelor cu caracter Alpin (Filipine, Cuba, Oman).

Magmele bazice, și mai puțin cele ultrabazice, reprezintă principala sursă generatoare de zăcăminte *titano-magnetito-vanadifere* și *ilmenitice*. Din punct de vedere structural, aceste magme și zăcămintele asociate genetic își au originea în manta și sunt cantonate, la ora actuală, atât în zone stabile cât și pe structuri de tipul faliilor transformante, rifturilor intracontinentale și oceanice și chiar în zone de arce insulare. Complexelor ultrabazice ofiolitice le sunt asociate uneori și acumulări de sulfuri de *nichel* și *platină*, concentrate în zona superioară a mantalei și aduse la suprafață prin intermediul proceselor diapire, în zonele de rift oceanic. De altfel, modificările spațiale la care sunt supuse acumulările formate în zonele de rift de către mișcările tectonice, le aduc în poziții în care cadrul genetic inițial este, adesea, greu de sesizat.

Pornind de la această constatare, se poate accepta ideea că o parte din acumulările de

antemezozoice, poziția lor actuală fiind datorată tocmai “transportului” suferit în ultimul ciclu tectonic.

Magmatismul asociat, precum și condițiile structural-tectonice specifice etapei de expansiune a bazinelor oceanice, nu oferă un cadru deosebit de favorabil pentru formarea unor acumulări de metale rare însă, concomitent cu procesele de expansiune și creare a noii cruste oceanice, au loc și fenomene cu caracter destructiv respectiv de fragmentare și dispersare a unor complexe petrografice și metalogenetice preexistente în ariile continentale afectate de instalarea riftului.

Acest fenomen a fost pus în evidență în urma studiilor de metalogenie comparată efectuate asupra zăcămintelor din blocurile continentale sudice care au aparținut vechiului continent premezozoic Gondwana. Astfel au fost identificate districte cu acumulări de metale rare având caracteristici foarte asemănătoare, care uneori merg până la identitate, ceea ce indică faptul că acestea formau unități metalogenetice unitare înainte de instalarea rifturilor care au dus la “spargerea” Gondwanei (tabel 1)

Acumulări de metale rare omoloage din blocurile continentale sudice

Tabel nr. 1.

America de Sud		Africa de Vest	
<i>Valadares (Minas Gerais)</i> -Pegmatite cu <i>Be-Nb-Ta</i>		<i>Gabon</i> -Pegmatite cu <i>Nb-Ta</i>	
India	Ceylon	Australia	Africa de sud-est
<i>Travancore</i> -Pegmatite cu <i>Zr</i> -Placersuri cu <i>Zr-Ti</i>	-Placersuri cu <i>Zr-Ti</i>	<i>Green Gush</i> -Pegmatite cu <i>Sn-Ta-Zr</i>	<i>Bushvald</i> -Pegmatite cu <i>Sn</i> -Placersuri cu <i>Zr</i>
<i>Bengali</i> -Pegmatite cu mine- ralizații de <i>Nb, Ta, Be</i>		<i>Port Hedland</i> -Pegmatite cu minerali- zații de <i>Nb-Ta-Be-Sn</i>	<i>Mozambic</i> -Pegmatite cu mi- neralizații de <i>Li-Be</i>

(după G.C. Popescu, 1981)

metale rare cantonate în scuturile vechi și afiliate unor formațiuni ofiolitice sau chiar metamorfice (pegmatite, gnaise, amfibolite) au putut lua naștere, inițial, în condiții de rift, în cadrul ciclurilor tectonice

1.3. Acumulări legate de faliile transformante

Spre deosebire de zonele marginale ale plăcilor tectonice, faliile transformante

prezintă o particularitate aparte, prin faptul că pot controla atât localizarea zăcămintelor ce se formează în zona de exoansiune a bazinelor oceanice, cât și a unor zăcăminte din ariile continentale în care acestea se extind. Mai mult, unii autori susțin că o parte din cele mai importante zăcăminte amplasate la marginea continentelor, în zonele de subducție, sunt orientate pe direcția unor fracturi majore reactivitate în procesul de expansiune a bazinelor oceanice actuale (fig. 3).

particular, de metale rare.

Procesul de convergență este caracterizat, ca și cel de divergență, de mai multe stadii evolutive, funcție de raporturile care se stabilesc între plăcile litosferice și modul de realizare a convergenței, aspecte care determină câteva tipuri fundamentale de metalogeneză asociată.

