

B.C.U.
515419

MARIAN LUPULESCU

ANALIZA MINEREURILOR

EDITURA UNIVERSITĂȚII DIN BUCUREȘTI
1997



BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITARĂ
București

Cota IV 515419
Inventar C05562
97

153138

153138

MARIAN LUPULESCU

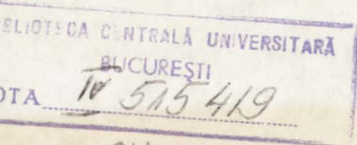
ANALIZA MINEREURILOR

EDITURA UNIVERSITĂȚII DIN BUCUREȘTI

- 1997 -

Referenți științifici :

Prof. dr. docent **Grațian CIOFLICĂ**
Conf. dr. **Radu JUDE**



591/98

B.C.U. București



C 05562 97

© Editura Universității din București
Șos. Panduri, 90-92, București - 76235; 410.23.84

ISBN 973 – 575 – 145 – 3

CUPRINS

Introducere

Capitolul I. Microscopia mineralelor opace	1
I.1. Microscopul polarizant pentru lumina reflectata	1
I.2. Sectiunile pentru studiul microscopic	3
I.3. Proprietatile optice ale mineralelor opace	5
I.3.1. Reflectivitatea	5
I.3.2. Culoarea	9
I.3.3. Bireflexia si pleocroismul de reflexie	10
I.3.4. Anizotropia	10
I.3.5. Reflexele interne	12
I.3.6. Alte observatii ce pot fi facute cu doi nicoli	12
I.4. Duritatea mineralelor	13
I.4.1. Microduritatea	13
I.4.2. Duritatea la lustruire	16
I.5. Atacul chimic	17
I.6. Teme de rezolvat in orele de laborator	19
Capitolul II. Mineralogia minereurilor	21
II.1. Metale native	21
II.2. Oxizi si hidroxizi	24
II.3. Sulfuri, arseniuri, sulfosaruri	30
II.4. Wolframati	44
Capitolul III. Structura minereurilor	50
III.1. Tipuri de structuri	50
Capitolul IV. Secvente paragenetice	66

Capitolul V. Petrologia minereurilor	68
V.1. Minereuri asociate rocilor magmatice bazice si ultrabazice	68
V.1.1. Minereuri de crom	68
V.1.2. Minereuri de oxizi de titan si fier	70
V.1.3. Minereuri de sulfuri de fier-nichel-cupru	72
V.2. Minereuri asociate rocilor granitoide	73
V.2.1. Minereuri de staniu-wolfram (molibden)	74
V.2.2. Minereuri de nichel-cobalt-bismut-argint ±uraniu	75
V.2.3. Minereuri de aur si aur-argint	77
V.2.4. Minereuri de mercur	79
V.2.5. Minereuri de cupru si cupru-molibden	79
V.2.6. Minereuri polimetalice	81
V.3. Minereuri asociate rocilor metamorfice	83
V.3.1. Minereuri asociate skarnelor	83
V.3.2. Minereuri asociate sisturilor cristaline	86
V.4. Minereuri asociate rocilor sedimentare	87
V.4.1. Minereuri asociate zonelor de oxidare si cementare	88
V.4.2. Minereuri reziduale	89
V.4.3. Minereuri sedimentare de fier	90
V.4.4. Minereuri asociate rocilor carbonatice	91
V.4.5. Minereuri stratiforme in sisturi si roci arenitice	92
Anexa 1. Asociatii minerale comune pentru tipurile de minereu prezentate	93

Introducere

Analiza minereurilor este un segment complex al Geologiei zacamintelor de minereuri care cuprinde doua laturi: una teoretica si cealalta aplicativa.

Latura teoretica include prezentarea proprietatilor optice ale mineralelor ce compun minereurile si petrologia aplicata minereurilor, iar latura practica consta in determinarile propriu zise de mineralogie si recunoasterea descriptiva a structurilor pe care le arata diferitele tipuri de minereuri.

S-ar putea la un moment dat naste urmatoarea intrebare: La ce bun toate acestea? Raspunsul poate veni din doua directii: pur stiintifica si aplicativa.

Stiintifica pentru ca a aprecia cum a aparut un minereu este necesar sa cunosti compozitia lui mineralogica si structura. Ambele dau informatii despre conditiile de P, T, X ale mediului in care s-a format corpul geologic purtator de minerale utile opace si despre istoria lui postdepozitionala. Din punct de vedere aplicativ, cunoasterea celor doua componente mai sus mentionate este necesara pentru a sti pana la ce dimensiune trebuie dezasociat si ce procedee de concentrare trebuie folosite.

Volumul de fata incearca sa raspunda la aceste necesitati. In acest scop, primul capitol prezinta proprietatile fizice in general si cele optice in special ale mineralelor opace, atat din punct de vedere teoretic cat si determinativ. In capitolul al doilea sunt descrise succint principalele minerale componente ale minereurilor. Urmatoarele capitole discuta structura diferitelor tipuri de minereuri grupate dupa asocierea lor cu rocile magmatice, metamorfice si sedimentare.

Volumul de fata se adreseaza studentilor de la urmatoarele sectii ale Facultatii de Geologie si Geofizica: Geologia Resurselor, Geologia Teoretica si Geofizica si poate fi utilizat pentru lucrarile de laborator si pentru intelegerea unor probleme de curs. Deasemenea lucrarea este utila studentilor de la Facultatea de Geologie din cadrul Universitatii Cluj si Iasi, de la Facultatea de Geologie Miniera de la Petrosani, ca si celor care activeaza in domeniul geologiei zacamintelor de minereuri.

Schitele diferitelor tipuri de structuri prezentate au fost executate dupa sectiuni lustruite si esantioane din colectia didactica a Catedrei de Mineralogie.

Realizarea integrala a acestei lucrari nu ar fi fost posibila fara ajutorul oferit de : tehn. Danci Dumitru (preparare sectiuni), tehn. Marinescu Felicia (cartografie) si tehn. Petrescu Lucian (tehnoredactare computerizata) carora doresc sa le multumesc pe acesta cale.

Capitolul I. MICROSCOPIA MINERALELOR OPACE

În studiile asupra minereurilor este necesar să fie identificate cu precizie componentele minerale ale acestora, atât mineralele opace cât și cele transparente. Mineralele transparente se studiază în secțiuni subțiri cu ajutorul microscopului petrografic. Pentru analiza microscopică a mineralelor opace se folosesc astfel de preparate, secțiunile lustruite și de asemenea, microscopul utilizat are alte particularități față de cel petrografic pentru că folosește lumina reflectată. În aceste condiții este necesar să fie examinate atât instrumentul cu care se lucrează (microscopul polarizant pentru lumina reflectată), preparatele cât și proprietățile optice ale mineralelor.

I. 1. Microscopul polarizant pentru lumina reflectată

Microscopul polarizant pentru lumina reflectată a fost și este unul din instrumentele cu ajutorul cărora mineralogii studiază mineralele componente ale minereurilor și texturile acestora. Principala diferență între microscopul polarizant în lumina reflectată și cel pentru lumina transmisă este necesitatea de a ilumina, polariza și condensa fasciculul de lumina pentru a se obține o lumina incidentă perpendicular pe suprafața preparatului. Ansamblul de bază al acestui tip de microscop este prezentat în Figura 1.

Principii generale. Procedura de examinare a unui preparat cu minerale opace este asemănătoare cu cea urmata pentru secțiunile subțiri: examinare în lumina plan polarizată și apoi studiul aceluiași câmp cu analizorul introdus.

Elemente esențiale ale microscopului pentru lumina reflectată.

Microscopul polarizant pentru lumina reflectată are în componența sa următoarele elemente: a. opac iluminator; b. sursa de lumina; c. filtre de lumina; d. obiective și oculare; e. dispozitive anexa.

a. Opac iluminatorul. Este dispozitivul care are rolul de a transmite și a devia perpendicular pe suprafața lustruită lumina de la sursa de lumina. În alcatuirea opac iluminatorului, pe lângă sursa de iluminare se găsesc o serie de lentile convergente, diafragme (de profunzime și de câmp), precum și

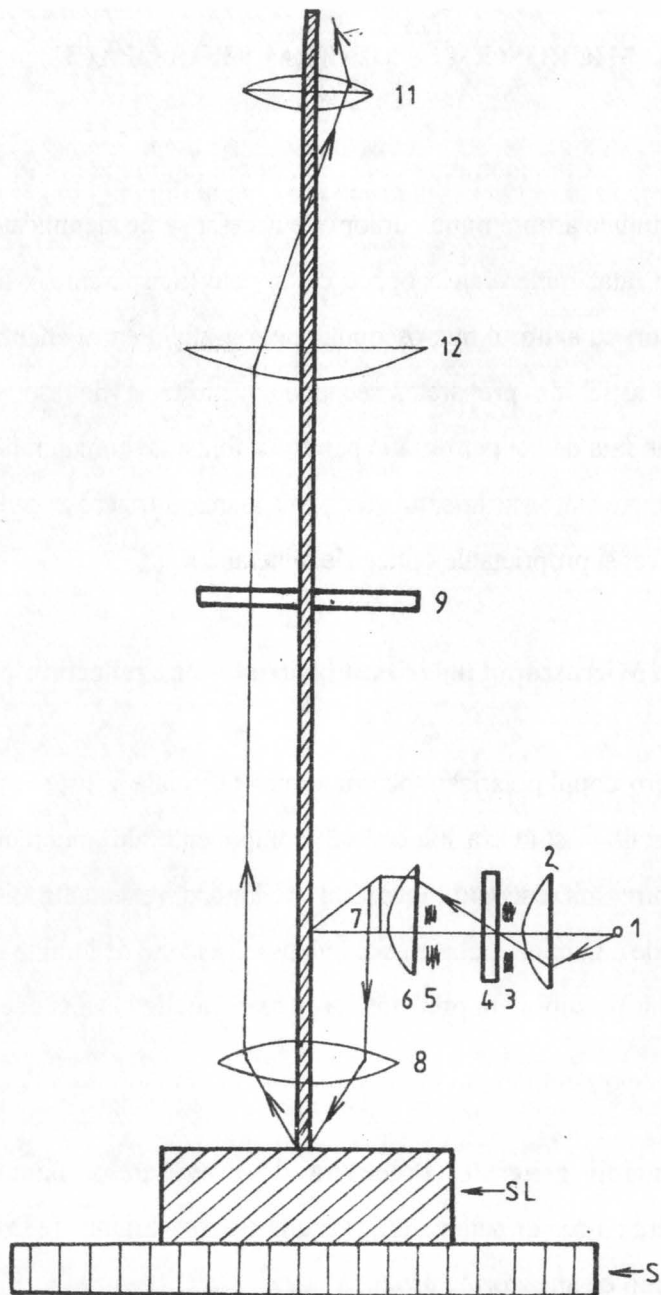


Fig.1 SCHEMA MICROSCOPULUI POLARIZANT
IN LUMINA REFLECTATA

- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| S.L. Sectiune lustruita | 5. Diafragmă de apertură |
| S. Suport | 6. Lentilă colimator |
| 1. Sursă de lumină | 7. Prisma de reflexie |
| 2. Lentilă condensoare | 8. Obiectiv |
| 3. Diafragmă de câmp | 9. Analizor |
| 4. Polarizor | 10-11. Ocular |

nicolul polarizor (la unele tipuri de microscopae). Opac iluminatorul apare ca o piesa detasabila, la microscopaele de tip vechi, iar la cele moderne este incorporat in tubul microscopului.

Una din piesele de baza din compunerea opac iluminatorului este dispozitivul de deviere verticala a luminii. Acesta poate fi o lamela de sticla sau o prisma cu reflexie totala. Microscopaele mai vechi sunt construite pe principiul lamelei de sticla, altele au ambele dispozitive, iar cele mai noi numai prisma de reflexie totala. Atunci cand se foloseste prisma de reflexie totala, intreaga cantitate de lumina primita de la sursa este deviata normal pe suprafata preparatului. In cazul folosirii lamelei de sticla ce ste montata astfel incat planul ei sa faca un unghi de 45° fata de axul principal al microscopului, o parte din lumina primita de la sursa este pierduta prin refractie ceea ce determina o scadere pronuntata a intensitatii luminii.

b. Sursa de lumina. Spre deosebire de studiul mineralelor in lumina transmisa, studiul in lumina reflectata are cateva caracteristici ce sunt determinate uneori de dimensiunile reduse ale mineralelor. Acestea impun folosirea unei lumini cu o anumita intensitate, care se mentine constanta pe tot parcursul studiului si de asemenea, o iluminare omogena a campului.

La microscopaele de tip vechi sursa de lumina este o lampa electrica cu un bec de mic voltaj. Microscopaele moderne folosesc becuri cu halogen.

c. Filtre de lumina. Pentru eficienta observatiilor in lumina reflectata este necesar sa fie eliminate o serie de lungimi de unda din spectru, astfel incat lumina sa nu devina obositoare pentru observator. De asemenea, filtrele sunt folosite la determinarea capacitatii de reflexie a mineralelor in diferite lungimi de unda. Ele sunt anexe de constructie simpla, alcatuite din lame de sticla speciala, cu o anumita forma si de o anumita culoare.

d. Obiective si oculare. In unele situatii, atunci cand granulele minerale sunt de dimensiuni reduse sau cand proprietatile mineralelor nu sunt suficient de clare, este necesar studiul in imersie. Aceasta inseamna ca intre preparat si obiectivul folosit se interpune un alt mediu decat aerul, cu indice de refractie cunoscut. Studiul in imersie presupune folosirea unor obiective cu putere de marire medie si puternica. Obiectivele, la fel ca si ocularele folosite sunt asemanatoare cu cele utilizate de microscopul petrografic. Uneori, obiectivele au o montura scurta pentru a evita formarea unor reflexii suplimentare care ar putea altera eficacitatea observatiilor.

e. *Dispozitive anexa*. In metodică de determinare și identificare a mineralelor componente ale minereurilor ca și pentru realizarea unei documentații asupra imaginilor oferite de secțiunile lustruite sunt folosite o serie de dispozitive anexa:

- microfotometrul pentru determinarea durității la întepare a mineralelor;
- microdurimetrul pentru capacități de reflexie a mineralelor;
- obiective ultripace pentru observarea reflexiilor interne ale mineralelor;
- dispozitive pentru analiză empirică a imaginii;
- aparate de fotografiat, cu inele de inserție la tubul microscopic, pentru efectuarea de fotografii

la microscop.

Modul de folosire al microscopului polarizant în lumina reflectată

1. Primul lucru care trebuie avut în vedere este faptul că toate dispozitivele cu care se lucrează se găsesc deasupra masei pe care se află preparatul.
2. Se controlează dacă nicoul polarizor se găsește în poziție normală și dacă nicoul analizor este în afara fascicolului de lumină.
3. Se pune la punct imaginea. **Atenție!** *Imaginea se pune la punct pe secțiunea lustruită și nu în lipsa acesteia.*
4. Se controlează funcționarea diafragmei de profunzime (apertură) și de câmp prin rotirea acestora.
5. Se controlează omogenitatea intensității luminii prin inserarea filtrelor.
6. Se introduce nicoul analizor și se controlează modul de încrucișare al nicolilor.

I. 2. Secțiunile pentru studiul microscopic

Spre deosebire de preparatele utilizate pentru studiul rocilor, cele folosite pentru studiul minereurilor sub microscop poartă numele de secțiuni lustruite. Acestea pot fi executate pe probe naturale de minereu, pe produsele rezultate de la macinarea minereurilor, pe reziduurile de la procedeele de lesiere a minereurilor, pe concentratele obținute la prepararea minereurilor sau pe materiale obținute pe cale artificială, la topirea minereurilor sau în laboratoarele experimentale.

Pe secțiunile lustruite se efectuează observații microscopice, măsurători de reflectivitate, de microduritate, analiză compozițională cu microsonda electronică sau analiză imaginii, etc. În mod ideal,

suprafetele lustruite trebuie sa nu aiba zgarieturi sau goluri, iar limita granulelor intre un mineral mai dur si unul mai moale sa arate o diferenta foarte mica de relief sau deloc. Bineinteles ca lucrul acesta este foarte dificil dar el reprezinta o necesitate mai ales cand in aceeasi sectiune sunt minerale cu diferente mari de duritate. Acest lucru trebuie insa depasit pentru ca o sectiune slab lustruita poate ascunde sau estompa o serie de caracteristici ale mineralului sau mineralelor studiate. Cu atat mai importanta este calitatea sectiunii cu cat studiile microscopice se fac pentru aur sau pentru metale platinice care in mod obisnuit sunt prezente ca incluziuni foarte fine in alte minerale.

Procedeeul de preparare a sectiunilor lustruite este dependent de tipul de material care este folosit si de obiectivul final al studiului. In general, prepararea sectiunilor lustruite din probe de minereu implica taierea unui fragment la dimensiunea apreciata ca fiind cea necesara, inglobarea in rasina, obtinerea unei suprafete plane prin abrazare si apoi lustruirea acesteia. Dupa taierea probei si inglobarea in rasina (daca este cazul) preparatul este slefuit in mai multe etape folosind abrazivi mai fini de la o etapa la alta. Aceasta operatie se realizeaza manual sau cu ajutorul unei masini automate, folosind ca abrazivi: carborundum, pasta de diamant sau uneori oxid de aluminiu. Lustruirea sectiunii se realizeaza tot manual sau automat folosind aceleasi substante ca abrazivi dar la dimensiuni foarte mici, iar in final se trece la finisarea lustruirii folosind un disc acoperit cu postav. Diferenta intre operatia de slefuire si cea de lustruire consta in calitatea suprafetei obtinute. Lustruirea consta intr-o succesiune de suboperatii in urma carora numarul si marimea zgarieturilor si golurilor descreste gradat pana cand sunt eliminate complet.

Uneori este necesar ca alaturi de mineralele opace sa fie studiate in acelasi preparat si mineralele transparente care le insotesc. In acest scop se executa sectiuni subtiri lustruite. Intai se obtine o sectiune subtire de minereu ($\approx 30 \mu\text{m}$) montata pe o lamela de sticla si apoi este slefuita prin mijloace mecanice. Acest tip de sectiuni sunt intens utilizate in studii de microscopie electronica si microsonda electronica.

Modul de folosire al sectiunilor lustruite.

Suprafata sectiunilor lustruite trebuie sa fie protejata de contactul cu obiecte dure care pot determina aparitia de neregularitati, de zgarieturi pe suprafata preparatului. De asemenea suprafata sectiunii nu trebuie atinsa cu mana pentru a nu ramane urme care sa impiedice observarea in bune conditii a proprietatilor optice. Daca totusi suprafata lustruita este murdara ea trebuie stearsa cu o

tesatura moale de bumbac. Nu se va folosi un altfel de material mai ales daca este sintetic. Firele sintetice pot produce zgarieturi adanci pe suprafata lustruita

Atentie! Inainte de a fi folosita pentru studiu sectiunea lustruita trebuie sa fie bine orizontalizata. Aceasta se realizeaza prin apasare cu ajutorul unei prese de mana.

I. 3. Proprietatile optice ale mineralelor opace

Identificarea si determinarea mineralelor componente ale minereurilor cu ajutorului studiului microscopic presupune cunoasterea proprietatilor optice ale acestora. Nu insistam asupra notiunilor de optica a mineralelor opace pentru ca acestea au fost aprofundate la cursul de Mineralogie. Proprietatile optice pe care ne bazam pentru identificarea mineralelor opace sunt: reflectivitatea, culoarea, bireflexia, anizotropia si reflexele interne. Informatiile obtinute prin studiul proprietatilor optice sunt completate cu observatiile asupra duritatii la lustruire si microduritatii.

I. 3. 1. Reflectivitatea

Reflectivitatea este o proprietate optica fundamentala a mineralelor opace si reprezinta procentul de radiatii reflectate de suprafata lustruita a unui mineral, din cantitatea minerala de radiatii cu incidenta normala. Reflectanta este o proprietate care poate fi masurata cantitativ, cu precizie ridicata.

Reflectivitatea (R%) = Intensitatea luminii reflectate x 100

$$R = \frac{I}{i} \times 100 \quad \text{Intensitatea luminii incidente}$$

Geometric o suprafata lustruita reflecta lumina astfel incat unghiul de reflexie sa fie egal cu cel de incidenta. O suprafata rugoasa sau murdara imprastie lumina in orice directie, sub unghiuri diferite. In cazul in care fascicolul de radiatii patrunde in interiorul sectiunii se trece spre un proces de transmitere a luminii si suntem in prezenta unei reflexii difuze.

Reflexia difuza apare la mineralele translucide si la mineralele transparente.

Reflectivitatea este caracteristica si utilizata pentru identificarea mineralelor opace. Acestea sunt acele minerale care datorita absorbtiei nu transmit lumina alba printr-o sectiune subtire de grosime standard.

Reflectivitatea unui mineral care are constantele optice (indice de refractie) si K (coeficient de absorbtie), aflat intr-un mediu izotrop, cu indicele de refractie N, este data de ecuatia lui Fresnel:

$$R = \frac{(n - N)^2 + K^2}{(n + N)^2 + K^2}$$

Valorile lui n si K, si deci si ale reflectivitatii variaza cu lungimea de unda a fasciculului incident si, in cazul mineralelor opace anizotrope, cu orientarea sectiunii lustruite. In acest din urma caz, putem vorbi de o reflectivitate maxima (R_1) si o reflectivitate minima (R_2) ce pot fi exprimate astfel:

$$R_1 = \frac{(n_1 - N)^2 + K_1^2}{(n_1 + N)^2 + K_2^2}$$

$$R_2 = \frac{(n_2 - N)^2 + K_2^2}{(n_2 + N)^2 + K_2^2}$$

Valoarea reflectivitatii este dependenta de urmatoorii factori: indicele de refractie al mediului in care se realizeaza masuratorile, lungimea de unda a fascicolului incident, anizotropia mineralului studiat, simetria cristalului si compozitia lui chimica.

a. Influenta indicelui de refractie al mediului in care se fac determinarile.

Ecuatia lui Fresnel arata ca reflectivitatea scade atunci cand creste valoarea indicelui de refractie al mediului de imersie. Valoarea indicelui de refractie al aerului este mai mica decat valoarea indicilor de refractie ai mediilor de imersie, ceea ce indica o scadere a reflectivitatii la studiul in imersie. Conform ecuatiei prezentate, valoarea indicelui de refractie a mediului de imersie afecteaza mai puternic valoarea reflectivitatii acelor minerale la care aceasta proprietate este dependenta de n (minerale slab absorbante) si intr-o masura mai mica pe aceea a mineralelor mai puternic absorbante (minerale la care reflectivitatea este dependenta de K)

b. Influenta lungimii de unda a fascicolului incident.

Pentru identificarea si pentru mai buna caracterizare a unui mineral, valoarea reflectivitatii se masoara in diferite lungimi de unda. Conform regulilor Asociatiei Internationale de Mineralogie (IMA),

Comisia pentru Minerale Noi si Nomenclatura Mineralelor, masuratorile se realizeaza pe intervalul de lungimi de unda 400 nm - 700 nm, din 20 in 20 nm. Rezultatul este o curba de dispersie a reflectivitatii, ce este caracteristica pentru un anumit mineral, pentru o orientare data. Dispersia reflectivitatii determina culoarea mineralului asa cum este observata in lumina alba polarizata.

c. Influenta anizotropiei mineralului.

Constantele optice n si K ale unui mineral anizotrop variaza cu orientarea cristalului. Pentru ca R este dependenta de n si K , in mod logic si valoarea ei este diferita. O sectiune intr-un cristal anizotrop contine doua directii principale care corespund unor valori maxime si minime ale reflectatei. Aceste doua directii ce fac intre ele un unghi drept sunt directii principale de vibratie, fapt pentru care masuratorile de reflectivitate trebuie sa se raporteze la ele.

d. Influenta simetriei cristalului.

Legile opticii cristalelor arata ca directiile optime de vibratie pentru lumina reflectata de o sectiune lustruita intr-un cristal anizotrop absorbant nu sunt polarizate liniar pana cand sectiunea nu este perpendiculara la un plan de simetrie optica. In alte situatii, vibratiile vor fi polarizate eliptic si nu permit masuratorile de reflectivitate folosite pentru determinarea proprietatilor optice.

e. Influenta compozitiei chimice.

Variatiile compozitiei chimice a unui mineral determina variatii in valoarea reflectivitatii. Exemplele cele mai bune sunt oferite de solutiile solide. Astfel, in seria ilmenit ($FeTiO_3$) - geikielite ($MgTiO_3$), substitutia Fe de catre Mn determina o scadere puternica a reflectivitatii.

Un alt exemplu, poate mai complex, de variatie a reflectivitatii functie de compozitia chimica, apare la seria tetraedrit-tennantit, deoarece aceasta solutie solida implica substitutie intre mai multe elemente. Substitutia Sb prin As sau Cu prin Ag scade valorile reflectivitatii.

Determinarea reflectivitatii

Reflectivitatea poate fi determinata cantitativ si calitativ. Cantitativ, reflectivitatea este masurata prin fotometrie microscopica. Precizia cu care pot fi efectuate masuratorile este puternic dependenta de calitatea suprafetei lustruite. Tot pentru a obtine o precizie ridicata a determinarilor este necesar ca

microfotometrul sa fie calibrat folosind o serie de standarde de reflectanta. Acestea sunt aprobate de Comisia de Microscopie a Minereunilor din cadrul IMA, dar sunt si standarde neaprobate care sunt folosite in diferite laboratoare de microscopie pentru masuratori de foarte inalta acuratete. Standardele de reflectivitate trebuie sa aiba urmatoarele calitati:

- a. Sa fie omogene din punct de vedere optic si monorefectatoare, adica trebuie sa fie cristalizate cubic sau masuratorile sa se faca pe sectiuni izotrope ale substantei uniaxiale (sectiuni bazale);
- b. Sa aiba dispersie scazuta;
- c. Sa fie suficient de mari ca sa permita calibrarea directa in aer (minim 100 mm^2);
- d. Sa aiba duritate suficient de ridicata pentru ca in urma curatirii repetate sa nu capete zgarieturi;
- e. In mod ideal, trebuie crescut artificial si sa aiba o suprafata optic omogena (fara incluziuni sau diverse neregularitati morfologice, zgarieturi). Daca este o substanta naturala sa se lustruiasca fara zgarieturi;
- f. Suprafata sa ramana stabila, neschimbata pentru mai multi ani.

Standardul de reflectivitate cel mai des folosit si care este si aprobat de Comisia Pentru Microscopia Minereunilor este carbura de siliciu (R 20%).

Determinarile de rutina care se fac in mod obisnuit in laboratoare pentru identificarea rapida a mineralelor se bazeaza pe observatiile comparative ale ochiului uman. Acesta este capabil sa distinga in conditii ideale, diferenta de reflectivitate chiar 2 % (la granule aflate in contact direct). Estimarea reflectivitatii prin comparatie vizuala este dependenta de prezenta in sectiunea studiata a unor minerale a caror reflectivitate este cunoscuta. In unele situatii pot aparea confuzii, mai frecvente la mineralele puternic colorate. Pentru a le evita se introduce un filtru monocromatic. Ochiul uman este sensibil la lungimile de unda din segmentul "verde" al spectrului.

In practica, dupa ce observatorul retine "luminozitatea" unor minerale comune (blenda, galena, calcopirita, pirita) o compara cu cea a altor minerale pe care doreste sa le identifice.

In functie de valoarea reflectivitatii, mineralele pot fi grupate in :

- a. Minerale cu reflectivitate scazuta ($R < R_{\text{blenda}}$);
- b. Minerale cu reflectivitate medie ($R_{\text{blenda}} < R < R_{\text{galena}}$);
- c. Minerale cu reflectivitate ridicata ($R > R_{\text{galena}}$).

I. 3. 2. Culoarea

La microscop, în lumina reflectată numai un număr redus de minerale au culori distincte și ușor de sesizat și definit (Tabelul 1). Acesta este un lucru important în schema de identificare a mineralelor, întrucât contribuie la precizarea imediată a speciei minerale sau la limitarea numărului de minerale ce urmează a fi testate pentru identificare.

Marea majoritate a mineralelor apar slab colorate și pentru cei nevizati sunt "albe" sau au variate nuanțe de cenușiu. În unele situații, culoarea mineralului este ușor de distins și de definit, dar prezintă nuanțe diferite în funcție de asociația în care apare. Astfel, calcopirita care se vede galben distinct atunci când apare alături de pirita (alb galben) este percepută galben verzui când este alături de galbenul strălucitor al aurului nativ (datorită fenomenului de interferență mutuală a culorilor cunoscut și sub numele de contrast simultan).

Diferențele de percepere a culorilor sunt cauzate și de diferitele sisteme de microscopie, mai precis de tipul de iluminare pe care acestea le au. Din acest motiv, vei mai mult microscopicieni preferă să lucreze la unul și același instrument, schimbarea lui însemnând reacomodarea la culorile mineralelor comune.

Culoarea unui mineral este proprietatea calitativă a luminii reflectate pe suprafața sa naturală sau de o suprafață creată prin lustruire. Suprafața mineralului reflectă dominant anumite lungimi de undă din spectrul luminii datorită interacției fotonilor cu electronii din stratele superficiale ale cristalelor. Deci, în funcție de compoziția suprafeței și implicit în funcție de structura electronică a acesteia mineralul va reflecta mai puternic o anumită lungime de undă. Datorită faptului că ochiul uman este mai sensibil la lungimile de undă din sectorul verde al spectrului și majoritatea mineralelor reflectă alte lungimi de undă, pe care ochiul nu le poate percepe, numai unele minerale apar colorate mai mult sau mai puțin puternic, cele mai multe fiind "albe" cu diferite nuanțe de cenușiu.

Determinarea culorii mineralelor se realizează prin aprecierea calitativă a lungimii de undă reflectate de suprafața lustruită a mineralului. În cazul în care lungimile de undă sunt din sectoare ale spectrului la care ochiul nu este sensibil, culoarea se apreciază prin comparație cu mineralele colorate și care au culori etalon. Atunci când peste culoarea de bază se suprapune tenta de culoare, aceasta se numește definind întâi culoarea de bază și apoi tenta/tentele acesteia. Compararea culorii mineralelor se realizează în contact cu mineralele a căror culoare este ușor de perceput și ușor de definit.

Culoarea poate fi definita cantitativ, utilizand valorile masurate ale reflectivitatii si diagrama de cromaticitate.

I. 3. 3. Bireflexia si pleocroismul de reflexie

Schimbarea reflectivitatii atunci cand este rotita masuta microscopului cu o sectiune lustruita observata in lumina planpolarizata se numeste bireflexie. Schimbarea culorii la rotirea masutei poarta numele de pleocraism de reflexie.

Sectiunile mineralelor cubice nu arata astfel de schimbari si deci ele nu au aceasta proprietate. Unele sectiuni, cu anumite orientari ale cristalelor hexagonale sau tetragonale si cristalele cu simetrie mai scazuta arata schimbari ale reflectivitatii foarte mici si nu pot fi observate de ochiul omenesc. Alte minerale prezinta schimbari puternice si foarte puternice ale reflectivitatii ceea ce face mai usoara identificarea acestora. In general, aprecierea bireflexiei se face functie de cat de usor este observata. In Tabelul 2 sunt prezentate mineralele care arata bireflexie sau pleocroism de reflexie mai semnificativ sau amandoua aceste proprietati.

Pentru ca reflectivitatea este o proprietate cantitativa si la mineralele anizotrope exista o reflectivitate maxima (R_{\max}) si o reflectivitate Minima (R_{\min}) bireflexia poate fi exprimata si ea cantitativ:

$$\Delta R = R_{\max} - R_{\min}$$

I. 3. 4. Anizotropia

Pentru observarea anizotropiei unui mineral se aseaza sectiunea lustruita pe masuta microscopului, se introduce nicolul analizor si se roteste masuta cu 360° . Pot aparea urmatoarele situatii:

a. La rotirea completa a masutei mineralul aflat in camp se mentine intunecat. Aceste efecte apar daca mineralul are putere de reflexie scazuta, este izotrop, este uniax si sectiunea este perpendiculara pe axul optic sau este biax si sectiunea este perpendiculara pe una din axele de torsiune.

b. La rotirea completa a masutei mineralul ramane usor luminos dar fara a prezenta variatii de luminozitate. Suntem in prezenta unui mineral cu putere de reflexie ridicata, izotrop, uniax in sectiune perpendiculara pe axul optic sau biax in sectiune perpendiculara pe una din axele de torsione.

c. La rotirea completa a masutei mineralul prezinta patru pozitii de iluminare si patru pozitii de intunecare sau de extintie (care poate fi completa sau partiala). Mineralul este anizotrop.

Aprecierea anizotropiei se face calitativ dupa cat de usor pot fi observate efectele ei: foarte puternica, puternica, medie, slaba, foarte slaba, imperceptibila.

Mineralele care au anizotropie prezinta uneori sub microscop culori de anizotropie. In majoritatea cazurilor aceste sunt caracteristice pentru mineralul studiat sau pentru o anumita pozitie a sectiunii in cristal si sunt folosite la identificarea mineralului. Spre deosebire de culorile de birefringenta, culorile de anizotropie sunt complexe si sunt uneori dificil de definit. Din acest motiv este practic imposibila determinarea semnului optic cu ajutorul compensatorilor.

Determinarea corecta a anizotropiei unui mineral necesita urmatoarele precautii:

1. Nicolii trebuie sa fie corect incrucisati. Verificarea se realizeaza pe un mineral izotrop sau pe un mineral ale carui culori de anizotropie sunt cunoscute. In unele situatii anizotropia unui mineral poate fi foarte slaba si daca nicolii sunt in pozitie de perpendicularitate ea nu poate fi observata. In astfel de situatii se roteste usor nicolul pentru a fi observate efectele de anizotropie si in alte pozitii ale polarizorului si analizorului.
2. Trebuie marita intensitatea luminii. Pentru ca prin insertia nicolului analizor se pierde o mare cantitate de lumina, este necesar sa crestem intensitatea acesteia. Acest lucru se realizeaza diferit functie de tipul de microscop cu care se fac observatiile.
3. Suprafata lustruita a sectiunii trebuie sa fie perfect orizontala pentru a impiedica iluminari laterale in diferite pozitii ale sectiunii.
4. Sectiunea lustruita folosita pentru studiu sa aiba suprafata bine prelucrata si sa fie curata pentru a se evita falsa anizotropie
5. Sa nu fie folosite obiective cu putere de marire ridicata in cazul in care studiul se realizeaza in aer pentru a se impiedica aparitia unor efecte de polarizatie a luminii.
6. Cand se observa anizotropia unui mineral de dimensiuni reduse inclus intr-unul cu anizotropie puternica se va folosi diafragma de camp pentru a-l izola si a impiedica influentele mineralului gazda.

7. Atentie la falsa anizotropie care poate sa apara cand diferenta de relief dintre minerale este foarte mare. Anizotropia si implicit culorile de anizotropie sunt omogen repartizate pe suprafata mineralului si nu numai in anumite zone.

I. 3. 5. Reflexele interne

Acestea sunt coloratii cu caracter local care apar pe suprafata lustruita a mineralelor in zone cu discontinuitati mecanice. Ele reprezinta culoarea adevarata, naturala a mineralului studiat (Tabelul 3). Reflexele interne nu sunt prezente la toate mineralele opace, ci numai la acelea care au reflectivitatea mai mica de 41%.

Ele pot fi observate cu doi nicoli, prin marirea intensitatii luminii, prin folosirea obiectivelor ultraopace si prin luminare laterala.

Exista pericolul confundarii culorilor de anizotropie cu reflexele interne. Culorile de anizotropie sunt omogen distribuite pe suprafata mineralului, pe cand reflexele interne sunt cu caracter discontinuu, ele aparand numai in anumite zone ale cristalului (unde deformarea este mai intensa)

Reflexele interne au caracter diagnostic, ele fiind un indiciu in identificarea mineralului. De asemenea ele sunt folosite pentru a separa mineralele opace de cele transparente. Mineralele opace au reflexe interne intr-o singura culoare, pe cand cele transparente au culori curcubeu sau sunt translucide.

I. 3. 6. Alte observatii ce pot fi facute cu doi nicoli

Pe langa efectele de anizotropie sau reflexele interne, cu doi nicoli se pot observa macle, extinctii ondulatorii si anomalii optice.

Maclele pot fi observate la mineralele anizotrope. Ele pot fi macle lamelare, in retea, complexe, etc. Identificarea si descrierea lor contribuie la mai buna caracterizare a mineralului si au importanta diagnostica.

Extinctia ondulatorie este proprie mineralelor a caror retea este deformata din diverse cauze. La mineralele opace, extinctia ondulatorie este intalnita la cele care au duritate scazuta, precum grafit, cgynelina, molibdenit, stibina, etc, si numai uneori la cele cu duritate ridicata. Prin faptul ca este restransa numai la anumite minerale, extinctia ondulatorie are valoare diagnostica.

Anomalii optice.

Sunt fenomene ce apar atat la mineralele izotrope cat si la cele anizotrope, doar ca pot fi sesizate cu usurinta la cele izotrope. Anomaliile optice apar atunci cand in solutia solida a unui mineral, un element minor este intr-o cantitate mai mare decat poate sa contina reseaua mineralului. In acest caz reseaua se deformeaza si mineralul daca este izotrop se comporta anizotrop sau daca este anizotrop, calitativ aceasta se schimba. In mod obisnuit astfel de efecte pot fi observate la pirita (se datoreaza prezentei arsenului) si la blenda *(datorita fierului).

I. 4. Duritatea mineralelor

Duritatea este proprietatea unui mineral de a prezenta o anumita rezistenta la o anumita actiune de zgariere, lustruire sau apasare. Aceasta proprietate este una din cele mai des folosite, inca de la inceputurile mineralogiei ca stiinta, fiind un mod ajutorator in identificarea mineralelor.

Duritatea mineralelor poate fi apreciata sub trei aspecte, functie de felul in care se actioneaza asupra mineralului.

I. Duritatea la zgariere

II. Duritatea la intepare (microduritatea)

III. Duritatea la lustruire (relieful mineralului)

In continuare atentia noastra va fi focalizata pe ultimele doua tipuri, considerand ca principiul si metodologia de folosire a duritatii Mohs au fost insusite la cursul de Mineralogie.

I. 4. 1. Microduritatea

Duritatea la intepare (apasare) reprezinta rezistenta pe care suprafata unui mineral (si desigur si stratele structurale adiacente suprafetei) o opune atunci cand se actioneaza asupra ei cu o greutate standard de 100 g. Greutatea este asezata pe un suport care are la capat o piramida de diamant cu baza patrata si care are un unghi de 130° intre fetele opuse. Instrumentul cu ajutorul caruia se realizeaza masuratorile poarta numele de microdurimetru. Cele mai des folosite in studiile sistematice de microduritate sunt microdurimetru Knoop si microdurimetru Vickers, ultimul fiind cel mai des utilizat in studierea mineralelor opace.

Urma obtinuta pe suprafata mineralului este un patrat, mai mult sau mai putin deformat, cu diagonalele avand lungimi aproape egale (in realitate "urma " este o adancitura cu forma de piramida). Suprafata urmei se calculeaza functie de lungimea diagonalei patratului:

$$S = \frac{1}{2} d^2 \operatorname{cosec} 68^\circ$$

Valoarea microduritatii Vickers (VHN) se calculeaza ca un raport intre greutatea aplicata (G) si suprafata (S) a urmei:

$$VHN = \frac{G}{S} = \frac{2 \sin 68^\circ \times G}{d^2} = \frac{1,8544 \times 6}{d^2} \quad (g/nm^2)$$

$$\text{sau} \quad \frac{1854,4 \times 6}{d^2} \quad (kg/mm^2)$$

In cea mai mare parte a studiilor sunt folosite pentru determinari de microduritate greutati de 100 g (este si recomandarea Asociatiei Internationale de Mineralogie), dar pot fi folosite si alte greutati intre 25 g-200 g pentru ca nu intotdeauna dimensiunile mineralului sau relatiile lui cu alte minerale aflate in asociatie permit utilizarea unor greutati standard. este important ca indiferent ce greutate este folosita pentru aflarea valorii microduritatii unui mineral ea sa fie specificata pentru ca diferitele masuratori sa poata fi comparate.

Nu intotdeauna forma urmei este aproape perfecta. In majoritatea cazurilor datorita anizotropiei, urma este deformata prezentand margini concave sau convexe si este insotita de fisuri caracteristice.

Rolul microduritatii in identificarea mineralelor.

Masurarea microduritatii Vickers s-a realizat pentru aproape toate mineralele opace, dar si pentru o serie din mineralele asociate. Pentru un mineral dat valoarea microduritatii la greutatea standard de apasare (100 g) este apreciata sub forma unui interval de valori. Valoarea microduritatii intr-un anumit punct de pe suprafata unui mineral depinde de orientarea sectiunii, compozitia chimica si conditiile depozitionale si postdepozitionale ale mineralului, in special evolutia lui mecanica si termica. Valorile microduritatii pentru mineralele descrise in acest volum, dar si pentru altele sunt prezentate in Tabelul 4, grupate in ordinea crescatoare a microduritatii Vickers. Se observa ca

intervalele de valori sunt diferite de la un mineral la altul si deci aceasta proprietate este un factor important in diagnosticarea mineralelor cu proprietati optice apropiate. In microscopia cantitativa a minereurilor valorile microduritatii Vickers si ale reflectivitatii sunt proiectate intr-o diagrama comuna in vederea obtinerii unei grile de diagnosticare a mineralelor (Figura 2).

Intre valorile obtinute prin folosirea duritatii la lustruire, la zgariere sau a microduritatii exista diferente semnificative iar incercarile de a stabili o relatie de transformare a duritatii Mohs in microduritate sunt inca departe de a fi perfecte. Aceste diferente sunt normale daca luam in considerare natura deformarii implicate si deci si rezistenta diferita a mineralului la deformare.

Factorii care determina variatia microduritatii

Microduritatea, asa cum am mentionat, este dependenta de textura mineralului, orientarea sectiunii in mineral, compozitia chimica si transformarile mecanice si termice ale mineralului.

Textura mineralului. Valoarea microduritatii este functie de dimensiunea mineralului. Granulele minerale bine cristalizate sunt cele care se preteaza cel mai bine pentru masuratorile de microduritate. Microduritatea masurata pentru minerale microcristaline sau criptocristaline este mai scazuta decat cea masurata pentru aceleasi minerale bine individualizate.

Compozitia chimica. Valoarea microduritatii este diferita pentru diferitele compozitii ale familiilor de minerale sau seriilor de solutii solide. Aceste variatii se datoreaza schimbarilor in valoarea parametrilor celulei elementare si naturii legaturii chimice. Astfel, valoarea microduritatii pentru seria izostructurala galena (PbS) - clausthalit (PbSe) - altait (PbTe) este $VHN_{100g} = 57-86$ (galena), 46-72 (clausthalit), 34-38 (altait). Se observa ca microduritatea scade pe masura ce anionul din structura de tip halit este mai mare si mai usor polarizabil. Aceasta tendinta este partial legata si de cresterea parametrului celulei elementare "a", de la 5,94 Å (PbS) la 6,45 Å (PbTe).