Sursa principală a metalelor care formează zăcămintele asociate zonelor de subducție o constituie, în mod deosebit, crusta oceanică, în care concentrația

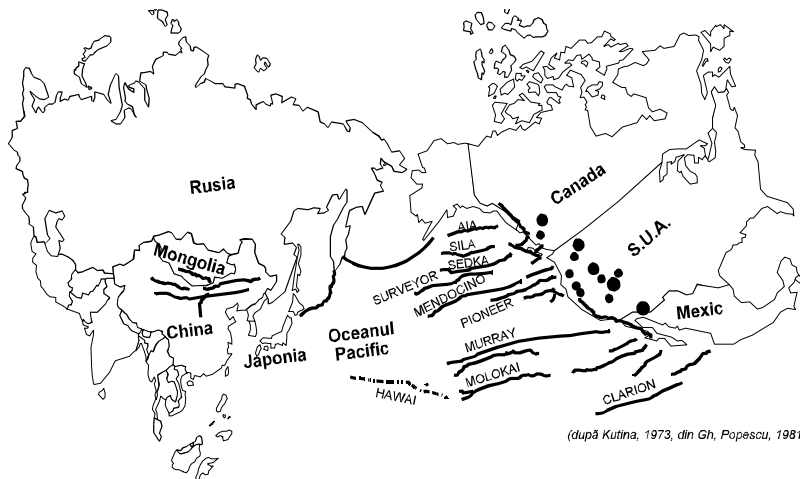


Fig. 3. Principalele fracturi transformante din estul Pacificului în relație cu zonele de maximă densitate metalogenetică din vestul SUA și Canadei

Faliile transformante afectează deci și formațiuni cu caracter continental (cuarțite, șisturi, pegmatite), favorizând acumularea unor mineralizații care cuprind parageneze extrem de variate și complexe, funcție și de natura petrografică a formațiunilor afectate.

2. Procese metalogenetice asociate zonelor de convergență ale plăcilor litosferice

În zonele de convergență ale plăcilor litosferice au loc cele mai importante manifestări petrogenetice și, implicit, metalogenetice, acestea constituind regiunile cu cele mai importante acumulări de substanțe minerale utile în general și, în

metalelor depășește considerabil pe cea din crusta continentală. În cazul elementelor cu concentrație mai redusă în crusta oceanică subdusă, cum este cazul *staniului* și *wolframului*, sursa acestor acumulări poate fi reprezentată atât de materialul din astenosferă, cât și de materialul continental prezent în placa de deasupra planului Benioff.

2.1. Metalogeneză asociată zonelor de subducție

Funcție de caracterul plăcilor tectonice care vin în contact în zonele de divergență ale plăcilor tectonice, se pot stabili două sisteme de subducție:

- *sistemul fosă-cordilieră* (de tip andin sau est-pacific), în care placa subdusă este de tip oceanic iar cea superioară, de tip continental, înclinarea planului Benioff fiind de până la 45° , iar rata de convergență a plăcilor, în general, ridicată;
- *sistemul fosă-arc insular* în care ambele plăci, atât cea subdusă cât și cea superioară, sunt de tip oceanic, cu specificația că cea superioară reprezintă un avanpost al unei plăci continentale, cuprinzând și segmente sau insule de crustă continentală, înclinarea planului Benioff fiind mult mai mare decât în cazul anterior, ceea ce duce la o rată mai scăzută de convergență a plăcilor și, drept consecință, apariția arcelor insulare.

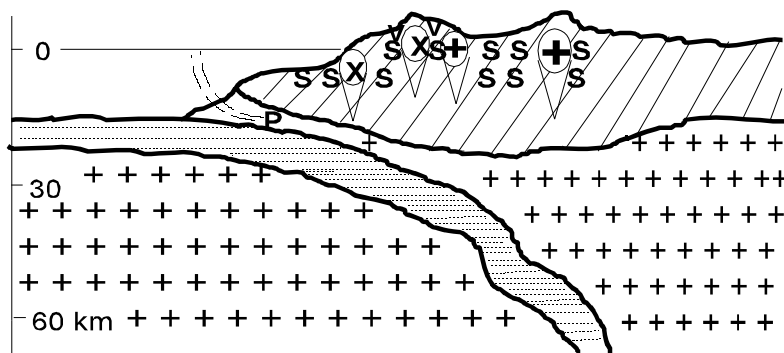
Principalele caracteristici ale **metalogenezei de tip andin** au fost sesizate în urma studiului acumulărilor metalifere din zona Anzilor Cordilieri și a Cordilerei Nord-americane, cantonate în zonele montane amplasate pe marginea vestică a macrolăcii americane (fig.4).