La fel substitutiile in seriile de solutii solide influenteaza valoarea microduritatii. Astfel in compozitia blendei, substitutia Zn prin Fe in diferite proportii se reflecta in valoarea microduritatii. La continuturi mici de Fe valoarea microduritatii creste puternic, iar la continuturi ridicate scade. Aceasta

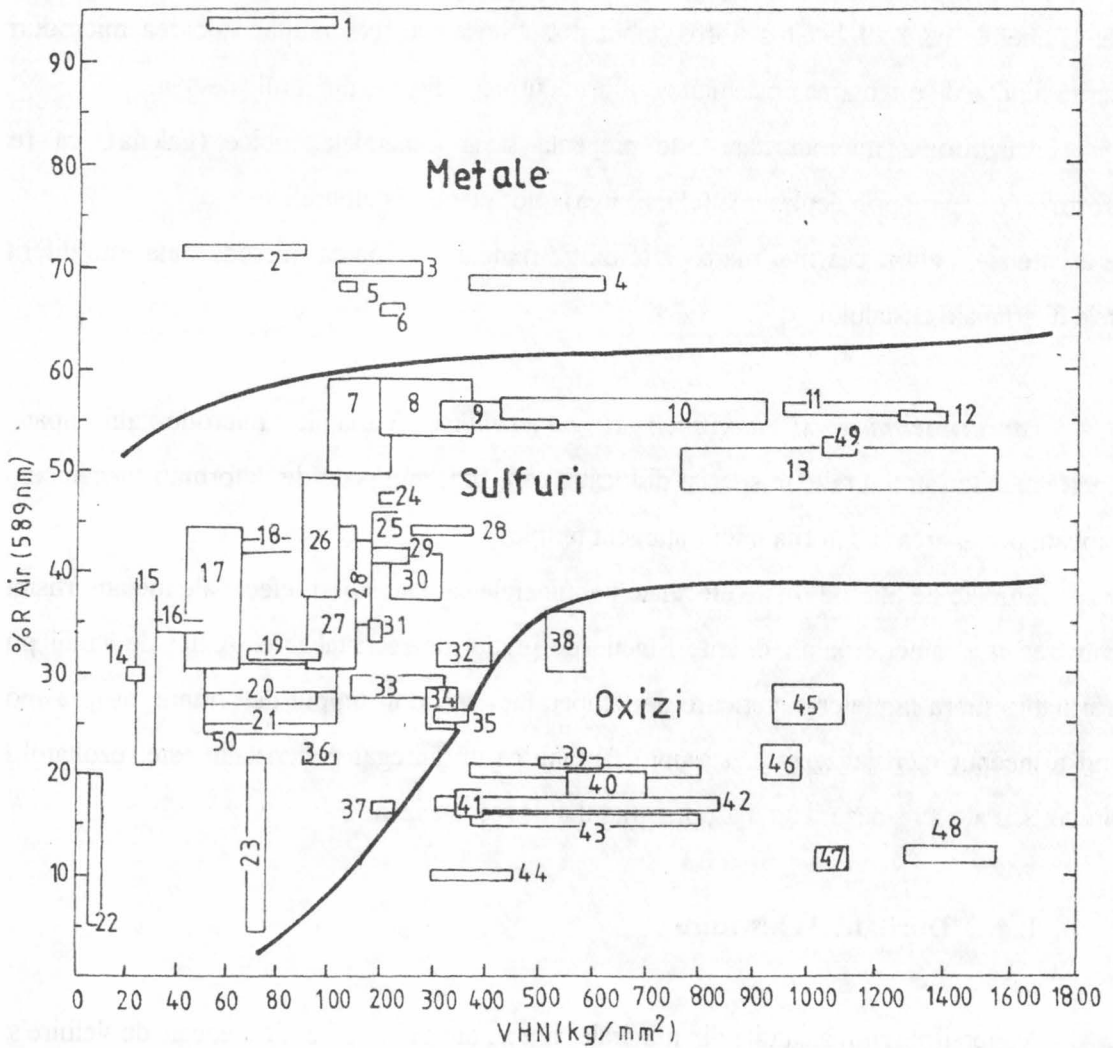


Fig 2. Diagramă reflectantă spectrală (pentru 589nm) și microduritate (VHN) pentru mineralele opace comune

1.argint ; 2.aur ; 3.platină ; 4.platină; 5.cupru 6.calaverit 7.silvanit
 8.millerit 9.nichelină;10.tollingit; 11.cobaltină;12.pirită; 13.marcasită;14.argentit;
 15.molibdenit;16.petzit; 17stibină; 18.galenă; 19.calcozina;20.pirargirit;21.proustite;
 22.grafit; 23.covelină; 24.pentlandit;25.calcopirita;26.bismutina; 27.stibină ;
 28. boulangerit ; 29.cubanite; 30. pirotină ; 31. bournonite; 32. tetraedrit ;
 33. stanină ; 34. enargit ; 35. tennantite ; 36. bornite ; 37. blenda; 38. piroluzite;
 39. magnetite ; 40. ilmenite ; 41. wolframite ; 42. pechblenda ; 43. manganite ;
 44. scheelite ; 45. hematite ; 46. rutil ; 47. cassiterite ; 48. cromite ;
 49. arsenopirita ; 50. cinabru.

observatie se coreleaza cu cresterea parametrului celulei elementare in cazul in care Zn^{2+} din pozitiile tetraedrice este substituit de ionii mai mari Fe^{2+} .

Orientarea mineralului. Variatia microduritatii cu orientarea mineralului este semnificativa la acele minerale care au habitus fibros, tabular sau prismatic. Nu numai valoarea microduritatii este diferita functie de orientarea cristalului ci si forma urmei si fisurile din jurul acesteia.

Anizotropia microduritatii este prezenta si la mineralele cubice (galena), ca rezultat al deformarii ce apare prin deplasarea (alunecarea) unor plane cristalografice.

De asemenea, pentru cea mai mare parte dintre minerale, valoarea microduritatii este diferita pentru fetele diferite ale cristalului.

Istoria termica si mecanica a mineralului. Variatiile microduritatii apar datorita imperfectiunilor structurale, in special dislocatii, care sunt amorsate de deformari mecanice. Astfel de dislocatii pot aparea si datorita unui tratament termic.

Studiile de microduritate efectuate pe minerale care au suferit efecte ale metamorfismului arata pentru acelasi mineral valori diferite functie de gradul de recristalizare. Astfel de studii pot furniza informatii asupra limitelor superioare de temperatura atinse in timpul deformarii, asupra momentului cand a inceput recristalizarea sau asupra faptului ca un agregat policristalin este rezultatul depunerii primare sau al recristalizarii ca si asupra gradului de recristalizare.

I. 4. 2. Duritatea la lustruire

Minerurile sunt alcatuite din minerale care au duritati diferite. Procedeele de slefuire si lustruire nu sunt atat de perfecte, indiferent de ce abraziv se foloseste sau ce metode, astfel incat nu pot fi eliminate complet diferentele de duritate intre minerale. Intr-o sectiune lustruita mineralele cu duritate mai mare raman intr-un plan superior fata de cele cu duritate mai mica, aparand in felul acesta un relief real intre minerale. Se pot deosebi doua situatii:

1. Diferenta de relief dintre minerale este mare si foarte mare.

In cazul acesta intre minerale apare la microscop o banda neagra a carei grosime este cu atat mai mare cu cat diferenta de relief dintre minerale este mai mare.

2. *Diferenta de relief dintre minerale este mica si foarte mica.* Separarea fazelor minerale in acest caz se face printr-o linie fina.

Daca in prima situatie determinarea reliefului este usor de rezolvat, cel de-al doilea caz necesita mai multe operatii. Este necesara obtinerea unei franje luminoase pe contactul dintre minerale si prin dereglarea punerii la punct a imaginii se observa incotro migreaza aceasta. In tabelul 5 sunt prezentate mineralele cele mai comune din minereuri in ordinea crescatoare a duritatii la lustruire.

Etaplele de determinare a reliefului si dificultatile care intervin sunt urmatoarele:

- a. Se alege campul cu minerale intre care dorim sa vedem diferenta de relief;
- b. Se foloseste diafragma de apertura pentru a se obtine si observa mai bine franja luminoasa;
- c. Se deregleaza usor punerea la punct a imaginii si se urmareste sensul de deplasare al franjei luminoase functie de ridicarea sau coborarea tubului microscopului sau a masutei microscopului (depinde de tubul de microscop).

Atentie! *La marirea distantei intre obiectiv si preparat franja migreaza catre mineralul cu relief mai scazut.*

- * Nu se determina reliefurile dintre un mineral opac si unul transparent pentru ca franja migreaza in ambele sensuri.
- * Franja luminoasa care apare nu trebuie confundata cu franja lui Becke ele fiind determinate de fenomene optice diferite.
- * Franja luminoasa apare in cazul de fata datorita suprapunerii razelor reflectate de suprafata de contact cu cele reflectate de suprafata lustruita normala la axul tubului microscopului.
- * Banda intunecata ce este prezenta in cazul mineralelor intre care exista o diferenta mare/foarte mare de relief se datoreaza reflectarii in afara campului microscopului a razelor de lumina care cad pe suprafata de contact dintre minerale.

I. 5. Atacul chimic

Desi astazi, atacul chimic propriu-zis nu mai este folosit foarte frecvent ca auxiliar pentru identificarea mineralelor opace el ramane, prin variantele lui (mai ales atacul structural), o modalitate de a obtine unele informatii suplimentare asupra unor caracteristici, indeosebi texturale ale mineralelor componente ale minereurilor.

Atacul chimic poate fi definit ca reprezentand totalitatea efectelor ce se obtin atunci cand suprafata lustruita a unui mineral este in contact cu un agent chimic in solutie sau ca vapori.

Sunt cunoscute urmatoarele variante care pot fi cuprinse sub denumirea generica de atac chimic:

a. atac chimic propriu-zis - cand se urmaresc efectele obtinute la contactul mineralului cu agentul chimic;

b. atac electrochimic - reactia dintre mineral si agentul chimic este impulsinata de o diferenta mica de potential;

c. atac structural - in urma atacului sunt puse in evidenta o serie de caracteristici ale mineralului precum macle, zonari, agregate poligranulare, recristalizari, etc.;

d. atacul luminos - restrans numai la mineralele de argint, caz in care mineralul atacat de lumina bruniseaza.

In studiul mineralelor opace au fost incercati mai multi agenti chimici care prin incercari multiple au fost restransi numeric si impartiti in reactivi standard si reactivi specifici.

Reactivii standard sunt: HNO_3 1:1; HCl 1:1; KOH si NaOH 40%; KCN 20 %; FeCl_3 20 % si HgCl_2 5 %.

Reactivii specifici sunt folositi numai pentru anumite minerale sau grupe de minerale. Modul lor de reactie, la fel ca si cel al reactivilor standard este prezentat in determinatoarele clasice citate la bibliografie.

Modul de realizare al atacului si dificultati ce trebuie evitate

1. Se fixeaza sub microscop mineralul ce urmeaza a fi atacat.
2. Cu ajutorul unei pipete iau cateva picaturi de reactiv chimic si se picura o cantitate mica pe suprafata mineralului ce urmeaza a fi atacat. Dupa ce trece timpul necesar atacului se sterge picatura de reactiv cu o hartie de filtru si dupa caz, suprafata lustruita se spala.
3. Se urmareste apoi efectul reactiei picaturii de reactiv ca suprafata lustruita sau reactiei corpurilor de reactiv cu suprafata mineralului.

Dificultati ce trebuie evitate:

1. In cazul in care suprafata lustruita este "invechita" (are cruste, pelicule de oxidatie) sau este murdara, pentru ca atacul chimic sa dea rezultate corecte, sectiunea trebuie relustruita.

2. Trebuie evitate atacurile chimice asupra mineralelor de dimensiuni mici, pentru ca în cazul în care picătura de reactiv acoperă două minerale, poate să apară o diferență de potențial care să schimbe sensul reacției.
3. În cazul în care mineralul ce urmează să fie atacat are incluziuni de carbonați se va evita folosirea unui acid. Carbonații pot face efervescenta și efectul reacției reale să fie estompat.
4. Nu vor fi atacate minerale cu zone intens fisurate. Picătura de reactiv poate pătrunde în interiorul fisurilor, iar aerul să iasă din fisuri, dând impresia de efervescenta.

Comportarea mineralelor la atacul chimic:

- a. Atacul chimic are intensitate diferită în funcție de direcțiile cristalografice ale cristalului.
- b. Același mineral are comportare diferită la atacul chimic în funcție de partea din zăcământ de unde a fost recoltat (zona de oxidare sau zona primară).

I. 6. Teme de rezolvat în orele de laborator

1. Analizați și rețineți puterea de reflexie a următoarelor minerale: cuarț, cromit, blenda, magnetit, hematit, tetraedrit, calcopirita, pirotina, galena, pirita, alțait, skutterudit, safflorit, platina, argint. Încercați ordonarea lor în sensul creșterii reflectivității.
2. În secțiunile de la lucrările practice încercați să comparați mineralele din diverse asociații în funcție de puterea de reflexie.
3. Definiți culorile mineralelor prezentate la punctul 1.
4. Definiți culoarea bourmonitului, semseyitului, proustitului și stibinei față de galena.
5. Observați culoarea skutteruditului alături de safflorit și apoi alături de nichelina și maucherit.
6. Observați culoarea calcopiritei alături de alte sulfuri și apoi alături de aur. Puteti găsi o explicație a diferențelor observate?
7. Observați reflectivitatea și culoarea cromitului alături de silicați și apoi alături de platina. Cum explicați diferența?
8. Observați bireflexia următoarelor minerale: ilmenit, hematit, pirotina, molibdenit, covelina, stibina, bismutina, nichelina. Ordonati-le după intensitatea bireflexiei.
9. Observați anizotropia următoarelor minerale: ilmenit, hematit, molibdenit, covelina, pirotina, marcasita, cinabru, arsenopirita, silvanit, nichelina, maucherit. Caracterizați anizotropia după intensitate.

10. La mineralele de mai sus observati culorile de anizotropie. Care din ele prezinta macle?
11. Observati si caracterizati reflexele interne la urmatoarele minerale: blenda, hematit, wolframit, cinabru, proustit, pirargirit.
12. Observati diferentele de relief dintre galena-bourmonit, skutterudit-nichelina, skutterudit-safflorit.
13. In sectiunile pe care le aveti ordonati mineralele dupa relief.
14. Observati diferenta de relief calcozina-bornit si tetraedrit-bornit.
15. Caracterizati mineralele din sectiunile lustruite dupa urmatoarea schema: morfologie - contur - clivaj - culoare - putere de reflexie - bireflexie - anizotropie - reflexe interne - macle - relief.

Compozitia mineralogica a minereurilor este foarte variata, un mare numar de minerale opace si minerale transparente fiind descrise. In randurile care urmeaza vom prezenta mineralele comun intalnite in minereuri si care sunt la indemana studentilor la lucrarile practice. Fiind un capitol care se refera la compozitia mineralogica a minereurilor am preferat gruparea mineralelor dupa clasificarea mineralogica si nu dupa asociatiile minerale care apar in mod obisnuit in minereuri. In cadrul fiecarei grupe de minerale ordonarea acestora este alfabetica pentru a usura cautarea mineralului. Pentru fiecare minerale este prezentata formula, sistemul de cristalizare si caracteristicile mineralogice care sunt esentiale in identificarea mineralului. De asemenea, pentru fiecare mineral este prezentat cel mai frecvent tip de zacamant in care apare. Puterea de reflexie a mineralelor este data pentru lungimea de unda de 546 nm.

II. 1. Metale native

Argint

- a. *Compozitie si formula*: Ag. Formeaza solutie solida cu aurul, cuprul, bismutul si stibiul.
- b. *Sistem de cristalizare*: cubic.
- c. *Grad de lustruire*: se lustruiește ușor, dar de cele mai multe ori cu zgarieturi.
- d. *Relief*: > galena, » calcopirita, < tetraedritul, << blenda.
- e. *Culoare*: alb stralucitor pe suprafetele foarte proaspat lustruite. In aer capata foarte repede o tenta galbuie si dupa aceea intunecata. Sunt frecvente irizatii diverse.
- f. *Reflectivitate*: foarte ridicata, 93,3 %.
- g. *Bireflexie*: nu are.
- h. *Anizotropie, izotropie*: este izotrop. Uneori, zgarieturile ramase in urma lustruirii pot cauza false efecte de anizotropie.
- i. *Reflexe interne*: nu are.
- j. *Ocurente*: in zacaminte hidrotermale, concentratiuni din zona de oxidatie a zacamintelor primare (uneori si in zona de cimentare) si in concentratiuni asociate zonelor de forfecare.

Aur

- a. *Compozitie si formula:* Au Cu argintul (30-45% Ag) formeaza aliajul electrum. Alte elemente cu care poate da solutii solide sunt: Cu, Bi, Pt, Pd, Hg.
- b. *Sistem de cristalizare:* cubic.
- c. *Grad de lustruire:* se lustruieste usor, dar de cele mai multe ori prezinta zgarieturi.
- d. *Relief:* » calcopirita, < tetraedrit, < blenda, > galena.
- e. *Culoare:* Galben luminos, variabila in functie de continutul in argint (mai alba) si cupru (mai rosiatica). Cand este alaturi de calcopirita este foarte alb datorita reflectivitatii mari iar calcopirita devine galben-verzui.
- f. *Reflectivitate:* foarte ridicata, in jur de 77 %.
- g. *Bireflexie:* nu prezinta.
- h. *Anizotropie, izotropie:* este izotrop, dar niciodata cu doi nicoli nu este complet intunecat, datorita reflectivitatii sale ridicate. datorita zgarieturilor fine de pe suprafata se obtin uneori false efecte de anizotropie.
- i. *Reflexe interne:* nu are.
- j. *Ocurente:* in zacaminte asociate skarnelor, zacaminte hidrotermale, zacaminte asociate rocilor exogene, rocilor metamorfice si in concentratiuni din zonele de forfecare.

Bismut

- a. *Compozitie si formula:* Bi. Este aproape pur, rar are continuturi scazute de As si Te.
- b. *Sistem de cristalizare:* trigonal.
- c. *Grad de lustruire:* se lustruieste moderat, suprafata bismutului prezinta mai multe zgarieturi, datorita duritatii sale foarte mici.
- d. *Relief:* este mai scazut decat al tuturor mineralelor asociate.
- e. *Culoare:* alb cu usoara tenta crem sau crem-roz. Dupa lustruire, suprafata mineralului devine usor galbena cu tenta slab rosie.
- f. *Reflectivitate:* este ridicata, in jur de 59,8 % - 67,1 %.
- g. *Bireflexie:* slaba, de la alb crem stralucitor la alb crem cu tenta usor cenusie.
- h. *Anizotropie, izotropie:* distincta. se observa macle, de cele mai multe ori lanceolate sau lamelare.
- i. *Reflexe interne:* nu are.
- j. *Ocurente:* in pegmatite, in zacaminte hidrotermale.

Cupru

- a. *Compozitie si formula:* Cu. Poate forma solutii solide cu putin argint si aur.
- b. *Sistem de cristalizare:* cubic.
- c. *Grad de lustruire;* se lustruieste destul de usor, dar de cele mai multe ori cu zgarieturi.
- d. *Relief:* > calcozina, calcopirita, < cuprit.
- e. *Culoare:* in sectiuni proaspat lustruite este roz stralucitor. In timp, suprafata lustruita se intuneca, capatand o tenta rosu brun.
- f. *Reflectivitate:* ridicata, in jur de 64,6 %.
- g. *Bireflexie:* nu are.
- h. *Anizotropie, izotropie:* izotrop.
- i. *Reflexe interne:* nu are.
- j. *Ocurente:* concentratiuni asociate rocilor exogene si in cele din faciesul zeolitic.

Platina

- a. *Compozitie si formula:* Pt. Formeaza solutii solide cu Fe, Ir, Cu, Pd, Rh, Ru.
- b. *Sistem de cristalizare:* cubic.
- c. *Grad de lustruire:* se lustruieste usor obtinandu-se o suprafata de buna calitate.
- d. *Relief:* intre blenda si pirotina.
- e. *Culoare:* alb, cu o tenta slaba de albastrui la galbui, functie de mineralele din asociatie.
- f. *Reflectivitate:* ridicata, in jur de 69,7 %.
- g. *Bireflexie:* nu are.
- h. *Anizotropie, izotropie:* izotrop.
- i. *Reflexe interne:* nu are.
- j. *Ocurente:* zacaminte asociate rocilor ultrabazice, in pegmatite, in zacaminte de tip placer.

Osmiridiu

- a. *Compozitie si formula:* OsIr. Uneori contine Ru.
- b. *Sistem de cristalizare:* cubic.
- c. *Grad de lustruire:* se lustruieste bine.
- d. *Relief:* > platina.

- e. *Culoare*: alb cu nuanta cenusie.
- f. *Reflectivitate*: ridicata, in jur de 65 % - 70 %.
- g. *Bireflexie*: nu are.
- h. *Anizotropie, izotropie*: izotrop.
- i. *Reflexe interne*: nu prezinta.
- j. *Ocurente*: in zacaminte asociate rocilor ultrabazice si in zacaminte de tip placer.

II. 2. 1. Oxizi si hidroxizi

Cassiterit

- a. *Compozitie si formula*: SnO_2 . Au fost identificate continuturi de Nb si Ta.
- b. *Sistem de cristalizare*: trigonal.
- c. *Grad de lustruire*: se lustruieste slab.
- d. *Relief*: mai mare decat a mineralelor cu care se asociaza de obicei.
- e. *Culoare*: cenusiu, mai inchis decat blenda, mai inchis si mai putin brun decat wolframitul.
- f. *Reflectivitate*: scazuta, in jur de 10,7% - 12,2 %.
- g. *Bireflexie*: slaba, vizibila numai pe marginea granulelor si la cristalele maclate.
- h. *Anizotropie, izotropie*: distincta, culorile de anizotropie sunt acoperite de reflexele interne.
- i. *Reflexe interne*: foarte comune in culori galbene, galben brun si alb.
- j. *Ocurente*: zacaminte asociate rocilor granitice ca:pegmatite, zacaminte asociate skarnelor, zacaminte hidrotermale filoniene si tip "porphyry", zacaminte asociate rocilor exogene.

Cromit

- a. *Compozitie si formula*: $(\text{Fe}, \text{Mg})(\text{Cr}, \text{Al}, \text{Fe})_2\text{O}_4$. Mai sunt posibile si cantitati mici de Mn, Zn, Ti.
- b. *Sistem de cristalizare*: cubic.
- c. *Grad de lustruire*: se lustruieste foarte greu, dar se obtine o suprafata de buna calitate.
- d. *Relief*: > magnetit, < hematit.
- e. *Culoare*: cenusiu deschis usor brun deschis.
- f. *Reflectivitate*: scazuta, in jur 13,5 %.
- g. *Bireflexie*: nu are.

- h. *Anizotropie, izotropie*: izotrop.
- i. *Reflexe interne*: adesea vizibile, brun - roscate.
- j. *Ocurente*: in zacaminte asociate rocilor ultrabazice, ca un produs al cristalizarii magmatice.

Cuprit

- a. *Compozitie si formula*: Cu_2O .
- b. *Sistem de cristalizare*: cubic.
- c. *Grad de lustruire*: in majoritatea cazurilor se obtine o suprafata de buna calitate.
- d. *Relief*: > cupru, calcozina, < limonitul.
- e. *Culoare*: alb-albastrui.
- f. *Reflectivitate*: medie, variind intre 25 % - 27,9 % .
- g. *Bireflexie*: nu are.
- h. *Anizotropie, izotropie*: izotrop.
- i. *Reflexe interne*: foarte abundente, rosu sangeriu stralucitor.
- j. *Ocurente*: concentratiuni asociate rocilor exogene (zona de oxidare a zacamintelor cuprifere primare).

Goethit

- a. *Compozitie si formula*: FeHO_2 cu variate cantitati de apa adsorbita si alte substante precum: Al_2O_3 , CaO , BaO , SiO_2 , etc .
- b. *Sistem de cristalizare*: rombic.
- c. *Grad de lustruire*: variabil in functie de dimensiunea granulelor, porozitate, etc.
- d. *Relief*: foarte variabil.
- e. *Culoare*: cenusiu, de multe ori aproximativ acelasi cu cel al blendei. In majoritatea cazurilor prezinta nuante diferite.
- f. *Reflectivitate*: scazuta, variind intre 15,5% - 17,5 %.
- g. *Bireflexie*: slaba, vizibila la granulele mai bine dezvoltate. Variabila functie de cantitatea de apa adsorbita.
- h. *Anizotropie, izotropie*: anizotropie clara la iluminare puternica. In granule mici si omogene anizotropia este slaba.
- i. *Reflexe interne*: frecvente, galben la brun roscat.

j. *Ocurente*: concentratiuni asociate rocilor exogene.

Hausmanit

a. *Compozitie si formula*: Mn_3O_4 .

b. *Sistem de cristalizare*: tetragonal.

c. *Grad de lustruire*: se obtine o suprafata de buna calitate.

e. *Culoare*: cenusiu-alb cu o foarte slaba tenta bruna.

f. *Reflectivitate*: scazuta spre medie, intre 16,4 % - 19,2 %.

g. *Bireflexie*: distincta.

h. *Anizotropie, izotropie*: anizotropie distincta, de la cenusiu galbui la brun galbui.

i. *Reflexe interne*: rosu sangeriu inchis la brun roscat.

j. *Ocurente*: concentratiuni filoniene de minereu de Mn de temperatura scazuta, concentratiuni metasomatice de contact, concentratiuni asociate rocilor exogene.

Hematit

a. *Compozitie si formula*: Fe_2O_3 . Miscibilitate nelimitata la temperaturi inalte si foarte limitata la temperaturi scazute cu $FeTiO_3$.

b. *Sistem de cristalizare*: trigonal.

c. *Grad de lustruire*: se lustruiește cu dificultate, dar in final se obtine o suprafata de buna calitate.

d. *Relief*: > magnetit, ilmenit, » pirita, < cassiterit.

e. *Culoare*: alb cu tenta slaba cenusiu albastruie.

f. *Reflectivitate*: medie, intre 26,4 % - 29,9 %.

g. *Bireflexie*: distincta.

h. *Anizotropie, izotropie*: vizibila la moderat.

i. *Reflexe interne*: rare, de culoare rosu inchis. Sunt mai frecvente in sectiunile slab lustruite.

j. *Ocurente*: in zacaminte lichid magmatice, pegmatite, zacaminte asociate skarnelor, zacaminte hidrotermale, zacaminte asociate rocilor exogene, zacaminte asociate rocilor metamorfice.

Ilmenit

- a. *Compozitie si formula:* FeTiO_3 . In mod obisnuit contine Fe_2O_3 care la temperaturi inalte este complet miscibil, iar la temperaturi scazute au miscibilitate limitata. Contine de asemenea MgTiO_3 (geikelit) si MnTiO_3 (pirofanit).
- b. *Sistem de cristalizare:* trigonal.
- c. *Grad de lustruire:* de obicei se obtine o suprafata bine lustruita.
- d. *Relief:* > magnetit, < hematit.
- e. *Culoare:* alb cenusiu cu tenta roz bruna.
- f. *Reflectivitate:* mica spre medie 16,4 % - 19,2 %.
- g. *Bireflexie:* slaba, distincta numai pe marginile granulelor sau de-a lungul lamelelor de macla.
- h. *Anizotropie, izotropie:* distincta. Uneori se observa extinctie ondulatorie cauzata de actiunea presiunii.
- i. *Reflexe interne:* rar vizibile. Cand se observa sunt brun inchis. Geikelitul si pirofanitul prezinta in mod obisnuit reflexe interne.
- j. *Ocurente:* in roci magmatice si metamorfice, in zacaminte asociate rocilor bazice, zacaminte asociate rocilor exogene si metamorfice.

Jakobsit

- a. *Compozitie si formula:* $(\text{Mn}, \text{Fe})_3\text{O}_4$.
- b. *Sistem de cristalizare:* cubic.
- c. *Grad de lustruire:* se lustruieste mai bine decat magnetitul.
- d. *Relief:* » magnetit.
- e. *Culoare:* alb cenusiu cu usoara tenta crem-bruna.
- f. *Reflectivitate:* scazuta, 19,4 %.
- g. *Bireflexie:* nu prezinta.
- h. *Anizotropie, izotropie:* izotrop.
- i. *Reflexe interne:* rar vizibile, culoare rosu inchis.
- j. *Ocurente:* in zacaminte asociate rocilor metamorfice

Lepidocrocit

- a. *Compozitie si formula:* $\text{FeO}(\text{OH})$. Uneori are continuturi mici de Mn, Co.
- b. *Sistem de cristalizare:* rombic.
- c. *Grad de lustruire:* variabil, depinzand de marimea granulelor si porozitate. In general se lustruieste bine.
- d. *Relief:* < goethit.
- e. *Culoare:* cenusiu - alb.
- f. *Reflectivitate:* slaba spre medie 11,6 % - 18,4 %.
- g. *Bireflexie:* distinct, mai piternic decat la goethit.
- h. *Anizotropie, izotropie:* anizotropie puternica.
- i. *Reflexe interne:* uneori vizibile, brun rosii, rosu-galben sau brun.
- j. *Ocurente:* in zacaminte asociate rocilor exogene.

Magnetit

- a. *Compozitie si formula:* Fe_3O_4 . La temperaturi ridicate, Fe_2 poate fi substituit de Mg, Mn, Zn, Ni, Ti iar Fe^{3+} de Al, Ti, V, Cr. Poate forma cristale mixte cu Fe_2TiO_4 .
- b. *Sistem de cristalizare:* cubic.
- c. *Grad de lustruire:* se lustruieste cu dificultate, dar poate da suprafete de buna calitate.
- d. *Relief:* < hematit, ilmenit; > pirotina, blenda.
- e. *Culoare:* cenusiu cu tente brune variabile. Cand are un continut mai ridicat de Ti capata o tenta roz bruna. Un continut mai mare de Mn determina aparitia unei tente verzi galbui.
- f. *Reflectivitate:* moderata, 19,9 %.
- g. *Bireflexie:* nu are.
- h. *Anizotropie, izotropie:* izotrop.
- i. *Reflexe interne:* nu are. Specimenele, care compozitional fac tranzitia spre jakobsit, prezinta reflexe interne.
- j. *Ocurente:* in zacaminte lichid-magmatice, in roci magmatice, in meteoriti, pegmatite, zacaminte asociate skarnelor, in zacaminte asociate rocilor exogene si metamorfice.

Piroluzit

- a. *Compozitie si formula:* MnO_2 .
- b. *Sistem de cristalizare:* rombic.
- c. *Grad de lustruire:* se lustruieste cu dificultate. se observa de multe ori clivaje paralele cu (001).
- d. *Relief:* » cassiteritul, >> cuarțul.
- e. *Culoare:* alb cu tenta crem.
- f. *Reflectivitate:* ridicata, 29 % - 40 %.
- g. *Bireflexie:* distincta.
- h. *Anizotropie, izotropie:* anizotropie distincta.
- i. *Reflexe interne:* nu prezinta.
- j. *Ocurente:* in concentratiuni asociate rocilor exogene.

Psilomelan

- a. *Compozitie si formula:* $BaMn_5O_{10} \cdot 2H_2O$.
- b. *Sistem de cristalizare:* monoclinic.
- c. *Grad de lustruire:* in general se lustruieste bine.
- d. *Relief:* diferit .
- e. *Culoare:* alb-cenusiu, mai inchis decat piroluzitul .
- f. *Reflectivitate:* medie » 15 % - 30 %.
- g. *Bireflexie:* distincta, la formele mai bine cristalizate. La formele criptocristaline nu se observa.
- h. *Anizotropie, izotropie:* anizotropie puternica la formele bine cristalizate, dificil de evidentiat la cele criptocristaline.
- i. *Reflexe interne:* nu se observa.
- j. *Ocurente:* in concentratiuni asociate rocilor exogene.

Uraninit

- a. *Compozitie si formula:* UO_2 Contine de asemenea Pb radiogen. Uneori prezinta miscibilitate cu ThO_2 si CeO_2 .
- b. *Sistem de cristalizare:* cubic.
- c. *Grad de lustruire:* este variabil functie de modul de prezentare.

- d. *Relief*: > magnetit, blenda.
- e. *Culoare*: cenusiu cu tenta bruna, asemanator cu magnetitul.
- f. *Reflectivitate*: moderata, variaza de la un specimen la altul, chiar in aceeasi sectiune, 13,6 %.
- g. *Bireflexie*: nu prezinta.
- h. *Anizotropie, izotropie*: izotrop.
- i. *Reflexe interne*: brun inchis.
- j. *Ocurente*: in pegmatite, zacaminte asociate skarnelor, zacaminte hidrotermale, zacaminte slab metamorfozate (tip Witwatersrand).

II. 3. Sulfuri, arseniuri, sulfosaruri

Alabandina

- a. *Compozitie si formula*: MnS. Adesea are continuturi semnificative de Fe.
- b. *Sistem de cristalizare*: cubic.
- c. *Grad de lustruire*: se lustruieste foarte bine.
- d. *Relief*: < blenda.
- e. *Culoare*: cenusiu, mai deschis decat blenda.
- f. *Reflectivitate*: medie, 22,3 %.
- g. *Bireflexie*: nu prezinta.
- h. *Anizotropie, izotropie*: izotrop.
- i. *Reflexe interne*: rar observabile, verde inchis, dar si brune.
- j. *Ocurente*: in zacaminte hidrotermale.

Altait

- a. *Compozitie si formula*: PbTe.
- b. *Sistem de cristalizare*: cubic.
- c. *Grad de lustruire*: se lustruieste usor si bine.
- d. *Relief*: < galena.
- e. *Culoare*: alb.
- f. *Reflectivitate*: mare 52%-61 %.
- g. *Bireflexie*: nu prezinta.

- h. *Anizotropie, izotropie*: izotrop.
- i. *Reflexe interne*: nu are.
- j. *Ocurente*: in zacaminte hidrotermale.

Arsenopirita

- a. *Compozitie si formula*: FeAsS. Uneori are continuturi de Co.
- b. *Sistem de cristalizare*: monoclimic.
- c. *Grad de lustruire*: se obtine o suprafata de buna calitate.
- d. *Relief*: > skutterudit, lollingit, pirotina, magnetit; < cobaltina, pirita.
- e. *Culoare*: alb, cu o foarte slaba tenta galbuie, observabila numai in comparatie cu mineralele din asociatie.
- f. *Reflectivitate*: mare, 51,8 % - 52,2 %.
- g. *Bireflexie*: vizibila, mai ales la marginea granulelor.
- h. *Anizotropie, izotropie*: anizotropie puternica. Sectiunile diferite de (010) au culori de anizotropie rosu-violacee.
- i. *Reflexe interne*: nu prezinta.
- j. *Ocurente*: pegmatite, zacaminte hidrotermale, zacaminte asociate skarnelor, zacaminte asociate rocilor metamorfice.

Bismutina

- a. *Compozitie si formula*: Bi₂S₃. Rareori S este substituit de Se in cantitati mai mari.
- b. *Sistem de cristalizare*: rombic.
- c. *Grad de lustruire*: se lustruieste bine.
- d. *Relief*: < calcopirita, > bismut nativ; » galena.
- e. *Culoare*: alb, cu o foarte slaba tenta galbuie.
- f. *Reflectivitate*: medie spre ridicata, 37,1 % - 49 % .
- g. *Bireflexie*: vizibila, mai ales pe marginea granulelor.
- h. *Anizotropie, izotropie*: anizotropie puternica, dar mai slaba decat a stibinei. Extinctie dreapta.
- i. *Reflexe interne*: nu prezinta.
- j. *Ocurente*: zacaminte asociate skarnelor, zacaminte hidrotermale.

Blenda

- a. *Compozitie si formula:* ZnS. Are continuturi semnificative in Fe, Cd, adesea Mn si mai putin Ba, In, Tl si Hg.
- b. *Sistem de cristalizare:* cubic.
- c. *Grad de lustruire:* se lustruieste usor si bine.
- d. *Relief:* < pirotina, magnetit, ilmenit si aproape toate disulfurile; > calcopirita , tetraedrit, stanina, enargit.
- e. *Culoare:* cenuziu, uneori cu o foarte slaba tenta violacee.
- f. *Reflectivitate:* scazuta, 18,4 %.
- g. *Bireflexie:* nu prezinta.
- h. *Anizotropie, izotropie:* este izotropa.
- i. *Reflexe interne:* frecvente, albe in blendele sarace in fier, in altele au culori galbene, brun deschis, brun inchis.
- j. *Ocurente:* in pegmatite, in zacaminte asociate skarnelor, zacaminte hidrotermale, zacaminte asociate rocilor exogene.

Bornit

- a. *Compozitie si formula:* Cu₅FeS₄.
- b. *Sistem de cristalizare:* cubic.
- c. *Grad de lustruire:* se lustruieste usor si bine.
- d. *Relief:* > galena, calcozina; < calcopirita.
- e. *Culoare:* roz-brun in sectiune proaspat lustruita. Dupa un timp devine rosie si apoi violeta.
- f. *Reflectivitate:* scazuta spre medie, 21,3 %.
- g. *Bireflexie:* nu are.
- h. *Anizotropie, izotropie:* izotrop.
- i. *Reflexe interne:* nu are.
- j. *Ocurente:* pegmatite, zacaminte asociate skarnelor, zacaminte hidrotermale, zacaminte asociate rocilor exogene, zacaminte asociate rocilor metamorfice.

Bournonit

- a. *Compozitie si formula:* CuPbSbS_3 . La unele specimene se constata continuturi semnificative de As.
- b. *Sistem de cristalizare:* rombic.
- c. *Grad de lustruire:* se lustruieste usor si bine.
- d. *Relief:* > stibina, galena; < tetraedrit, calcopirita; << blenda.
- e. *Culoare:* alb cu slaba tenta albastruie-verzuie, observabila mai ales in contact cu galena.
- f. *Reflectivitate:* medie, 29 % - 33 %.
- g. *Bireflexie:* slaba, distincta pe marginea granulelor sau in cristale maclate.
- h. *Anizotropie, izotropie:* anizotropie slaba, mai clara la cristalele maclate.
- i. *Reflexe interne:* nu prezinta.
- j. *Ocurente:* in zacaminte hidrotermale polimetalice.

Calcopirita

- a. *Compozitie si formula:* CuFeS_2 .
- b. *Sistem de cristalizare:* tetragonal.
- c. *Grad de lustruire:* se lustruieste usor si bine.
- d. *Relief:* > galena, < blenda, pirogina, pentlanditul.
- e. *Culoare:* galbena.
- f. *Reflectivitate:* medie, 44,6% - 45 %.
- g. *Bireflexie:* foarte slaba.
- h. *Anizotropie, izotropie:* anizotropie slaba.
- i. *Reflexe interne:* nu are.
- j. *Ocurente:* in zacaminte lichid-magmatice, pegmatite, zacaminte hidrotermale, zacaminte asociate rocilor exogene, zacaminte asociate rocilor metamorfice.

Calcozina

- a. *Compozitie si formula:* Cu_2S .
- b. *Sistem de cristalizare:* calcozina rombica este stabila pana la 103°C ; calcozina hexagonala este stabila deasupra temperaturii de 103°C . Calcozina cubica (Cu_9S_5) se numeste digenit.

- c. *Grad de lustruire*: se lustruiește ușor și bine.
- d. *Relief*: în general foarte scăzut, < bornit, » galena.
- e. *Culoare*: este albă, cu tentă ușor albastruie, mai ales comparativ cu mineralele albe (galena). Digenitul este clar albastrui.
- f. *Reflectivitate*: medie, 33,2 % - 33 %. Digenitul are 21,9 %.
- g. *Bireflexie*: calcozina rombică are bireflexie foarte slabă ca și cea hexagonală. Digenitul nu are bireflexie.
- h. *Anizotropie, izotropie*: anizotropie slabă la calcozina rombică și cea hexagonală. Digenitul este izotrop.
- i. *Reflexe interne*: nu prezintă.
- j. *Ocurente*: în zăcăminte asociate skarnelor, în zăcăminte hidrotermale, în zăcăminte asociate rocilor exogene.

Cinabru

- a. *Compoziție și formulă*: HgS.
- b. *Sistem de cristalizare*: trigonal.
- c. *Grad de lustruire*: este dependent de mineralele cu care se asociază. Se lustruiește foarte bine în agregate monominerale și este dificil de obținut o suprafață de calitate atunci când are incluziuni de pirita.
- d. *Relief*: scăzut.
- e. *Culoare*: alb, cu tentă ușor albastruie.
- f. *Reflectivitate*: medie 24,1 % - 28,8 %.
- g. *Bireflexie*: slabă.
- h. *Anizotropie, izotropie*: anizotropie puternică, de foarte multe ori mascată de frecvența reflexelor interne.
- i. *Reflexe interne*: foarte frecvente, culoare roșu-săngeriu.
- j. *Ocurente*: în zăcăminte hidrotermale.

Covelina

- a. *Compoziție și formulă*: CuS.
- b. *Sistem de cristalizare*: hexagonal.

- c. *Grad de lustruire*: se lustruieste bine.
- d. *Relief*: foarte scazut, sectiunile bazale < calcozina, cele prismatice >calcozina, >argentic, <galena, calcopirita.
- e. *Culoare*: albastra, in nuante diferite.
- f. *Reflectivitate*: medie, 6,6 % - 23,7 %.
- g. *Bireflexie*: foarte puternica, de la albastru intens cu o foarte slaba tenta violeta la alb-albastrui (foarte asemanator cu calcozina).
- h. *Anizotropie, izotropie*: anizotropie foarte puternica, in culori portocaliu stralucitor la brun.
- i. *Reflexe interne*: extrem de rare.
- j. *Ocurente*: in zacaminte hidrotermale, zacaminte asociate rocilor endogene.

Cubanit

- a. *Compozitie si formula*: CuFe_2S_3 .
- b. *Sistem de cristalizare*: rombic.
- c. *Grad de lustruire*: se lustruieste foarte bine.
- d. *Relief*: similar sau > calcopirita, < blenda, << pirotina.
- e. *Culoare*: alb-galbui la brun roz.
- f. *Reflectivitate*: medie spre mare, 35,4% - 39,4 %.
- g. *Bireflexie*: slaba.
- h. *Anizotropie, izotropie*: distincta, mai slaba decat anizotropia pirotinei, mai puternica decat cea a calcopiritei.
- i. *Reflexe interne*: nu prezinta.
- j. *Ocurente*: in zacaminte lichid magmatice, pegmatite, zacaminte asociate skarnelor, zacaminte hidrotermale.

Enargit

- a. *Compozitie si formula*: Cu_3AsS_4 , in care As poate fi substituit de Sb.
- b. *Sistem de cristalizare*: rombic.
- c. *Grad de lustruire*: se lustruieste foarte bine.
- d. *Relief*: < galena, bornit, >> tetraedritul, < blenda.
- e. *Culoare*: brun - roz deschis.

f. *Reflectivitate*: medie, 24,2 % - 25,2 %..

g. *Bireflexie*: slaba, dar distincta la marginea granulelor.

h. *Anizotropie, izotropie*: anizotropie puternica, in culori rosu violet inchis pana la verde - oliv deschis.

i. *Reflexe interne*: nu prezinta. Au fost identificate doar la unele specimene reflexe interne rosu inchis.

j. *Ocurente*: in zacaminte hidrotermale.

Galena

a. *Compozitie si formula*: PbS. Se si Te pot substitui S. Formeaza solutie solida cu Ag₂S. Contine de asemenea Sb si Bi.

b. *Sistem de cristalizare*: cubic.

c. *Grad de lustruire*: se lustruieste bine.

d. *Relief*: scazut, > argentiit, covelina; < calcopirita, tetraedritul; » bourmonitul.

e. *Culoare*: alba.

f. *Reflectivitate*: medie spre mare, 43,5 %.

g. *Bireflexie*: nu prezinta.

h. *Anizotropie, izotropie*: izotropa.

i. *Reflexe interne*: nu are.

j. *Ocurente*: in zacaminte asociate skarnelor, zacaminte hidrotermale, zacaminte asociate rocilor exogene, zacaminte asociate rocilor metamorfice.

Marcasita

a. *Compozitie si formula*: FeS₂.

b. *Sistem de cristalizare*: rombic.

c. *Grad de lustruire*: se lustruieste dificil, dar se pot obtine suprafete de buna calitate.

d. *Relief*: usor mai scazut decat relieful piritei.

e. *Culoare*: alb-galbui, cu o foarte slaba tenta verzuie, mai ales in comparatie cu pirita.

f. *Reflectivitate*: ridicata, 49,1 % - 56,2 %.

g. *Bireflexie*: distincta.

h. *Anizotropie, izotropie*: anizotropie foarte puternica.

- i. *Reflexe interne*: nu prezinta.
- j. *Ocurente*: in zacaminte hidrotermale, zacaminte asociate rocilor exogene.

Maucherit

- a. *Compozitie si formula*: Ni_4As_3 .
- b. *Sistem de cristalizare*: tetragonal.
- c. *Grad de lustruire*: se lustruieste foarte bine.
- d. *Relief*: > calcopirita, blenda; » nichelina, partial >; partial < skutterudit, safflorit, rammelsbergit.
- e. *Culoare*: alb cu slaba tenta roz.
- f. *Reflectivitate*: ridicata 48,4 % - 49,6 %.
- g. *Bireflexie*: nu se observa.
- h. *Anizotropie, izotropie*: anizotropie foarte slaba, vizibila la iluminare puternica si folosind obiective cu putere ridicata.
- i. *Reflexe interne*: nu prezinta.
- j. *Ocurente*: in zacaminte hidrotermale.

Millerit

- a. *Compozitie si formula*: NiS.
- b. *Sistem de cristalizare*: romboedric.
- c. *Grad de lustruire*: se lustruieste bine.
- d. *Relief*: < blenda, > calcopirita.
- e. *Culoare*: galben deschis cu o slaba nuanta crem.
- f. *Reflectivitate*: ridicata 50,2 % - 56,6 %.
- g. *Bireflexie*: slaba, vizibila la marginea granulelor.
- h. *Anizotropie, izotropie*: anizotropie puternica.
- i. *Reflexe interne*: nu are.
- j. *Ocurente*: in zacaminte hidrotermale, zacaminte asociate rocilor exogene.

Molibdenit

- a. *Compozitie si formula:* MoS_2 . Continuturi semnificative de Re.
- b. *Sistem de cristalizare:* hexagonal.
- c. *Grad de lustruire:* se lustruiește slab, datorită durității scăzute, a translațiilor paralele cu (001) și ductilității.
- d. *Relief:* > galena, calcopirita.
- e. *Culoare:* alb la alb cenușiu.
- f. *Reflectivitate:* medie, 19,5% - 38,5 % .
- g. *Bireflexie:* foarte puternică.
- h. *Anizotropie, izotropie:* anizotropie foarte puternică, în culori alb cu tentă roz la albastru de cerneală. Se observă extincție ondulatorie.
- i. *Reflexe interne:* nu prezintă.
- j. *Ocurente:* pegmatite, zăcăminte asociate skarnelor, zăcăminte hidrotermale.

Nagyagit

- a. *Compozitie si formula:* $\text{Pb}_5\text{AuTe}_2\text{Sb}_2\text{S}_{5-8}$. În unele situații conține arsen în cantități semnificative, putându-se vorbi chiar de un nagyagit arsenifer. Prezintă trei "faze" cu compoziții ușor diferite.
- b. *Sistem de cristalizare:* monoclinic.
- c. *Grad de lustruire:* se lustruiește dificil, dar se obține o suprafață de bună calitate.
- d. *Relief:* < silvanitul.
- e. *Culoare:* cenușiu deschis, ceva mai închis decât galena.
- f. *Reflectivitate:* mare.
- g. *Bireflexie:* slabă.
- h. *Anizotropie, izotropie:* anizotropie distinctă, adesea cu extincție ondulatorie.
- i. *Reflexe interne:* nu prezintă.
- j. *Ocurente:* în zăcăminte hidrotermale.

Nichelina

- a. *Compozitie si formula:* NiAs .
- b. *Sistem de cristalizare:* hexagonal.