efuzive rezultate în urma proceselor magmatice derulate deasupra planului Benioff, cadrul petrografic fiind dominat de granodiorite, monzonite și dacite. De remarcat și faptul că, sub aspect morfologic, acumulările metalice prezintă, de regulă, o dispoziție zonală, determinată de creșterea progresivă a temperaturii și presiunii de-a lungul planului Benioff, ceea ce detrim o separare diferențiată a componentilor din crusta oceanică în timpul topirii sale parțiale.

Întrucât atât tipul andin, cât și cel de arc insular, cantonează importante zăcăminte de tip "porphyry coper", prezența acestora a determinat studii aprofundate asupra tipului de magmatism.

În cazul **structurilor de tip andin**, modelul genetic elaborat de LOWELL și GUILBERT pune în evidență generarea unor formațiuni magmatice calcoalcaline cu grad ridicat de aciditate, iar prezența molibdenului alături de cupru indică o "contaminare" mai redusă a topiturii calcoalcaline cu material crustal continental.

Acestui tip de subducție îi sunt asociate acumulările de *staniu* și *wolfram* situate în



(după Mitchell; din G Popescu, 1981)

X X X	Tonalit-granodiorit	S S S	Metamorfite
+ + +	Granit-granit alcalin	///	Scoarță continentală
V V V	Roci vulcanice	□	Scoarță oceanică

Fig. 4. Secțiune schematică printr-o zonă de subducție de tip andin

Produsele magmatice generate în această zonă sunt, în cea mai mare parte, de natură calcoalcalină, cuprinse în corpuri intruzive și

zona estică a Anzilor din Bolivia și Peru, situate în placa continentală de deasupra planului Benioff, cantonate în granite sau

granite alcaline și zăcămintele în care, alături de *staniu* și *wolfram* apare și *argintul* în cantități apreciabile, cantonate în dacite porfirice, precum și importante rezerve de *pământuri rare* cantonate în pegmatitele columbiene, cum sunt cele de la Mooaw Creek și Muzo, de lângă Bogota și zăcămintul filonian de *monazit* de la Llallagua (Bolivia).

Cel de-al doilea tip de subducție, respectiv cel de **arc insular** (fig.5) caracterizează, în faza actuală de evoluție tectonică a litosferei, zonele din nordul și vestul Pacificului, estul Oceanului Indian, zona Caraibelor și a Mediteranei, zone care cantonează cele mai importante acumulări de substanțe minerale utile ale crustei terestre.

înclinării mai mari a planului Benioff și a ratei mai ridicate de subducție în fazele de debut ale procesului.

În zonele de arc insular aflate într-un stadiu "evoluat", se pot deosebi două zone distincte, respectiv un **bazin marginal** (*back-arc basin*) și **marginea continentală** (*back-arc continental margin*), fiecare prezentând posibilitatea apariției unei metalogeneze specifice. În cazul bazinului marginal, acumulările metalifere care apar sunt foarte greu de deosebit de cele specifice rifturilor oceanice, pe când marginile continentale pot cantona centuri granitice, cărora le sunt asociate acumulări de *staniu* și *wolfram* și, într-o măsură mai mică, acumulări de *molibden* și *bismut*, iar în zonele din