- c. *Grad de lustruire*: se lustruiește foarte bine.
- d. *Relief*: < skutterudit, safflorit, arsenopirita, pirita; > argint, calcopirita.
- e. *Culoare*: alba cu tenta galben-roza, variabila cu orientarea.
- f. *Reflectivitate*: ridicata, 46,1 % - 51,4 %.
- g. *Bireflexie*: ridicata, facand posibila observarea cu usurinta a orientarii granulelor si marginilor acestora.
- h. *Anizotropie, izotropie*: foarte puternica, in culori vii.
- i. *Reflexe interne*: nu are.
- j. *Ocurente*: in zacaminte hidrotermale.

Pirita

- a. *Compozitie si formula*: FeS_2 . Uneori contine Ni in cantitati semnificative. Mai putin comune sunt continuturile de Co. Sunt prezente de asemenea continuturi de Cu, Ag, Au.
- b. *Sistem de cristalizare*: cubic.
- c. *Grad de lustruire*: se lustruiește greu si se obtine o suprafata de calitate slaba.
- d. *Relief*: > toate sulfurile, cu exceptia celor de Pt si Pd; < cassiterit, » marcasita, << arsenopirita.
- e. *Culoare*: galben deschis.
- f. *Reflectivitate*: ridicata, 53,7 %.
- g. *Bireflexie*: nu prezinta.
- h. *Anizotropie, izotropie*: izotropa.
- i. *Reflexe interne*: nu are.
- j. *Ocurente*: este foarte larg raspandita, aparand de la zacamintele lichid-magmatice la cele asociate rocilor metamorfice.

Pirotina

- a. *Compozitie si formula*: Fe_{1-x}S . Continuturi scazute de Co si Mn pot fi prezente.
- b. *Sistem de cristalizare*: sunt doua varietati: monoclinica si hexagonala.
- c. *Grad de lustruire*: se lustruiește foarte bine.
- d. *Relief*: > calcopirita, blenda, pentlandit; < arsenopirita, pirita.
- e. *Culoare*: galben deschis crem cu tenta bruna sau roza.
- f. *Reflectivitate*: medie spre mare 34 % - 39,9 %.

- g. *Bireflexie*: distinct pe marginea granulelor.
- h. *Anizotropie, izotropie*: anizotropie puternica.
- i. *Reflexe interne*: nu prezinta.
- j. *Ocurente*: in zacaminte lichid magmatice, pegmatite, zacaminte asociate skarnelor, zacaminte hidrotermale, zacaminte asociate rocilor exogene si rocilor metamorfice.

Pentlandit

- a. *Compozitie si formula*: $(Fe, Ni)S$. Co poate fi prezent la continuturi variabile ducand la aparitia Co-pentlanditului.
- b. *Sistem de cristalizare*: cubic.
- c. *Grad de lustruire*: se lustruiește foarte bine.
- d. *Relief*: > calcopirita, < pirotina.
- e. *Culoare*: crem, galbui deschis. Pentlanditul legat in Co este mai alb.
- f. *Reflectivitate*: ridicata, mai mare decat a pirotinei si a calcopiritei, 46,5 %.
- g. *Bireflexie*: nu prezinta.
- h. *Anizotropie, izotropie*: izotrop.
- i. *Reflexe interne*: nu are.
- j. *Ocurente*: in zacaminte lichid magmatice.

Proustit

- a. *Compozitie si formula*: Ag_3AsS_3 .
- b. *Sistem de cristalizare*: trigonal.
- c. *Grad de lustruire*: se lustruiește foarte bine.
- d. *Relief*: > argentit, polybazit, < stephanit.
- e. *Culoare*: alb cenușiu cu o slabă tentă albastruie.
- f. *Reflectivitate*: medie, ușor mai scăzută decât a pirargiritului, 24,2 % - 27,7 %.
- g. *Bireflexie*: distinctă.
- h. *Anizotropie, izotropie*: anizotropie puternică, uneori mascată de frecvența reflexelor interne.
- i. *Reflexe interne*: frecvente, roșu de sânge la roșu cărămiziu.
- j. *Ocurente*: in zacaminte hidrotermale, zacaminte asociate rocilor exogene.

Pirargirit

- a. *Compozitie si formula:* Ag_3SbS_3 .
- b. *Sistem de cristalizare:* trigonal.
- c. *Grad de lustruire:* se lustruieste bine.
- d. *Relief:* > argintit, polybazit, < stephanitul.
- e. *Culoare:* alb cu tenta usor cenusie. In contact cu proustitul care este mai albastrui, pirargiritul este mai crem.
- f. *Reflectivitate:* medie, mai ridicata decat la proustit, 28,5 % - 30,3 %.
- g. *Bireflexie:* distincta.
- h. *Anizotropie, izotropie:* anizotropie puternica, in pozitie diagonala in culori alb-galben la cenusiu-albastru.
- i. *Reflexe interne:* sunt frecvente, dar mai rare decat la proustit, avand culoare rosu-carmin.
- j. *Ocurente:* in zacamintele hidrotermale.

Rammelsbergit

- a. *Compozitie si formula:* $NiAs_2$.
- b. *Sistem de cristalizare:* rombic.
- c. *Grad de lustruire:* se lustruieste foarte bine.
- d. *Relief:* < argint nativ, » nichelina, < saffloritul.
- e. *Culoare:* alba.
- f. *Reflectivitate:* ridicata, 56,8 % - 60,9 %.
- g. *Bireflexie:* slaba, chiar mai scazuta decat la safflorit.
- h. *Anizotropie, izotropie:* anizotropie puternica.
- i. *Reflexe interne:* nu prezinta.
- j. *Ocurente:* in zacaminte hidrotermale.

Safflorit

- a. *Compozitie si formula:* $CoAs_2$. Adesea se constata continuturi semnificative de Fe.
- b. *Sistem de cristalizare:* rombic.
- c. *Grad de lustruire:* se lustruieste foarte bine.

- d. *Relief*: > skutterudit; < arsenopirita, lollingit.
- e. *Culoare*: alba.
- f. *Reflectivitate*: ridicata, ceva mai scazuta decat la rammelsbergit, 54,1 % - 54,6 %.
- g. *Bireflexie*: foarte slaba, vizibila numai pe marginile granulelor.
- h. *Anizotropie, izotropie*: anizotropie ridicata, mai ales in sectiunile (001).
- i. *Reflexe interne*: nu prezinta.
- j. *Ocurente*: in zacaminte hidrotermale.

Silvanit

- a. *Compozitie si formula*: AuAgTe₄.
- b. *Sistem de cristalizare*: monoclinic.
- c. *Grad de lustruire*: se lustruieste bine.
- d. *Relief*: scazut, > nagyagit.
- e. *Culoare*: alb-crem.
- f. *Reflectivitate*: ridicata, ceva mai scazuta decat la altait, 52,5 % - 63 %.
- g. *Bireflexie*: distincta, mai puternica la cristalele maclate si pe marginea granulelor, de la alb crem deschis la crem-brun.
- h. *Anizotropie, izotropie*: foarte puternica.
- i. *Reflexe interne*: nu prezinta.
- j. *Ocurente*: in zacaminte hidrotermale.

Semseyit

- a. *Compozitie si formula*: Pb₈Sb₉S₂₁.
- b. *Sistem de cristalizare*: monoclinic.
- c. *Grad de lustruire*: se lustruieste bine, obtinandu-se o suprafata fara zgarieturi.
- d. *Relief*: foarte scazut, mai mic decat galena.
- e. *Culoare*: alb cu usoara tenta verzuie.
- f. *Reflectivitate*: medie spre mare, mai scazuta decat a galenei.
- g. *Bireflexie*: foarte slaba, moderat vizibila numai pe marginea granulelor.
- h. *Anizotropie, izotropie*: anizotropie puternica, extinctie dreapta.
- i. *Reflexe interne*: nu prezinta.

j. *Ocurente*: in zacaminte hidrotermale.

Skutterudit

a. *Compozitie si formula*: (Co, Ni, Fe) As₃.

b. *Sistem de cristalizare*: cubic.

c. *Grad de lustruire*: se lustruieste foarte bine.

d. *Relief*: < diarseniurile cu care apare asociat (safflorit, rammelsbergit, lollingit); > nichelina.

e. *Culoare*: alb cu tenta galbuie slaba, albastruie fata de nichelina sau maucherit.

f. *Reflectivitate*: ridicata, 56,4 %.

g. *Bireflexie*: nu prezinta.

h. *Anizotropie, izotropie*: izotrop.

i. *Reflexe interne*: nu prezinta.

j. *Ocurente*: in zacaminte de contact termic si metasomatic si in zacaminte hidrotermale.

Stanina

a. *Compozitie si formula*: Cu₂FeSnS₄.

b. *Sistem de cristalizare*: tetragonal.

c. *Grad de lustruire*: se lustruieste foarte bine.

d. *Relief*: > calcopirita, < blenda.

e. *Culoare*: cenusiu deschis asemanator cu tetraedritul, cu o slaba tenta oliv.

f. *Reflectivitate*: medie, mai ridicata decat a blendei si mai mica decat a calcopiritei, 27,7 %-28,4 %.

g. *Bireflexie*: slaba.

h. *Anizotropie, izotropie*: anizotropie distincta.

i. *Reflexe interne*: nu prezinta.

j. *Ocurente*: in pegmatite, zacaminte asociate skarnelor, zacaminte hidrotermale.

Stibina

a. *Compozitie si formula*: Sb₂S₃.

b. *Sistem de cristalizare*: rombic.

c. *Grad de lustruire*: se lustruieste foarte bine.

- d. *Relief*: scazut, > realgar, auripigment, < calcopirita, similar sau < galena, bourmonit, berthierit.
- e. *Culoare*: alba la alb cenuziu.
- f. *Reflectivitate*: ridicata, putin mai ridicata decat a galenei, 31,1 % - 48,1 %.
- g. *Bireflexie*: clara.
- h. *Anizotropie, izotropie*: anizotropie puternica.
- i. *Reflexe interne*: nu prezinta.
- j. *Ocurente*: in zacaminte hidrotermale.

Tetraedrit - Tennantit

- a. *Compozitie si formula*: Cu_3SbS_3 (tetraedrit) - Cu_3AsS_3 (tennantit). Cu poate fi substituit de Ag, Fe, Zn, Hg in limite largi. Sb si As se substituie partial sau total.
- b. *Sistem de cristalizare*: cubic.
- c. *Grad de lustruire*: se lustruiește foarte bine.
- d. *Relief*: > galena, stibina, proustit, pirargirit; » sau > bourmonitul, » calcopirita; < blenda, pirotina.
- e. *Culoare*: cenuziu deschis cu tenta oliv (tennantit).
- f. *Reflectivitate*: medie, mai mare decat a blendei, mai scazuta decat a calcopiritei, pirotinei, galenei, 31,6 % - 48,1 % (tetraedrit); 30,1 % - 31,4 % (tennantit).
- g. *Bireflexie*: nu prezinta.
- h. *Anizotropie, izotropie*: izotrop.
- i. *Reflexe interne*: sunt prezente, dar pot fi observate numai cu foarte mare atentie (culoare rosu-brun).
- j. *Ocurente*: in zacaminte asociate skarnelor, zacaminte hidrotermale, zacaminte asociate rocilor exogene si rocilor metamorfice.

II. 4. Wolframati

Wolframit

- a. *Compozitie si formula*: $(Fe, Mn)WO_4$. Sunt cristale mixte: FeW_4 (ferberit) - $MnWO_4$ (hubnerit).
- b. *Sistem de cristalizare*: monoclinic.
- c. *Grad de lustruire*: se lustruiește dificil, iar suprafata obtinuta nu este de buna calitate.

- d. *Relief*: < cassiteritul, pirita; > magnetitul, aproape toate sulfurile.
- e. *Culoare*: cenusiu la alb cenusiu, variabila functie de mineralele insotitoare.
- f. *Reflectivitate*: scazuta asemanatoare cu a blendei, dar ceva mai mica, 15,2 % - 16,3 %.
- g. *Bireflexie*: scazuta, distincta la marginea granulelor, mai ales la cristalele maclate.
- h. *Anizotropie, izotropie*: anizotropie distincta.
- i. *Reflexe interne*: sunt prezente reflexe interne in culori rosu - brun la rosu de sange. Sunt mai frecvente cu cat creste continutul in Mn.
- j. *Ocurente*: in zacaminte hidrotermale si in zacaminte de tip placer.

Tema pentru lucrarile practice:

1. Identificati mineralele din sectiunile lustruite si specificati la fiecare proprietatile care le caracterizeaza.

Tabelul 1. Minerale colorate in lumina reflectata
(dupa Vaughan, 1990; fide Jambor, Vaughan, 1990)

Culoare	Mineral	Observatii
Albastru	Covelina Calcozina Digenit	Pleocroism foarte puternic Slab anizotrop
Galben	Aur Calcopirita Millerit, Cubanit Mackinaurit, Valeriit	R foarte mare Anizotropie foarte slaba Anizotropie puternica Pleocroism puternic
Roz brun la brun	Bornit Cupru Bravoit	Anizotropie slaba Foarte moale, R mare Izotrop
Roz, violet	Bornit Cupru Bravoit, Violarit Breibauptit	- - Izotrop Anizotrop

Tabelul 2. Exemple de minerale care prezinta pleocroism de reflexie si bireflexie in aer
(dupa Vaughan, 1990; fide Jambor, Vaughan, 1990).

Mineral	Culoare (mai inchis -> mai deschis)	Bireflexie (la 546 nm)
Bismutina	cenusiu alb-alb galbui	37-49
Covelina	albastru inchis-alb albastrui	6-24
Cubanit	brun roz-galben	35-40
Grafit	cenusiu brun-cenusiu	6-27
Millerit	galben-galben pal	50-57
Molibdenit	cenusiu alb-alb	19-39
Nichelina	brun roz-alb roz	46-52
Pirotina	brun roz-galben brun	34-40
Valeriite	cenusiu brun-galben crem	10-21

Tabelul 3. Minerale care prezinta reflexe interne

Mineral	Culoarea reflexelor interne
Anatas	Albastru
Azurit	Albastru
Cassiterit	Galben la brun galben
Cinabru	Rosu de sange
Malachit	Verde
Proustit - Pirargirit	Rosu rubin
Rutil	Galben la rosu brun
Blenda	Galben la brun (rar rosu)
Cromit	Brun inchis
Hematit	Rosu de sange
Wolframit	Brun inchis

Tabelul 4. Microdunitatea Vickers (100g) pentru cele mai comune minerale
(dupa Criddle, Stanley 1986; fide Vaughan 1990)

Mineral	VHN	Mineral	VHN	Mineral	VHN
Grafit	7-11	Stanina	140-326	Breithauptit	412-584
Molibdenit	8-100	Piroluzit	146-243	Hausmanit	437-572
Bismut	16-18	Silvanit	154-172	Linneit	450-613
Auripigment	22-58	Fier	158 medie	Siegenit	459-548
Acanthit	23-26	Idait	176-260	Uraninit	499-548
Stephanit	26-124	Calcopirita	181-203	Ilmenit	566-698
Stromeyerit	30-32	Millerit	192-376	Ulmannit	592-627
Stibina	42-153	Cuprit	193-207	Rammelsbergit	630-758
Realgar	47-60	Romanechit	203-813	Magnetit	681-792
Aur	53-58	Zincit	205-221	Skutterudit	606-824
Argent	60-65	Famatinit	205-397	Maucherit	623-724
Jamesonit	66-86	Blenda	208-224	Manganit	630-743
Arsen	72-173	Pirotina	230-409	Gersdorfit	657-935
Cosalit	74-161	Tennantit	233-390	Jacobsit	665-707
Mackinawit	74-181	Tetraedit	236-376	Goethit	667 med
Galena	79-104	Alabandina	240-251	Arsenopirita	715-1354
Cupru	79-99	Violarit	241-273	Lollingit	859-920
Cinabru	82-156	Cubanit	247-287	Rutil	894-874
Calcozina	84-87	Freibergit	263-340	Cobaltina	935-1131
Bornit	95-105	Pentlandit	268-285	Hematit	1000-1100
Berthierit	102-213	Enargit	285-327	Glaucodot	1097-1115
Proustite	103-137	Platina	297-339	Cassiterit	1168-1332
Pirargirit	107-144	Wolframit	319-390	Cromit	1278-1456
Bismutina	110-136	Nichelina	363-372	Marcasita	1288-1681
Covelina	128-138	Lepidocrocit	402 med	Pirita	1505-1620

Tabelul 5. Mineralele componente ale minereurilor in ordinea crescatoare a duritatii la lustruire (dupa Vaughan, 1990; fide Jambor, Vaughan, 1990)

Mineral	Compozitie	Mineral	Compozitie
Argentit	Ag_2S	Cuprit	Cu_2O
Bismut	Bi	Millerit	NiS
Realgar	AsS	Alabandina	MnS
Auripigment	As_2S_3	Blenda	$(Zn,Fe)S$
Stibina	Sb_2S_3	Fier	Fe
Jamesonit	$Pb_4FeSb_6S_{14}$	Pentlandit	$(Fe,Ni)_9S_8$
Covelina	CuS	Violarit	$(Ni,Fe)_3S_4$
Idait	Cu_3FeS_4	Bravoit	$(Fe,Ni,Co)S_2$
Calcozina	Cu_2S	Pirotina	$Fe_{1-x}S$
Digenit	$Cu_{1.8}S$	Mackinawit	$Fe_{1-x}S$
Galena	PbS	Breithauptit	$NiSb$
Bismutina	Bi_2S_3	Nichelina	$NiAs$
Bourmonit	$PbCuSbS_3$	Skutterudit	$(Co,Ni,Fe)As_{3-x}$
Aur	Au	Rammelsbergit	$NiAs_2$
Argent	Ag	Safflorit	$CoAs_2$
Cinabru	HgS	Lollingit	$FeAs_2$
Arsen	As	Ullmannit	$NiSbS$
Bornit	Cu_5FeS_4	Lepidocrocit	s - $FeOOH$
Calcopirita	$CuFeS_2$	Goethit	a - $FeOOH$
Cubanit	$CuFe_2S_3$	Magnetit	Fe_3O_4
Valerit	$4(Fe,Cu)S \cdot 3(Mg,Al)(OH)_2$	Cromit	$FeCr_2O_4$
Molibdenit	MoS_2	Ilmenit	$FeTiO_3$
Grafit	C	Rutil	TiO_2
Tetraedrit	$(Cu,Fe)_{12}Sb_4S_{13}$	Wolframit	$(Fe,Mn)WO_4$
Tennantit	$(Cu,Fe)_{12}As_4S_{13}$	Arsenopirita	$FeAsS$
Enargit	Cu_3AsS_4	Cobaltina	$(Co,Fe)AsS$
Cupru	Cu	Marcasita	FeS_2
Tenorit	CuO	Pirita	FeS_2

III. 1. Tipuri de structuri

Definirea notiunii de structura a minereului este complexa si foarte controversata. In general, majoritatea autorilor, cand prezinta diferitele caracteristici ale minereurilor se refera la compozitia lor mineralogica, la structura si la textura acestora. In literatura de limba engleza, termenul de structura a fost eliminat, pentru caracteristicile de forma, de dimensiune, aranjament spatial, etc., fiind utilizat numai termenul de textura (de la latinul *texere* = a tese, a urzi). Daca ne referim la notiunea de structura, pe care o consider cea mai adecvata pentru a fi folosita in limba romana, aceasta semnifica atat constitutia unui cristal cat si a unui ansamblu de cristale, a unui agregat.

Diversele lucrari, mai vechi sau mai noi, descriu o mare varietate de structuri ce sunt caracterizate mai ales din punct de vedere geometric. dar structura unui minereu depinde de o serie de factori precum spatiul (mai precis forma si viscozitatea) disponibil pentru formarea cristalelor, compozitia si concentratia topiturii sau solutiei mineralizante, temperatura, presiunea, etc. Din acest motiv se poate vorbi de o clasificare a structurilor avand la baza geometria cristalului sau agregatului de cristale sau geneza cristalului/agregatului. In marea lor majoritate structurile minereului sunt asemanatoare cu structurile rocilor magmatice, metamorfice sau sedimentare.

Dupa recunoasterea microscopica a mineralelor, interpretarea structurii minereurilor este importanta pentru ca ea furnizeaza date despre depunerea initiala a mineralelor in minereuri, reechilibrarea lor post-depozitionala, metamorfism, deformare, grad de alterare. Daca acestea au insemnatate pentru definirea conditiilor de formare a minereurilor si a evolutiei lor ulterioare nu este mai putin adevarata semnificatia lor practica. Cunoasterea tipurilor de structura este utilizata la elaborarea schemelor de macinare-dezasociere si de separare a mineralelor din minereuri.

Prezentarea structurilor minereurilor dupa criteriile omogene este dificila si la gradul actual de cunoastere, practic imposibila. Din acest motiv, criteriul geometric, cel care se refera la forma, dimensiuni absolute si relative, etc. va fi abandonat, considerand ca o astfel de clasificare a structurilor este bine cunoscuta de la cursul de "Petrologie" si prezentarea ce urmeaza va fi facuta avand la baza procesul sau procesele ce genereaza diferitele tipuri de structuri. Am ales aceasta cale pentru a usura intelegerea caracteristicilor diferitelor tipuri de minereuri ce vor fi prezentate in capitolul urmator.

Structuri formate prin cristalizare din topituri

În timpul cristalizării unei topituri magmatice structurile care se formează depind de: specia minerală care cristalizează, gradul la care a ajuns cristalizarea magmei, abundența fazelor ce cristalizează, rata de răcire, etc.

Studiile timpurii ale magmei, când topitura este în totalitate fluidă reprezintă un mediu foarte bun pentru creșterea neobstrucționată a cristalelor. În aceste momente apar *structurile euhedrale* care caracterizează minereurile de cromit, magnetit, ilmenit. Alături de ele sunt prezente *structurile subeuhedrale*, în care cristalele cu contur geometric alternează cu cristale cu fețe neregulate sau cristale cu contur parțial geometric, parțial neregulat. În cazul în care mineralele oxidice cristalizează primele ele, sunt corodate de fazele silicice ulterioare, rezultând *structurile anhedrale*. Acum, mineralele sunt marginite în totalitate de fețe neregulate. La corpurile de minereu bogate în oxizi, cristalele individuale sunt în general subhedrale la anhedrale, datorită fenomenului de interferență mutuală. Aceste cristale, uneori aproape rotunjite arată o triplă joncțiune cu unghiuri de echilibru de 120° . Această valoare are semnificația creșterii cristalelor dintr-o mulțime de germeni uniform distribuiți în topitura în timpul unei perioade lungi în care răcirea magmei s-a desfășurat foarte lent. Opusul acestui fenomen este răcirea foarte rapidă care determină apariția structurilor scheletice. În minereurile de origine magmatică sunt frecvente cristalele scheletice de oxizi în silicați. Apariția cristalelor scheletice se datorează creșterii foarte rapide de-a lungul axelor cristalografice preferate, dacă topitura care se răcește devine saturată cu faza oxidică.

În cazul în care există topituri de sulfuri-silicați sau oxizi-silicați, separarea sulfurilor sau oxizilor se realizează prin imiscibilitate, mineralele metalice cristalizând mai târziu decât silicații, cu tendința de a apărea în interstițiile silicaților. De notat este magnetitul care apare înaintea majorității sulfurilor sub forma unor cristale subhedrale.

Atât minereurile de oxizi cât și cele de sulfuri pot prezenta cristale sau cuiburi de minerale metalice cu dimensiuni reduse dispersate între fazele silicice. Sunt așa numitele *structuri diseminate*. În cazul în care agregatele de minerale metalice au forme sferoidale, uneori ușor alungite și dimensiuni de ordinul câtorva milimetri până la centimetri, prinse în masa silicaților apar *structurile nodulare* ce caracterizează în special minereurile de cromit. Tot la minereurile de cromit, în unele cazuri, mineralele metalice sunt așezate în șiruri sau benzi cu contur neregulat, cu dimensiuni variabile, alternând cu minerale silicice, având ca rezultat *structurile în slire*. Atunci când raportul dintre mineralele metalice și cele silicice este dominant în favoarea celor dintâi rezultă *structura compactă*.

In minereurile de oxizi si in cele de sulfuri sunt frecvente *structurile de exsolutie*. Astfel de structuri rezulta prin difuzia elementelor, prin procese de nucleere si de crestere a fazei exsolvite in faza gazda. In general, in timpul racirii magmei, solutiile solide monosulfurice sau monoxidice incep sa se descompuna. retelele de atomi de S sau de O raman relativ intacte, in timp ce atomii metalelor mai mobile difuzeaza. In cazul in care exista o similitudine intre structura cristalului si natura legaturilor din faza exsolvica din gazda apare posibilitatea ca ambele faze sa poata imparti un plan comun de atomi. Acest lucru va determina un control cristalografic puternic asupra modelului de exsolutie. In felul acesta, pentlanditul este exsolvit ca flacari in pirotina gazda. In acest tip de *exolutie coerenta*, planele (111), (110) si (112) de pentlandit sunt paralele cu (001),(110) si (100) ale pirotinei. Un alt tip de exsolutie coerenta este exsolutia de hematit in ilmenit. Pe langa exolutiile formate prin descompunerea solutiilor solide sunt si *structuri de exolutie prin oxido-reducere*.

Structuri formate prin precipitare in spatii deschise

Mineralele formate in spatii deschise prin precipitare din fluide saturate prezinta cristale bine dezvoltate. In general, structurile rezultate variaza de la cele care arata cristale izolate, uneori bine dezvoltate, la depuneri ritmice de minerale opace si transparente, paralele cu peretii golului.

In unele situatii mineralele metalice precipita in porii rocii sau de-a lungul unor fisuri foarte fine dand nastere structurilor de impregnatie, ce caracterizeaza indeosebi zacamintele tip "porphyry".

Dar cele mai des intalnite structuri formate prin precipitare sunt *structurile rubanate*. Acestea apar prin depuneri ritmice de diferite specii minerale, prin alternanta de minerale avand culori diferite, alternante de minerale cu dimensiuni diferite sau benzi cu continut diferit in elemente minore.

Astfel, in zacamintele de tip "Mississippi Valley", studiul prin catodoluminiscenta al blendei pune in evidenta o alternanta de benzi de culori diferite, care poate fi corelata cu continutul in fier (Barton et al., 1977). Aceste structuri rubanate la nivelul cristalelor de blenda indica diferite fluide mineralizatoare, diferite conditii de depunere sau ambele ipoteze, iar recunoasterea zonelor de crestere similare sau secvente de zone permite corelatii de-a lungul unui filon sau chiar district metalifer.

La nivelul agregatelor minerale sau la scara unui filon benzile de compozitie minerale diferite se pot dispune paralel formand *structuri rubanate paralel* sau *concentric* generand structuri rubanate concentric. In cazul in care dispozitia benzilor este simetrica fata de axul golului se

definesc *structurile rubanate simetric*. Lipsa unei benzi sau dezvoltarea ei inegala conduce la aparitia *structurilor rubanate asimetric*. Astfel de structuri, frecvente la minereurile hidrotermale duc la aprecieri asupra succesiunii de formare si asupra paragenezelor minerale. Depunerea benzilor minerale se face de la peretii golului catre axul sau.

Daca peretii golului in care are loc precipitarea prezinta multe neregularitati care sunt "mulate" de benzile minerale rezulta *structura gofrata* (variante a structurii rubanate). Astfel de structuri sunt caracteristice in special minereurilor hidrotermale aurifere.

Umplutura unor spatii se obtine uneori prin cresterea unor cristale de cuarț perpendicular pe peretii golului. Rezultatul este *structura in pieptene*.

Uneori, umplerea unui gol cu minerale depuse din solutiile hidrotermale nu este completa. Cristalele au posibilitatea sa se dezvolte, sin in cele mai multe cazuri sunt euhedrale. Acestea sunt definite ca fiind *structuri in geoda*. Ele sunt frecvente la minereurile hidrotermale formate in apropierea suprafetei, dar si la pegmatite. Minereurile care prezinta astfel de structuri nu sunt valoroase economic, dar au o mare valoare estetica, ele fiind tipul cel mai frecvent intalnit in muzee si in colectii.

Structurile brecioase apar la minereurile la care fragmente colturoase de roca sau de minereu mai vechi sunt usor deplasate de la locul lor de origine si cimentate de generatii ulterioare de minerale opace sau transparente. Prezenta unor astfel de structuri arata cel putin doua faze de mineralizare, separate intre ele printr-o miscare tectonica ce redeschide corpuri de minereu deja consolidate.

Structurile in cocarde, asemanatoare cu cele brecioase sunt constituite din fragmente de roca sau minereu mai vechi, conturate de benzi subtiri de minerale opace sau transparente dintr-o generatie ulterioara, tot agregatul fiind cimentat de minerale mai noi.

Unele minereuri formate in conditii supergene si mai rar hipogene prezinta *structuri colomorfe*. Morfologic, acestea au aspecte diferite: *mamelonar*, *reniform*, *stalactitic*, etc. Suprafetele acestor formatiuni au luciu puternic datorita tensiunii superficiale, iar intr-o sectiune arata precipitari ritmice in benzi subtiri, dispuse unele peste altele. Astfel de structuri apar la minereurile de hidroxizi de fier, aluminiu, mangan, carbonati de cupru, uraniu, etc.

La nivelul granulelor minerale pot fi deosebite structurile zonare, ce constau in cresteri concentrice, in care diferitele zone se deosebesc intre ele prin continutul in elemente minore fapt reflectat in proprietatile optice ale mineralului.

La minereurile de hidroxizi de fier si mangan (cu goethit, lepidocrocit, piroluzit, romanechit, etc.) apar *structuri de supracrestere concentrica*, *structuri radiare*, etc.

În rocile sedimentare sunt remarcate piritele cu *structuri framboidale*. Acestea constau, în general, din concentrațiuni sferice de cristale individuale marunte. Formarea acestor framboide este neclară, dar ele par a se forma prin precipitare în pori în timpul sau după diagenеза sedimentului.

Structuri formate prin substituție și alterare

Procesele de substituție a unui mineral prin alt mineral se desfășoară pe un larg interval de condiții, ceea ce determină apariția unei largi varietăți de structuri. Reacțiile de substituție au loc între fluide de temperatură ridicată, de origine magmatică și minerale deja cristalizate, dar și prin implicarea

unor fluide de temperatură scăzută, în condițiile suprafeței, ceea ce în mod comun numim procese de alterare. Substituția, atât la temperaturi ridicate cât și la scăzute, este o reacție de suprafață. Produsele ei se recunosc sub forma unor ritmuri mai mult sau mai puțin complete de faze minerale secundare, dezvoltate pe marginile granulelor sau pe fisurile acestora.

Bine reprezentate sunt astfel de structuri în sistemul Cu-Fe-S. În timpul reacțiilor de substituție, atomii de S care sunt mai rigizi și au stabilitate mai mare rămân intacti, în timp ce atomii metalelor, cu dimensiuni mai mici sunt ușor mobilizați. Procesele inițiale de alterare pun în mișcare întâi atomii cei mai mobili (Fe) astfel încât fazele secundare nou create sunt mult mai bogate în Cu și S. Atomii de fier care pleacă primii dau naștere fie hidroxitilor (goethit sau lepidocrocit), fie în unele situații, piritei. Pe marginile plajelor de calcopirită apare inițial bornitul, apoi calcozina și spre exterior covelina, în cazul în care procesul de alterare se menține o perioadă mai lungă.

Un alt exemplu poate fi observat la pirotina. Aici atomii de S nu pot fi mobilizați de fluide, datorită stabilității lor, în schimb atomii de Fe trec într-o sulfură de fier bogată în sulf (pirita sau marcasita) ce substituie pirotina. În unele situații, o structură tipică de substituție la temperatură scăzută apare la pirotina hexagonală. Aceasta este substituie de pirotina monoclinică sub forma unor digitatii, pe fisuri, pe marginile granulelor sau ca flăcări, iar pirita și marcasita se dezvoltă sub forma unor granule marunte sau dau *structuri în "ochi de pasare"*.

O structură intens controversată astăzi este "exsoluția" de calcopirită în blenda. Conform datelor experimentale acest lucru este posibil dacă are loc la temperaturi mai mari de 500°C. La temperaturi sub această valoare, blenda nu mai este capabilă să conțină mai mult de 1 % Cu, astfel că nu poate fi justificată cantitatea mare de calcopirită ce apare ca false exsoluții. Pe aceste considerente se poate aprecia că astfel de "exsoluții" se datorează unui proces de substituție a blendei inițiale purtătoare de fier de către un agregat de calcopirită și blenda săracă în fier, ca

urmare a interactiunii cu fluide mai tarzii purtatoare de cupru. Aceasta interpretare nu arata imposibilitatea existentei unor adevarate exsolutii de calcopirita in blenda. Dar ele au loc numai la temperaturi ridicate si deci, daca urmam aceasta interpretare, trebuie apreciat daca asociatia minerala si contextul in care apare minereul cu astfel de structuri o justifica.

Structuri formate prin recristalizare

Unele minereuri au suferit o perioada mai indelungata de incalzire la temperatura ridicata, altele au trecut printr-o racire lenta. In astfel de situatii apar *structurile de annealing*, termen din literatura engleza ce semnifica o crestere a marimii granulelor si dezvoltarea aproape egala a acestora in procesele amintite mai sus.

O prima consecinta a acestor procese este reducerea energiei superficiale prin coalescenta mai multor granule mici in unele mai mari ceea ce determina cresterea granulatiei.

In unele minerale, dar in special la pirita, un puternic control cristalografic al cresterii, conduce la dezvoltarea cristalelor euhedrale, in special atunci cand matricea acestora este alcatuita din sulfuri relativ mai moi, precum pirotina, blenda sau calcopirita.

In timpul metamorfismului, granule disperse de calcopirita in blenda pot difuza de la interiorul granulelor de blenda si sa genereze benzi subtiri pe marginile granulelor.

La majoritatea acestor tipuri de structuri de recristalizare se remarca existenta unor unghiuri cu diferite valori care pentru diferitele agregate monominerale sau poliminerale arata o mineralizare a energiei superficiale si deci atingerea unor conditii de echilibru. Astfel, la agregatele monominerale, valoarea unghiului de contact este 120° C, la cele de galena-blenda este 103° - 104° C, iar la perechea calcopirita-blenda de 107° - 108° C.

Structuri formate prin deformare

In multe situatii minereurile arata fenomene de deformare mai slaba sau mai intensa. Structuri generate de deformare pot fi recunoscute la nivel de mineral sau la nivel de agregate minerale, de la aparitia macelilor de deformare la completa brecifiere a unui mineral. Structurile nou formate, in urma deformarii sunt dependente de tipul general de deformare, temperatura din momentul deformarii, compozitia mineralogica a minereului ca si istoria post-depozitionala a lui.

Sunt recunoscute doua tendinte de comportare a mineralelor in procesele de deformare, functie de duritatea lor. Unele minerale, precum pirita, arsenopirita, magnetitul, etc, au comportare

casanta si pe seama lor se formeaza structurile cataclastice. Alte minerale, precum blenda, calcopirita , galena, etc, se comporta plastic si se "cimenteaza" mineralele dure sau patrund pe fisurile acestora. In marea lor majoritate minereurile sunt polimetalice si din acest motiv arata diferite tipuri si diferite grade de deformare. La deformari foarte puternice, minereurile bogate in minerale casante (pirita) sunt caracterizate prin brecifieri extinse. In contrast, minereurile alcatuite din minerale mai plastice dau macle, lamele de presiune, kinkbands, etc.

Maclele pot sa apara prin crestere, inversie si deformare. Criteriile de separare (Ramodhr, 1969) sunt urmatoarele:

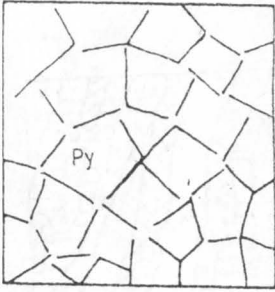
- a. Crestere: macle lamelare cu latime neomogena, prezente la unele granule, uneori puternic intretesute.
- b. Inversie: retele, forma de fus.
- c. Deformare: lamele subtiri, in mod obisnuit asociate cu zone de cataclazare si recristalizare incipienta. Uneori trec dintr-un granulo in altul.

Alte aspecte care sa sugereze deformarea sunt observabile la limitele cristalelor, sau in interiorul lor. Astfel o serie de elemente structurale planare ca fetele cristalelor, maclele, lamelele de exsolutie, clivajele, etc. capata diferite grade de curbura.

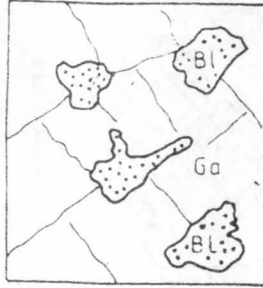
Minereurile deformate contin adesea zone care au suferit o forfecare intensa. De-a lungul acestor zone mineralele componente ale minereului sunt puternic zdrobite, capatand o granulatie foarte fina, adesea usor recristalizate. In astfel de zone, apar slire de galena, sub forma unor plaje usor alungite.

Uneori minereurile compuse din minerale dure si minerale plastice supuse unei deformari intense arata urmatoarele aspecte: mineralele dure sunt complet cataclazate si prinse in masa de minerale plastice, alaturi de aspecte brecioase, neorientate, uneori implicand si fragmente de minerale nemetalice si chiar de roca. Aceasta deformare penetrativa a fost denumita *structura Durchbewegung*.

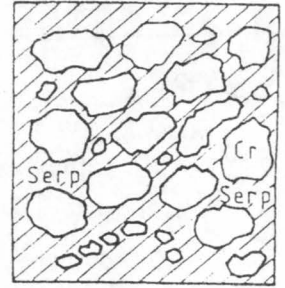
STRUCTURI FORMATE PRIN CRISTALIZARE DIN TOPITURI



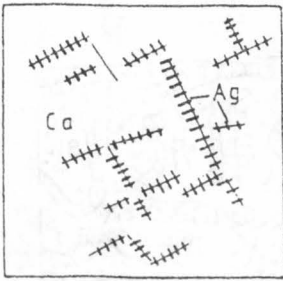
Structuri euhedrale



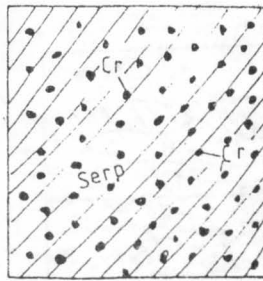
Structuri subhedrale



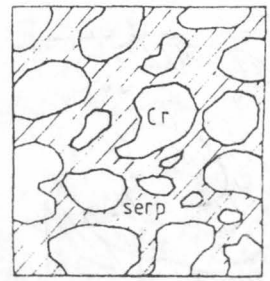
Structuri anhedrale



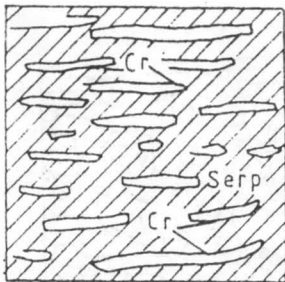
Structuri scheletice



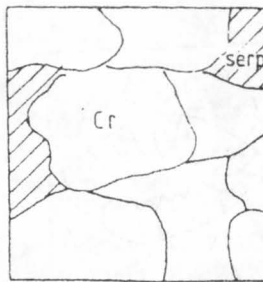
Structuri diseminate



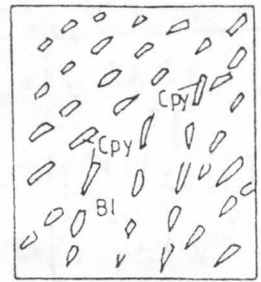
Structuri nodulare



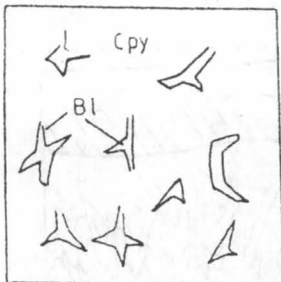
Structuri în șlire



Structuri compacte



Structuri de exsoluție (A)

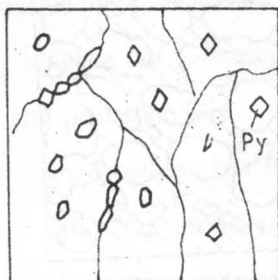


Structuri de exsoluție (B)

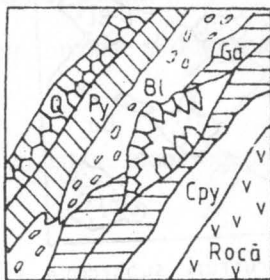
LEGENDA

Py - pirită	Ag - argint
Ga - galena	Ca - calcit
Bl - blenda	Cpy - calcopirită
Cr - cromit	serp - serpentina

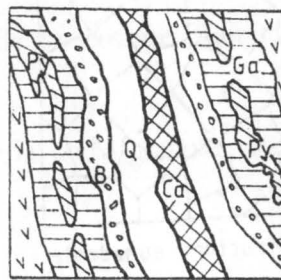
STRUCTURI FORMATE PRIN PRECIPITARE IN SPAȚII DESCHISE



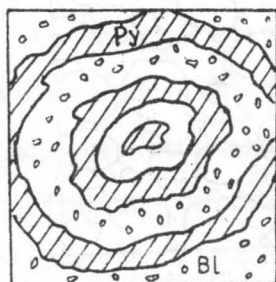
Structuri de impregnație



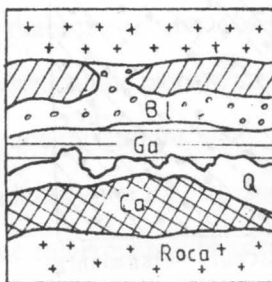
Structuri rubanate



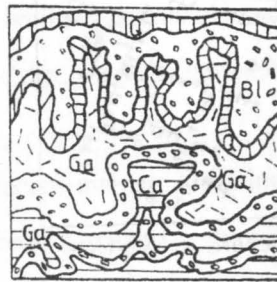
Structuri rubanate



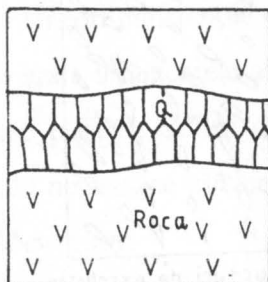
Structuri rubanate concentric



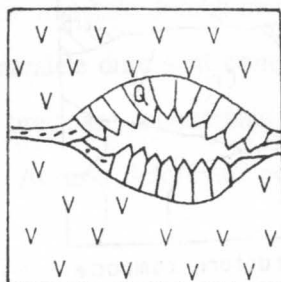
Structuri rubanate asimetric



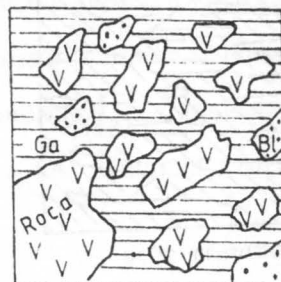
Structuri gofrate



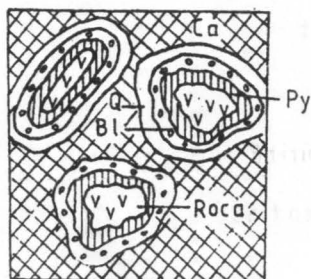
Structuri în pieptene



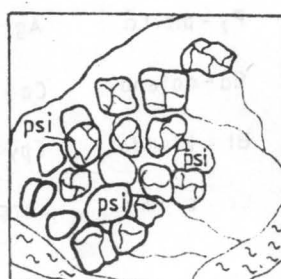
Structuri în geodă



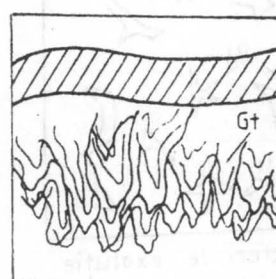
Structuri breicioase



Structuri în cocarde

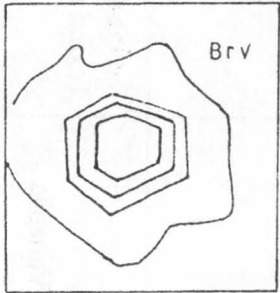


Structuri colomorfe mamelonare

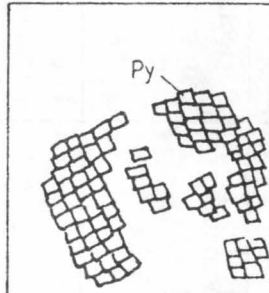


Structuri colomorfe stalactice

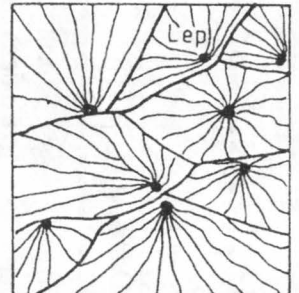
STRUCTURI FORMATE PRIN PRECIPITARE IN SPAȚII DESCHISE



Structuri zonare



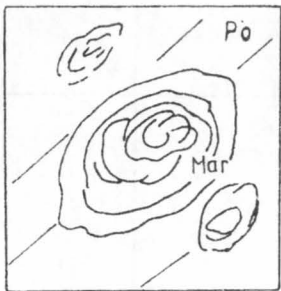
Structuri framboidale



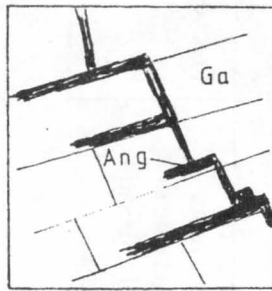
Structuri radiare

Py - pirită ; Q - cuarț ; Bl - blendă ; Ga - galenă ; Cpy - calcopirită ;
Ca - calcit ; Psi - psilomelan ; Gt - goethit ; Brv - bravoit ; Lep - lepidocrocit ;
Po - pirotină ; Mar - marcasită ; Ang - anglezit