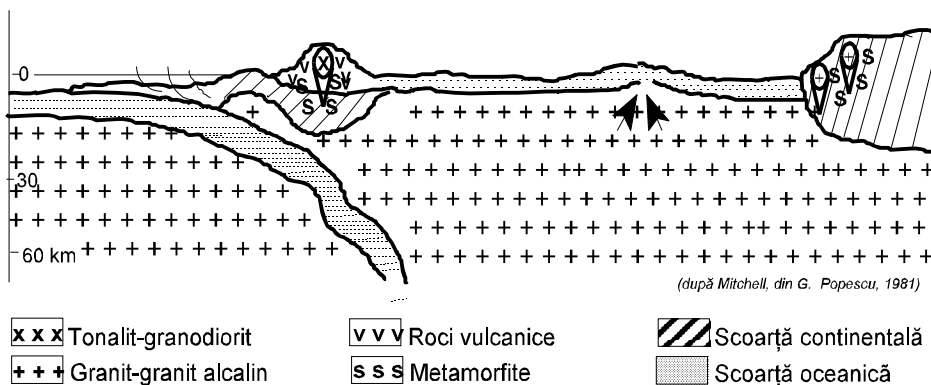


Fig. 5. Secțiune schematică printr-o zonă de subducție de tip arc insular

Produsele magmatice generate în acest cadru structural sunt rezultatul unui magmatism neutru (diorite, andezite) mai puțin contaminat cu material crustal, continental, caracteristicile metalogenetice fiind date de varietatea deosebită a paragenezelor și diversitatea formelor de zăcămintă, precum și de dispunerea neregulată a acestora, atât pe direcția zonelor de subducție, cât și perpendicular pe acestea.

Între acumulările de metale rare asociate acestui tip de subducție, o importanță deosebită o reprezintă și cele de *staniu* și metale asociate, care apar în zăcăminte de mari dimensiuni în estul Asiei și Australiei, a căror genază poate fi pusă pe seama

interiorul continentului pot să apară mineralizații de *stibiu* și *niobiu-tantal*, asociate uneori cu *litii*.

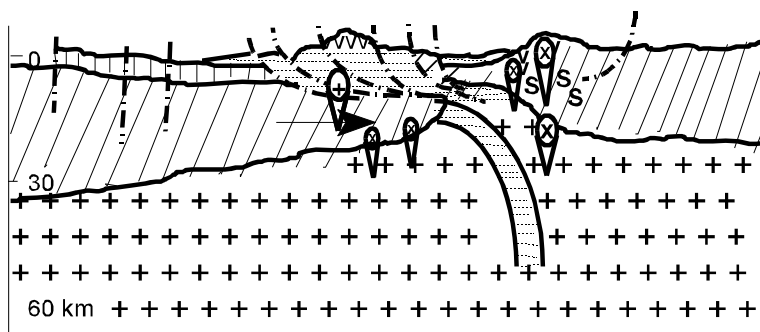
Acumulările de acest tip apar localizate în granitele mezozoice din Birmania și Thailanda, precum și în provincia cu *wolfram* și *stibiu* din China. Formarea acestora pare a fi avut loc în momentele inițiale ale subducției, înainte de instalarea bazinului marginal care a fragmentat crusta continentală, favorizând instalarea unui regim de arc insular.

Din cele prezentate se poate constata că zonele de convergență a plăcilor litosferice sunt favorabile derulării unor procese geologice de o mare diversitate, care

nașterea unor acumulări metalogenetice caracteristice. Mineralizațiile apărute în aceste zone se raportează atât la magmatitele care însoțesc fenomenul, cât și la cele anterioare coliziunii, acestea constituind categoria mineralizațiilor regenerate tectonic și pe cea a mineralizațiilor afiliate magmatismului post-coliziune (fig.7).

Allard Lake din statul Quebec (Canada), cărora li se asociază zăcăminte startiforme de *ilmenit*.

Cel de-al doilea aspect, respectiv cel referitor la zonele regenerate tectonic, se referă la amestecul de formațiuni care au luat naștere fie în procesul de expansiune, fie în cel de subducție, și între care există, la ora



(după Mitchell, din G. Popescu, 1981)

Tonalit-granodiorit	Metamorfite
Granit-granit alcalin	Scoarță continentală
Roci vulcanice	Scoarță oceanică

Fig. 7. Secțiune schematică printr-o zonă de tip coliziune

Magmatitele care însoțesc procesul de coliziune și mineralizațiile asociate acestora, sunt reprezentate preponderent prin:

- **granite alcalipotasice** care apar frecvent în zona hercinică a Europei (sud-vestul Angliei, Erzgebirge) și în Asia de sud-est, cărora li se asociază mineralizații de *argint-nichel-cobalt* și *bismut-uranium*, cum este cazul celor cunoscute în peninsula Cornwall și la Erzgebirge;
- **roci alcaline nesaturate (sienite nefelinice)** incluse în roci carbonatice;
- **anortozite cu plagioclaz**, care formează corpuri plutonice de mari dimensiuni, cum este cazul corpului

actuală, raporturi tectonice, astfel că metalogeneza asociată poate cuprinde atât mineralizații puse în loc în timpul subducției și care, prin coliziune, au ajuns în poziții accesibile, cât și mineralizații a căror apariție a fost favorizată de procesul de coliziune.