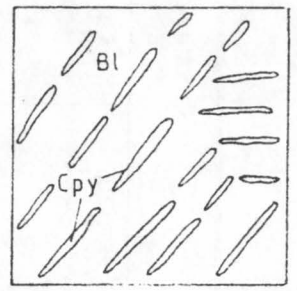
STRUCTURI FORMATE PRIN SUBSTITUȚIE ȘI ALTERARE



Structuri în „ochi de pasăre”

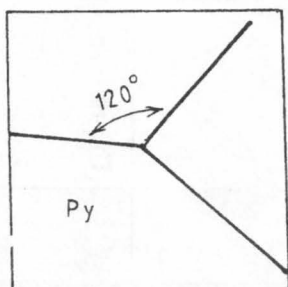


Structuri de substituție
pe clivaj



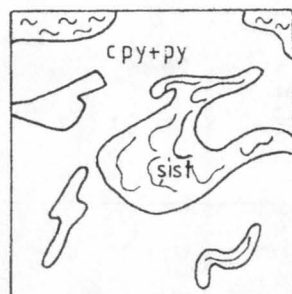
Structuri de pseudoexsoluție

STRUCTURI FORMATE PRIN RECRISTALIZARE



Structuri de recristalizare
la pirită

STRUCTURI FORMATE PRIN DEFORMARE



Structuri durchbewegung

Caracteristici structurale ale mineralelor comune din minereuri

Nr.	Mineral	Structura granului mineral					
		Macle	Zonare	Deformari	Forma	Dimensiuni	
1.	Argint	Macle lamelare	-	-	Variabila. Rar idiomorf Frecvent: forme dentritice sau scheletice allotriomorfe	Foarte variabile	Substituie: tetraedrit, calcopirita galena, arseniuri de nichel. Formeaza umpluturi ale fisurilor, pelicule, fine in zona de cementare. Concresteri de cupru nativ
2.	Aur	Macle lamelare II (111)	Frecventa: diferente de culoare sau varsta	Frecvente	Izometrica allotriomorfa. Rar cristale idiomorfe.	Variabile	Poate fi liber, inclus in alte minerale sau "invizibil".
3.	Bismut	Macle lanceolate uneori cu asezare in parchet. Macle de crestere. Macle de penetrare	-	Frecvente	Granule allotriomorfe. Forme scheletice	Variabile	Fisuri in skutterudit in jurul cristalelor de bismut. Mirmekite
4.	Cupru	Macle lamelare II (111)	-	-	Allotriomorfa. Forme scheletice concretiuni	Variabile	Substituie calcopirita, cuprit. Texturi ritmice cu limonitul

5.	Osmiridiu	Frecvente	-	-	Frecvent idiomorfe	Reduse	In placersuri:recristalizari marginale. Incluziuni in platina
6.	Platina	Macle II (111), lamelare, formate prin deformare	Raspandita. Diferenta de duritate intre centru si margini	-	Granule poligonale xenomorfe, cristale idiomorfe, concretiuni	Reduse. Uneori cristale de 4mm	Frecvente incluziuni
7.	Cassiterit	Macle II (101) Macle de crestere, lamelare (de presiune)	Frecventa	Cataclazat frecvent	Puternica tendinta spre idiomorfism	Foarte variabile dependente de tempera- tura de formare	Exsolutie de: tapiolit, columbit. Texturi ritmice.Concresteri mirmekitice cu fluorina, cuar, calcit
8.	Cromit	Nu au fost observate	Exista,dar este greu de recunoscut	Cataclazari comune	Tendinta spre dezvoltare euhedrale	Variabile, in general grosiere	Neomogen: o parte centrala mai bine lustruita si o alta periferica sau pe fisuri, slab lustruita, reflectivitate diferita. Poikilitic cu olivina Incluziuni de silicati. Mirmekite cu piroxenii.
9.	Cuprit	-	Rar	-	Cristale cubice, octaedrice, fin aciculare (chalcotrichtit) Frecvent auhedrale. Forme scheletice	Foarte variate	Substituie calcozina dupa o retea foarte fina. Precipitate ritmice cu limonit dupa calcopirita

10.	Goethit	-	Numai la cristalele dezvoltate	-	Cristale fibroase, Forme radiare	Variabile	Texturi ritmice. Substituie in zona de oxidare: pirita, calcopirita, siderit, pirotina
11.	Hausmanit	Macle lamelare	-	Determina partial aparitia maclelor lamelare	Cristale euhedrale sau subhedrale	Variabile	Incluziuni de braunit. Substituie carbonati cu Mn si este substituit de psilomelan
12.	Hematit	Macle lamelare foarte frecvente dupa (1011) Macle de crestere si de presiune	-	Determina partial aparitia maclelor lamelare comune sunt translatiile dupa (0001)	Puternica tendinta spre idiomorfism Cristale izometrice, tabulare, lung fibroase	Variabile	Exsolutii in ilmenit. Martitizare: hematitul substituie magnetitul. Muschetovitizare: magnetitul substituie hematitul
13.	Ilmenit	Macle lamelare dupa (1011)	Foarte rara	Cataclazari. Determina aparitia unor macle de alunecare	Granule rotunjite, prismatice	Variabile	Exsolutii de hematit, rutil, magnetit. Mirmekite: ilmenit-magnetit (contactul granulelor), ilmenit-silicati, ilmenit-spinel
14.	Jacobsit	-	-	-	Granule poligonale, sau euhedral rotunjite	Variabile, de obicei milimetrice	Substituit de limonit, piroluzit, psilomelan
15.	Lepidocrocit	-	-	-	Agregate anhedrale, criptocristaline. Rar, cristale tabulare bine dezvoltate.	Foarte variabile, in general micronice.	Texturi ritmice, mase reniforme

16.	Magnetit	Macle II (111) adesea lamelare	Bine dezvoltata la magnetitul din skarne.	Raspandita Cataclazari, macle de presiune	Izometrice, echigranulare, cu tendinta spre euhedral. Marginile granulelor sunt plane sau ondulate.	Variabile, pe un interval larg	Martitzare, muschetovitizare (v.hematit). Exsolutii de: ilmenit, ulvospinel. Mirmekite: magnetit-olivina, magnetit-alti silicati. Substituit de goethit, lepidocrocit
17.	Piroluzit	-	-	-	Cristale prismatice, subhedrale	Variabile, de la dimensiuni criptocristalinelor la centimetrice	Fisuri perpendiculare pe alungirea cristalului, fisuri de contractie, uneori ocolite. Agregate prismatic radiare, substituite pe margini sau pe fisuri de psilomelan sau de goethit
18.	Romanechit (Psilomelan)	-	-	-	-	Criptocristalin	Mase globulare, botrioidal reniforme, stalactitice cu structura interna concentric-sferoidala cu dispunere radiara
19.	Uraninit	Frecvente	Frecventa, determinata de ritmuri de crestere, pori sau incluziuni	Cataclazari	Cristale anhedrale destul de frecvente.	De la criptocristalinelor la centimetric	Mase botrioidal-reniforme, agregate globulare. Fisuri de sinerezis. Substituit de sulfuri. Precipitari ritmice, mirmekite, forme scheletice. Halouri pleocroice in minerale gazda
20.	Alabandina	Mase lamelare fine pe (111). Macle de crestere	Frecventa	-	Cristale anhedrale	In general grosiere.	Exsolutii de pirotina. Substituita pe fisuri de piritita si uneori de piroluzit
21.	Altait	-	-	-	Cristale anhedrale	Variabile	Mirmekite cu kreneritul

22.	Arsenopirita	Macle lamelare II(100) si (001) si mimetice II (010)	Frecventa	Frecvente cataclazari	Frecvent cristale euhedrale, cu forme aproape rombice	Variabil, rar > 1 cm	Agregate cu dezvoltare columnar radiara. Concresteri orientate cu lollingit si safflorit
23.	Bismutina	Macle lamelare	-	Translatii II (010) fracturari	Forma granulelor este dependenta de conditiile de formare si de mineralele asociate. Este euhedra la cand este prima cristalizata si anhedra la in rest	Poate ajunge la cristale columnare de 10 cm lungime si 2 cm. grosime. In general foarte variabila	Mirmekite cu galena. Substituie bismutul nativ
24.	Blenda	Macle lamelare polisintetice dezvoltate pe diferite directii. Sunt rare sau lipsesc la granulele mici, recristalizate.	Frecventa, cauzata de continutul in fier, rata de crestere, incluziuni, pori, etc.	Comune sunt translatiile si cataclazarile	Foarte variabila de la rotunjita la poligonala	Variabila	Emulsii de calcopirita foarte frecvente. Exsolutii de pirotina, cubanit, stanina. Texturi de precipitare ritmica. Frecvente texturi de deformare
25.	Bornit	Foarte rare macle dupa (111)	-	Deformari plastice Fisurari uneori intense	Granule rotunjite.	Dimensiuni variabile, uneori granule mai largi si granule mici recristalizate	Exsolutii lamelare de calcopirita sau retele fine de calcozina. Exsolutii de bornit in calcozina. Substituie calcopirita si este substituit de calcozina. Texturi ritmice cu calcopirita.

26.	Bourmonit	Macle (110) cu caracter polisintetic pe doua directii in unghi drept	-	Cataclazari	Granule poligonale, rotunjite anhedrale	Foarte variabila de la cativa microni la cm(in grade)	Uneori este substituit de galena
27.	Calcopirita	Frecvente macle lamelare	Foarte rara	Comuna, in general cu caracter plastic. Rar cataclazari	In general anhedrala	Foarte variabile, de la microni la 5-8 cm	Mirmekite cu stanina, ossiterit, calcozina, blenda, galena. Exsolutii de cubanit, stanina. Cresteri epitaxiale de blenda pe calcopirita. Texturi ritmice cu bornit. Substituita de bornit, calcozina, covelina, goethit
28.	Calcozina	Frecvente	-	-	In general anhedrale	Variabile	Exsolutii in bornit. Substituie bornitul, calcopirita si este substituita de covelina. Texturi ritmice, uneori cu covelina. Mirmekite cu bornit, tennantit, galena
29.	Cinabru	Macle (1120)	-	-	Granule rotunjite, anhedrale. Uneori euedral	Variabile, dar in general reduse	Substituie pirita, stibina, calcopirita
30.	Covelina	-	-	Comuna	De obicei cristale euhedrale lamelare	Variabile, de la micronice la 10 cm	Substituie toate sulfurile de cupru
31.	Cubanit	Macle lamelare	-	Translatii	Cristale subhedrale tabulare	Variabile pana la 1 cm	Se descompune in calcopirita si pirotina. Exsolutii in calcopirita

32.	Enargit	Foarte rare (lamelare)	Frecventa	-	Cristale rotunjite, cu dezvoltare prismatica	In general grosiere	Substituit de calcozina, galena, covelina si uneori de calcopirita. Substituie pirita si cuarțul
33.	Galena	Macle de crestere foarte frecvente	Comuna	Frecventa. Translatii, fracturari	Cristale anhedrale	Variabile	Texturi "gnaisice", recristalizari. Substituita de anglezit, ceruzit, covelina. Mirmekite cu calcopirita, calcozina, tetraedrit. Triunghiuri caracteristice
34.	Marcasita	Macle lamelare dupa (101) si (011)	Comuna	Rare deformari	Cristale anhedrale	Variabila	Texturi rubanate colomorfe. Agregate reniforme sau fibroase. Se poate forma prin descompunerea sulfurilor bogate in fier (pirotina)
35.	Maucherit	Foarte rare	Greu observabila	-	Cristale anhedrale, rar euhedrale	Dimensiuni reduse	Agregate subparalele la radiare. Substituie nichelina si este substituit de nichelina
36.	Millerit	Macle lamelare dupa (0112)	Destul de frecventa	Lamele de presiune	In general este subhedral	De la mm la 1 cm	Agregate subparalele sau radiare de cristale aciculare foarte fine
37.	Molibdenit	-	-	Abundente. Translatii, exfolieri	Subhedral la euhedral	Variabile	Agregate radiare, cruste, agregate globulare
38.	Nagyagit	Macle lamelare II (001). Macle pe doua directii	-	Deformari plastice	Cristale subhedrale la euhedrale	Cristale pana la 1 cm	Cristale bine dezvoltate in carbonati sau lamele fine pe marginea altaitului

39.	Nichelina	Macle comune dupa (1011)	Frecventa	Cataclazari frecvente	Variabila de la anedral la euedral	Variabile pana la 1 cm	Concresteri subparalele. Agregate granulare, uneori asemenea florilor de gheata. Uneori mase reniform-sferice sau agregate radiare
40.	Pirita	Macle dupa (110)	Comuna	Cataclazari	Puternica tendinta spre idiomorfism	Variabile. Porfiroblaste de 15 cm	Agregate granulare poligonale, agregate scheletice, agregate colomorfe, agregate globulare
41.	Pirotina	Frecvente	Comuna	Translatii dupa (0001) si forfecari	Uneori euhedrala in general subhedrala	Foarte variabile	Exsolutii de pentlandit, uneori de stanina. Exsolutii in blenda. Substituita de pirita, marcasita, uneori de magnetit
42.	Pentlandit	Nu se observa la microscop	-	Cataclazari rare	Granule anhedrale, uneori rotunjite cu indicatii de tracht octaedric	Dimensiuni reduse	Exsolutii in pirotina. Substituit de bravoit, violarit
43.	Proustit	Macle lamelare dupa (1014)	Comuna	Rara	Cristale subhedrale, forme scheletice	Dimensiuni reduse	Exsolutii in galena. Concresteri orientate cu pirargiritul
44.	Pirargirit (v. Proustit)						
45.	Rammel-sbergit	Macle lamelare	Comuna	-	Adesea cristale euhedrale. Comun subhedrale	De la 0,1 la 1 mm	Agregate radiare. Substituie si este substituit de skutterudit si/sau nichelina.
46.	Safflorit	Foarte caracteristice, forme stelate	Comuna	-	Variabile de la euhedrale la anhedrale	Dimensiuni reduse	Agregate stelare. Substituit de skutterudit

47.	Silvanit	Macle lamelare in general II (100)	-	-	Cristale subhedrale uneori cu tendinta spre idiomorfism	Dimensiuni reduse	Cristale prismatice, forma scheletice
48.	Semseyit	-	-	-	Cristale tabulare subhedrale	Dimensiuni reduse	Agregate radiare, cruste pe galena
49.	Skutterudit	-	Comuna	Cataclazari	Tendinta spre idiomorfism	Variabile	Agregate granulare, vinisoare in nichelina, maucherit
50.	Stanina	Frecvente dar nu comune	Observabila	Rara	Cristale anhedrale	Foarte variabile	Exsolutii in calcopirita, blenda. Substituie cassiteritul. Concresteri orientate cu calcopirita si blenda
51.	Stibina	Macle lamelare	Comuna	Foarte comuna. Translatii. Fracturari	Cristale subhedrale	Variabile	Agregate radiare sau mase granoblastice
52.	Tetraedrit	Comune	Comuna	Raspandita. Cataclazari	Rar euhedrale in general anedral	Variabile	Mirmekite cu pirargirit, calcopirita, blenda
53.	Wolframit	Macle dupa (100)	Comuna	Cataclazari, extinctii ondulatorii	Cristale euhedrale	De la 1 mm la 10 cm.	Agregate prismatice. Substituit de scheelit

Capitolul IV. SECVENTE PARAGENETICE

Secventa paragenetica intr-un zacamant reprezinta ordinea de formare a mineralelor. Aceasta inseamna, de fapt, succesiunea ca timp de formare a acestora, de la cele mai vechi la cele mai noi sau de la cele depuse timpuriu la cele cristalizate mai tarziu. Secventa paragenetica descrie in acelasi timp conditiile in care faza minerala a fost depusa sau a suferit reechilibrari chimice sau mineralogice. In cadrul secventei paragenetice sunt incluse intotdeauna si mineralele de ganga nu numai mineralele opace, utile. In literatura de specialitate, termenul de secventa paragenetica este in mod obisnuit folosit pentru a desemna o asociatie sau un ansamblu de minerale. In lucrarea de fata vom atribui secventei paragenetice continutul de succesiune de formare-depunere in timp a mineralelor componente ale unui minereu dintr-un zacamant dat.

Pentru a se deduce secventa paragenetica trebuiesc examinate structurile corpurilor de minereu si ale minereurilor, pe esantioane si pe sectiuni lustruite. Secventele paragenetice pot fi reprezentate grafic. Cea mai frecventa reprezentare este realizata intr-o diagrama binara temperatura de depunere - timp. Astfel de reprezentari grafice sunt construite pentru secvente paragenetice simple (datorate unui singur flux de solutii) ca in fig. 3 a, sau complexe (datorate mai multor "veniri" de solutii hidrotermale) ca in fig. 3 b.

In diagrama din fig. 3 b pot fi remarcate punctele de recurenta si de rejuvenatie.

Atunci cand o alta secventa paragenetica, despartita in timp de una anterioara, incepe la o temperatura mai ridicata decat temperatura de depunere a ultimului mineral din secventa anterioara, vorbim de un fenomen de *recurenta*.

Atunci cand o noua secventa paragenetica incepe la o temperatura mai scazuta decat temperatura de depunere a ultimului mineral cu care incepe secventa anterioara, vorbim de un fenomen de *rejuvenatie*.

Observatiile asupra zacamintelor cunoscute, combinate cu datele de stabilitate ale mineralelor, au dus la intuirea unei ordini generale de formare a mineralelor, care intr-o forma simplificata arata in felul urmator:

1. Silicati.
2. Magnetit, ilmenit, hematit.
3. Cassiterit, wolframit, molibdenit.
4. Pirotina, lollingit, arsenopirita, pirita, arseniuri de nichel si cobalt.
5. Calcopirita, bornit, blenda.
6. Galena, tetraedrit, sulfosaruri de plumb, telururi, cinabru.

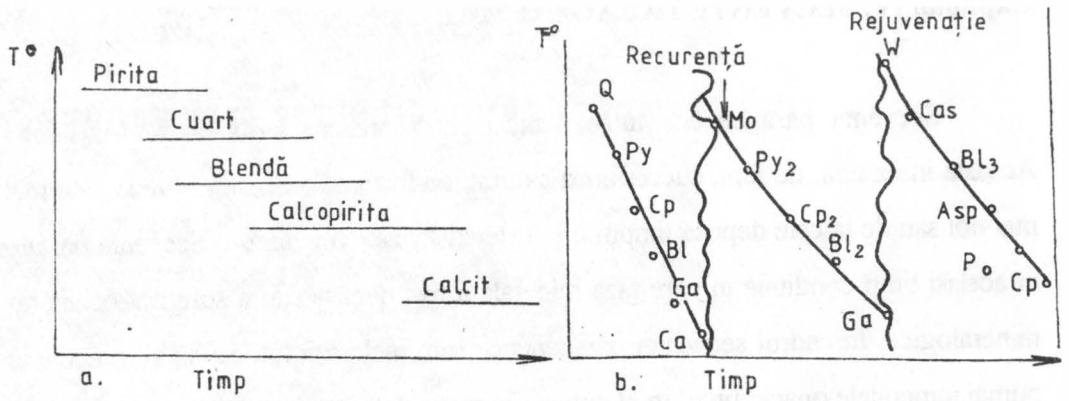
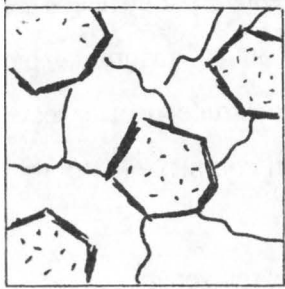
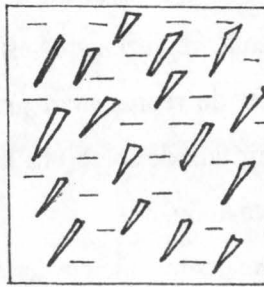


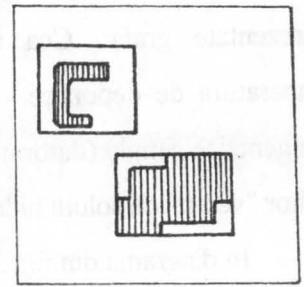
Fig.3. SECVENTELE PARAGENETICE: a.SIMPLA; b.COMPLEXA



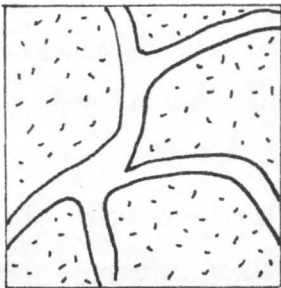
a.Grad de idiomorfism



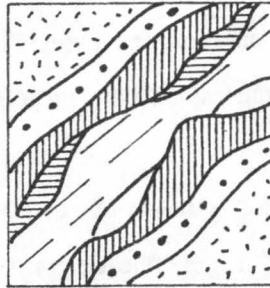
b.Structuri de exsoluție



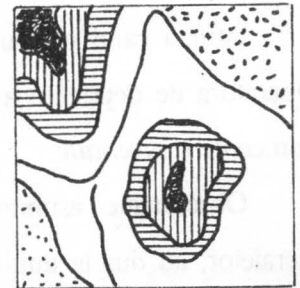
c.Structuri de substituție



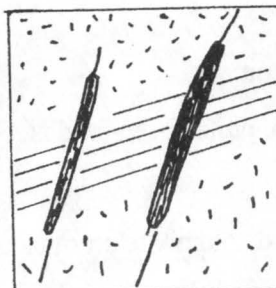
d. Structuri arteritice



e,Structuri rubanate



f.Structuri în cocarde



g. Relații de discordanță

Fig 4 CRITERII PENTRU STABILIREA ORDINII DE DEPNERE A MINERALELOR

Desigur, nu toate mineralele mentionate mai sus sunt in orice zacamant. De asemenea, acesta ordine generala este uneori perturbata de conditiile specifice de formare a unui anumit corp de minereu sau zacamant. Din acest motiv, pentru intelegerea desfasurarii in timp a depunerii componentilor minerali, ca si a fenomenelor ulterioare depunerii, este necesara interpretarea secventelor paragenetice.

Criterii pentru stabilirea ordinii de depunere a mineralelor

a. *Structuri idiomorfe* (fig. 4 a). In general, se considera ca mineralele cu contur idiomorf sunt primele cristalizate dintr-o magma sau dintr-o solutie hidrotermala. Criteriul nu este valabil pentru mineralele formate prin metasomatoza sau metamorfism regional.

b. *Structuri de exolutie* (fig. 4 b). Se considera ca mineralul gazda si cel exolvit sunt sincrone sunt sincrone. **Atentie** la "exolutiile" de calcopirita in blenda! Trebuie gasite intai dovezile ca sunt adevarate exolutiile.

c. *Structura de substitutie* (fig. 4 c). Mineralul care substituie este fomat ulterior.

d. *Structuri arteritice* (fig. 4 d). Mineralul gazda este format anterior.

e. *Structuri rubanate* (fig. 4 e). Ordinea de depunere a mineralelor intr-un gol este de la pereti catre axul golului.

f. *Structuri in cocarde* (fig. 4 f). Descifrarea acestui tip de structuri pune in evidenta secvente paragenetice complexe. Interpretarea lor duce la stabilirea unei sucesiuni de secvente paragenetice in timp.

g. *Relatii de discordanta* (fig. 4 g). Acestea pot fi observate intre corpurile de minereu dintr-un zacamant.