În ceea ce privește mineralizațiile afiliate magmatismului postcoliziune, un rol important îl dețin acumulările asociate vulcanitelor alcaline cuaternare sau plutonitelor formate în etapa postcoliziune.

În aceste condiții este posibil să se fi format și mineralizațiile de *niobio-tantalaj* asociate cu *zirconiu*, *ytriu*, *staniu* și *elemente radioactive* de pe **versantul nordic al Munților Sebeș (Grădiștea de Munte)**.

BIBLIOGRAFIE

1. ASHWORTH, J.R.: *Migmatites*, Blackie, Glasgow and London, distrib.in the USA by Chapman and Hall, New York.
2. BEIERSDORF, HELMUTH; STRACKELBERG, RUDRASS & ULRICH -*Zăcămintele aluvionare de ilmenit și zircon pe platforma Zambezi*, publicat în *Geologisches Jahrbuch*, Reibe D, Helf 36, Hanovra, 1980, trad.rom. (J. Lautaru, I. Mânecupă) în rev. *Metale Rare*, nr. 10,11,12, 1988, pg. 103.
3. BEST, G. MYRON: *Igneous and Metamorphic Petrology*, W.H. Freeman and Company, New York, 1982
4. BLEAHU, MARCIAN: *Tectonica globală*, vol. I, II, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1989.
5. DIDIER, J.: *Granites and their enclaves. The bearing of enclaves on the origin of granites*, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, London, New York, 1973.
6. ENE, IULIAN: *Metale rare. Minerale și condiții de zăcământ.*, Editura Tehnică, București, 1993.
7. IONEL, ILIE: *Pământuri rare*. Ed. Tehnică, București, 1987.
8. KOVALENKO, V.I.; YARMAKYUK, V.V.: -*Endogenous Rare Metale Ore and Rare Metal Metallurgy of Mongolia*, în *Economic Geology*, vol. 90, 1995, pg. 520.
9. LUDUȘAN, N.: *Raport de sinteză asupra zonei Grădiștea de Munte*, fond doc. RAMR, București, 1989-1990.
10. LUDUȘAN, N.: *La minéralogie des oxides de Nb et Ta des migmatites au nord de monts Sebeș*, în *Romanian Journal of Mineralogy*, vol.75, supl. nr.1, 1992, p.23.
11. MURARIU, TITUS: *Zăcămintele de minereuri. Metale rare și radioactive*, curs, Editura Universității "Al. I. Cuza", Iași, 1994.
12. POPESCU, C.GHEORGHE -*Metalogenie aplicată și prognoză geologică*, Editura Universității București, partea I - 1981; partea a II-a - 1986.
13. POPESCU, C.GHEORGHE; ȘECLĂMAN, MARIN; SAVA, GABRIEL; LAZLO, KLARIK: *Studiul paragenzelor cu sulfuri și sulfosăruri auro-argentifere din cadrul aliniamentelor Cioclovina-Șugag și Subcetate-Cărpiniș*, Universitatea București, 1993.
14. STEVEN, N.M.; MOORE, J.M.: *Pan-African Tungsten Skarn Mineralization at the Otjua Prospect, Central Namibia*, în *Economic Geology*, vol.89, nr.7, nov.1994, p.1431.
15. STOICI, D. SLOBODAN; TĂTARU, SEVER -*Uraniul și thoriul*, Editura Tehnică, București, 1988.
16. WALL, F.I.; WILLIAMS, C.T.; WOOLLEY, R.R.; NASRAOUI, M.: - *Pyrochlore from weadhered carbonatite at Luesche, Zaire*, în *Mineralogical Magazine*, vol.60, nr.5, oct. 1996, pg. 731.
17. YIN, LIN; POLLARD, P.J.; SHOUXI, HU; TAYLOR, R.G.: *Geological and Geochemical Characteristics of the Yichun Ta-Nb-Li Deposits, Jiangxi Province, South China*, în *Economic Geology*, vol.90, 1995.