Tema pentru lucrarile de laborator:

1. Folosind sectiunile lustruite si esantioanele din colectia didactica interpretati ordinea de depunere a mineralelor si reprezentati grafic rezultatele obtinute.

V.1. Minereuri asociate rocilor magmatice bazice si ultrabazice

Minereurile asociate rocilor bazice si ultrabazice se formeaza in relatie cu magmele subcrustale, pe un larg interval de temperaturi si presiuni, de la valori ridicate ale acestora, valori ce caracterizeaza domeniul de stabilitate al diamantului, pana la valori reduse, ce caracterizeaza domeniile de stabilitate ale sulfurilor de Fe, Ni si Cu. Din aceasta categorie vor fi detaliate urmatoarele tipuri de minereuri:

1. Minereuri de crom;
2. Minereuri de oxizi de fier si titan;
3. Minereuri de sulfuri de fier - nichel - cupru.

V. 1. 1. Minereuri de crom

Compozitia mineralogica

- a. Componenti majori: cromit.
- b. Componenti minori: pentlandit, pirotina, calcopirita, bornit, vallerit.
- c. Componenti urma: minerale din grupa platinei (feroplatina, cooperit, lawrit, sperrylit, etc.).
- d. Componenti de ganga: minerale din grupa serpentinei, calcit, olivina, piroxeni.

Ocurenta

1. In intruziuni bazice stratificate.
2. In peridotite sau peridotite serpentinizate din centurile orogene (cromite "podiforme" sau Alpino-tip).

Structura minereurilor

Morfologia corpurilor de cromit este functie de modul de ocurenta. Ele apar sub forma de strate in grosimi de la cativa milimetri la cativa metri, in intruziuni bazice stratificate sau ca lentile alungite in centurile orogenice.

Sunt corpuri compacte de cromit (asa numitele cromitite) care trec prin proportii diferite de cromit + olivina, piroxen la dunite, peridotite, etc. Acest fel de tranzitii sunt comune zacamintelor din intruziunile stratificate.

In serpentinitele sau peridotitele serpentinizate din centurile orogene *structurile compacte* sunt mai putin frecvente. In general, aici domina *structurile diseminate, in slire si nodulare*.

Dimensiunile granulelor de cromit sunt de la mai putin de 1 mm la 10-15 mm. Ele sunt in general cu contur *euhedral* sau *anhedral*. In unele situatii cromitele dezvoltata cristale octaedrice, mai frecvente atunci cand domina mineralele de ganga. Atunci cand granulele de cromit sunt frecvente, cristalele sunt separate prin limite de contur poligonal. Sunt si situatii in care granulele de cromit sunt rotunjite si inconjurate de silicati.

Sunt deasemena frecvente *structurile orbiculare*, cand granulele de cromit sunt invelite concentric de olivina partial serpentinizata.

Unele cristale de cromit arata variatii compositionale de la centru spre periferie sau de-a lungul fisurilor. Acestea sunt puse in evidenta sub microscop, prin contrastele de culoare si uneori de duritate. In asemenea situatii, zonele periferice sunt mai bogate in fier. Ele reprezinta *structuri metasomatice* aparute probabil in procesele de serpentinizare. Corpurile de minereu de cromit prezinta uneori si *structuri cu caracter postdepozitional*. Acestea au diferite stadii de intensitate, de la fisurari ale granulelor mari de cromit, la intense fracturari pana la *structuri cataclastice-breicioase*.

Pe langa cromit, care reprezinta mineralul util principal, in multe zacaminte sau ocurente sunt proportii variabile de sulfuri de nichel sau de minerale din grupa platinei. Acestea sunt prezente ca incluziuni in granulele de cromit, pe fisurile acestora sau in materialul interstitial.

Interpretari genetice

Se accepta ca minereurile de cromit se formeaza prin procese de cristalizare fractionata si acumulare gravitacionala. Structurile pe care le prezinta minereurile sunt in perfecta concordanta cu ideea mentionata mai sus.

Exista o serie de diferente intre frecventa tipurilor de structuri si modul de ocurenta al cromitelor. Minereurile din intruziunile stratificate sunt in general compacte. Aparitia stratelor compacte de cromit poate fi explicata printr-un mecanism complex in care precipitarea cromitului are loc datorita contaminarii extensive a unei magme bazice parentale cu un lichid mai acid (Irvine, 1974, 1977). Magma mai bogata in silice impinge compozitia topitului in curs de cristalizare de pe eutecticul olivina-cromit in campul cristalizarii cromitului pur.

Cromitele podiforme apar in conditii de instabilitate tectonica. In acest caz cromitul nu poate sa mai apara compact ci numai ca diseminari, noduli sau slire. Minereurile de crom sunt in acest caz o parte componenta a ofiolitelor si deci aprecierile asupra genezei acestora sunt considerate in procesul de formare a cromitelor. Dupa formarea lor ca prime cumulate magmatice in magmele generate de-a lungul marginilor dintre placile litosferice divergente, au fost dislocate mecanic si deformat.

Exemple

a. Pe Glob: Bushveld (Africa de Sud), Stillwater SUA), Great Dyke (Rhodesia) - pentru cromite in intruziuni stratiforme si Turcia, Ural, Filipine, Cuba, Albania, Jugoslavia, Grecia, Cipru - pentru cromitele podiforme.

b. Romania: Tisovita-Iuti, (Banatul de Sud), Breaza (Carpatii Orientali).

V.1.3. Minereuri de oxizi de fier si titan

Compozitia mineralogica

a. Componenti majori: magnetit, ulvospinel, ilmenit, rutil, hematit.

b. Componenti minori: pirita, calcopirita, pirotina, maghemit.

c. Componenti secundari: hematit, rutil, pseudobrookit, maghemit.

d. Componenti de ganga: plagioclazi, amfiboli, piroxeni.

Ocurenta

Minereurile de oxizi de fier si titan formeaza diseminari sau corpuri compacte (strate, lentile) in secventele anortozitice, gabbroice sau noritice ale intruziunilor plutonice sau ale complexelor stratificate.

Structura minereurilor

In minereurile de oxizi de fier si titan (titanomagnetit) sunt comune cristalele de dimensiuni cuprinse intre 0,5-1 mm. Uneori sunt prezente cristale de circa 1 cm diametru. In general minereurile se caracterizeaza prin *structuri echigramulare*. Cristalele sunt euhedrale pana la anhedrale.

Cele mai caracteristice structuri sunt *structurile de exsolutie*.

Titanomagnetitul cubic (ulvospinel-magnetit) poate fi oxidat in doua conditii pentru a genera structuri de exsolutie.

- a. Oxidare la presiune scazuta si temperaturi sub 600°C ceea ce are ca rezultat spineli cu deficit de cationi din seria metastabila a titanomaghemitului (ulvospinel-magnetit-maghemit). Acestea pot in unele cazuri sa conduca la ilmenit-hematit.
- b. Oxidare la presiuni scazute sau moderate si la temperaturi mai mari de 600°C cu formare directa de ilmenit-hematit.

Cele mai comune exsolutii apartin conditiei b si le vom acorda mai multa atentie.

Conform lui Buddington, Lindsley (1964), pot fi distinse urmatoarele forme de exsolutii:

1. Exsolutii de ilmenit de-a lungul tuturor planelor (111) ale mineralelor gazda.
2. Exsolutii de ilmenit restranse doar la un singur set de plane (111).
3. Incluziuni euhedrale la anhedrale de ilmenit in titanomagnetit, rareori orientate dupa planele (111) sau (100) ale gazdei.

Procesele de oxidare ale concresterilor de titanomagnetit-ilmenit conduc la la pseudomorfoze de hematit, pseudobrookit si rutil dupa spinel sau ilmenit.

In titanomagnetit sunt cunoscute continuturi de vanadiu, crom, aluminiu, elemente ce substituie Fe^{3+} si mangan si magneziu ce intra in locul Fe^{2+}

Interpretari genetice

Relatiile de teren si structurile minereurilor conduc spre acceptarea licuatiei ca proces genetic. Formarea minereurilor are loc in trei stadii:

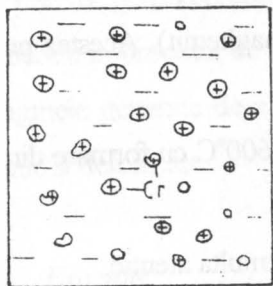
- a. Formarea picaturilor de lichid imiscibil bogat in titan in magma parentala;
- b. Picaturile de lichid bogat in titan ajung la baza stivei de cumulate, unde devin coalescente si dau nastere unor corpuri concordante cu cumulatele stratificate;
- c. Lichidul bogat in titan scapa pe fracturi spre unitatile inferioare anortozitice, formand uneori corpuri discordante.

Procesul de acumulare a oxizilor de fier si titan este analog cu cel de formare a sulfurilor de fier-nichel si cupru prin imiscibilitate.

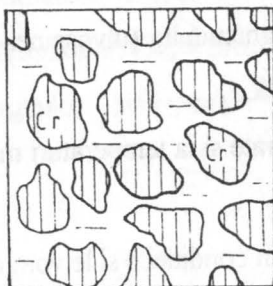
Exemple

- a. Pe Glob: Sandford Lacke, Duluth (SUA), Allard Lake (Canada), Tellnes, Kragero (Norvegia).
- b. Romania: Ciungani (M. Apuseni de Sud).

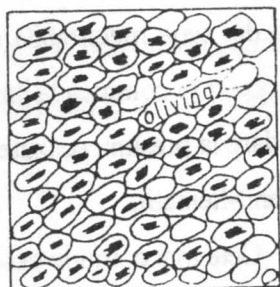
STRUCTURI SPECIFICE MINEREURILOR DE CROM



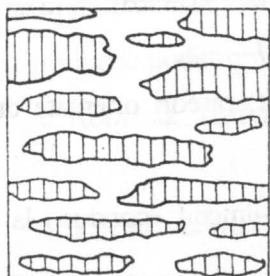
Structuri diseminate
(Cromit diseminat în
serpentină)



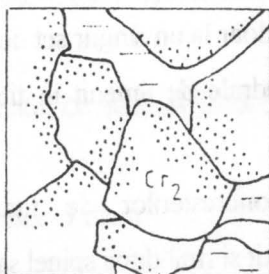
Structuri nodulare
(Noduli decromit în
serpentină)



Structura orbiculară
(Cromit în olivină-parțial
serpentinizată)



Structuri în slire

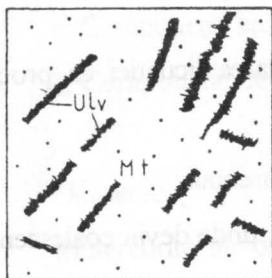


Structuri metasomatice la
cromit

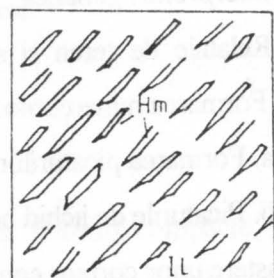
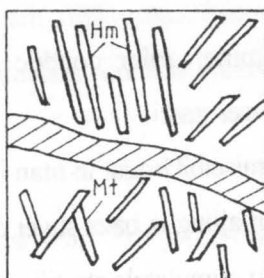


Structuri cataclastice

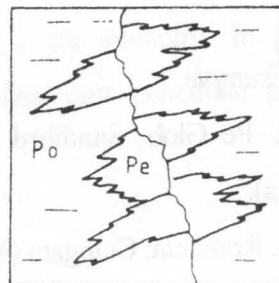
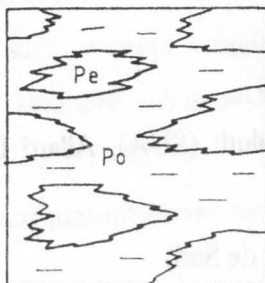
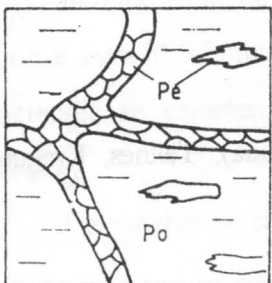
STRUCTURI SPECIFICE MINEREURILOR DE OXIZI DE TITAN SI FIER



Structuri de exsoluție: Ulvospinel (Ulv) în magnetit (Mt) și hematit (Hm) în ilmenit (Il).



STRUCTURI SPECIFICE MINEREURILOR DE SULFURI DE Fe-Ni-Cu



Structuri de exsoluție: diverse stadii de exsoluție a pentlanditului (Pe) în pirrotina (Po).

V.1.3. Minereuri de sulfuri de fier - nichel - cupru

Compozitia mineralogica

- a. Componenti majori: pirotina, pentlandit, pirita, magnetit, calcopirita.
- b. Componenti minori: cubanit, mackinawite, minerale din grupa platinci, pentlandit argentifer.
- c. Componenti secundari: millerit, violarit.
- d. Componenti de ganga: amfiboli, piroxeni, olivina, plagioclazi.

Ocurenta

Minereurile de sulfuri de fier-nichel-cupru apar ca diseminari sau ca lentile compacte in roci mafice sau ultramafice sau in komatiite.

Structura minereurilor

Minereurile acestui tip prezinta *structuri diseminate* pana la *structuri compacte*. In majoritatea minereurilor, componentul principal ce poate ajunge pana la 80% este pirotina. Aceasta, impreuna cu pentlanditul formeaza plaje anhedrale intre granulele de silicati. Calcopirita anhedrala este dispersa sau se gaseste la marginea plajelor de pirotina si pentlandit. De multe ori cele trei minerale principale formeaza agregate in care se dispun in ordine urmatoarele: pirotina la baza agregatului, apoi pentlanditul, iar la partea superioara calcopirita. Acest mod de aranjare este in concordanta cu formarea minereurilor de acest tip prin procese de licuatie. Picaturile imiscibile cad prin topitura de silicati, iar in momentul consolidarii, mineralele se dispun in ordinea densitatii. Magnetitul, uneori major, este euedral sau apare dispers, cu *structuri scheletice* si poate prezenta lamele de exsolutie de ilmenit.

Cele mai caracteristice sunt *structurile de exsolutie* ce apar intre pirotina (gazda) si pentlandit (exsolvit). Aceste exsolutii pot imbratasa urmatoarele aspecte:

- a. filonase de pentlandit brecifiat ce strabat pirotina;
- b. lamele franjurate de pentlandit in pirotina;
- c. "flacari" de pentlandit de-a lungul fisurilor ce strabat pirotina.

In cazul cand aceste minereuri ajung in zona de oxidatie, o serie de structuri de substitutie sunt frecvente. Astfel, se formeaza oxizi si hidroxizi de fier pe marginile granulelor si pe fisuri. Pe seama pirotinei hexagonale se formeaza pirotina monoclinica sau o pirita fina, poroasa, iar pentlanditul este substituit de violarit si millerit.

Interpretari genetice

Minerurile de sulfuri de nichel-cupru-fier se formeaza prin procese de imiscibilitate (licuatie) dintr-o topitura initial omogena, care odata cu scaderea temperaturii se separa in doua lichide: unul cu o compozitie silicatica si o topitura de sulfuri. Sulfurile incep sa cristalizeze intai ca "picaturi" in masa silicatilor si apoi, functie de frecventa si de dimensiunile lor incep sa cada la baza camerei magmatice. Prin coalescenta ele pot forma corpuri compacte de sulfuri. La inceput, aceste "picaturi" au reprezentat o solutie monosulfurica a carei compozitie reprezinta compozitia integrala a sulfurilor de nichel, de cupru si de fier. Odata cu scaderea temperaturii, aceasta solutie monosulfurica se descompune cu formare de calcopirita si pentlandit. Generarea pentlanditului are loc pe un interval larg de temperatura, intre 600-200°C. Daca difuzia cationilor din care se va forma pentlanditul are loc la temperaturi mari, atunci acesta este intalnit sub forma de filonase in pirogina. Daca difuzia are loc la temperaturi mai scazute, pentlanditul este exsolvit ca lemele sau "flacari".

La cuiburile de sulfuri diseminate in masa de silicati se poate observa o segregare a celor trei minerale principale, functie de greutatea lor specifica: la baza agregatului este pirogina, iar la partea superioara este calcopirita, pentru ca intre ele sa apara pentlanditul.

In timp, pirogina poate trece in pirita-marcasita, iar pentlanditul in bravoit.

Exemple

- a. Pe Glob: Sudbury (Canada), Norilsk (Rusia), Kambalda (Australia).
- b. Romania: Ciungani (M. Apuseni), Poiana Marului (M. Fagaras).

V.2. Mineruri asociate rocilor granitoide

Acestea se caracterizeaza printr-o larga variabilitate compozitionala (chimica si mineralogica) si prin diversitate structurala. Ambele evidentiaza gama si complexitatea fizico-chimica a proceselor care le-au generat. Cele mai importante tipuri de minereu sunt urmatoarele:

- a. Mineruri de staniu - wolfram;
- b. Mineruri de nichel - cobalt - bismut - argint ± uraniu;
- c. Mineruri de aur si aur - argint;
- d. Mineruri de cupru si cupru - molibden;
- e. Mineruri polimetalice;
- f. Mineruri de mercur.

V.2.1. Minereuri de staniu - wolfram

Compozitia mineralogica

- a. Componenti majori: cassiterit, stanina, wolframit, bismutina, arsenopirita, scheelit, pirotina, pirita, aur, argint, bismut.
- b. Componenti minori: calcopirita, blenda, tetraedrit, galena, pirargirit.
- c. Componenti de ganga: cuarț, turmalina, apatit, calcit, baritina, fluorina.

Ocurenta

Corpuri filoniene formate prin precipitare în spații deschise, asociate unor roci acide, cu o compoziție granitică.

Structura minereului

Corpurile de minereu filoniene au o compoziție ce variază de la simplă la complexă. Mineralele componente au în general *structuri anhedrale* la *subhedrale*. Componentii minerali sunt cu *structuri macrogranulare*. Unele granule de wolframit au *structuri zonare*. Când minereurile sunt bogate în cassiterit, acesta este zonat și prezintă macle. Sunt de asemenea frecvente și *structurile colomorfe* la minerurile de cassiterit.

La minereurile de staniu și wolfram, cu paragenza complexă, sunt descrise structuri de exsoluție între stanina și calcopirita.

La scara corpurilor de minereu sunt întâlnite *structuri rubanate*. Ca semnătură a unor evenimente postdepozitionale sunt *structuri brecioase*.

Interpretare genetică

Corpurile de minereu de staniu și wolfram arată prin compoziția lor prezența din abundență a substanțelor volatile în fluidele care le-au generat. Corpurile de minereu sunt formate prin precipitare în spații deschise, la temperaturi ridicate. Ele sunt însoțite de alterații hidrotermale de tipul gneisenizarilor și turmalinizarilor. Sporadic sunt reprezentate sericitizări, cloritizări și ankeritizări.

Exemple

- a. Pe Glob: Bolivia, Malaysia, Indonezia, Cornwall (Anglia), Erzgebirge (Germania), Krsne Hory (Cehia).

V.2.2. Minereuri de nichel - cobalt - bismut - argint ± uraniu

Compozitia mineralogica

- a. Componenti majori: nichelina, skutterudit, maucherit, safflorit, argint, rammelsbergit, pararammelsbergit, bismut, lollingit, arsenopirita, pechblenda.
- b. Componenti minori: blenda, galena, calcopirita, pirotina, proustit, pirargirit.
- c. Componenti secundari: eritrina, annabergit, scorodit, wad, limonit.
- d. Componenti de ganga: quart, carbonati, baritina, fluorina.

Ocurenta

Minereurile ce apartin acestui tip au o pozitie genetica speciala, ele fiind formate prin procese de solubilizare-remobilizare. Ele apar ca:

- a. umpluturi filoniene asociate cu roci granitice;
- b. umpluturi filoniene asociate cu roci bazice;
- c. lentile in zone de forfecare a unui protolit gabbroic.

Structura minereului

Cele cinci elemente mai sus mentionate nu formeaza asociatii minerale complete, ci numai partiale. Ele pot fi grupate, dupa compozitia mineralogica, in urmatoarele subtipuri:

- | | |
|------------------|-------------|
| a. Ni - As; | e. Fe - As; |
| b. Ni - Co - As; | f. Co - Bi; |
| c. Co - As; | g. Ag |
| d. Co - Fe - As; | |

Pentru toate aceste subtipuri au fost recunoscute o diversitate de structuri, dar unele din acestea sunt caracteristice tuturor asociatiilor.

Astfel, la nivel de mineral, se remarca pentru argintul nativ prezenta *structurilor dendritice*. Dendritele de argint sunt inglobate in arseniuri. Bismutul nativ apare sub aceleasi forme sau ca granule cu *macle* de diverse tipuri in safflorit cu morfologie *stelata*, obtinuta prin maclare. Pechblenda se caracterizeaza prin *structuri colomorfe*. *Structurile in rozeta* sunt agregate dendritice, inconjurate de arseniuri cu contur rotunjit. De exemplu, la subtipul Ni - As, argintul nativ este dendritic si este "infasurat" total sau partial de nichelina, care trece spre rammelsbergit, uneori cu macle polisintetice. In general aceste agregate cu structuri in rozeta se dispun ca *impregnatii* in masa mineralelor de ganga, formeaza *vinisoare* sau mase compacte.

Structurile de concreștere simplă, între nichelina - cobaltina și nichelina - safflorit, sau complexa, între rammelsbergit, cobaltina, gersdorfit, pararammelsbergit, nichelina, skutterudit, safflorit și ullmannit sunt de asemenea caracteristice. Sulfurile din asociația mineralogică caracteristică sunt ca *impregnatii* sau *vinisoare* în masa arseniurilor sau în mineralele de gangă.

Structuri postdepozitionale, precum *structuri brecioase de substituție* sau *anvelopare* sunt recunoscute mai ales la minereurile din sisturile cristaline.

Interpretări genetice

Pentru o interpretare corectă a genezei acestor minereuri trebuie să considerăm următoarele observații:

- complexitatea și incompatibilitatea de sursă a elementelor;
- structurile diverse și complexe ale minereurilor care arată schimbări fizico-chimice complexe ale fluidului generator;
- temperatura de formare dedusă din studii paragenetice și din studiul incluziunilor fluide (200° - 590°C, Petruk, 1971);
- complexitatea secvențelor paragenetice din minereuri;
- relația mineralizațiilor cu roci magmatice cu chimism diferit sau inexistența acestor relații.

Aceste considerații conduc la ideea unei surse multiple pentru acest tip de mineralizație: roca magmatică din care elementele au fost eliberate în cursul consolidării acesteia și din rocile inconjurătoare prin forfecări și transformări repetate. Fluidele au putut avea origine magmatică, metamorfică sau ambele. Sursa de căldură ar fi putut fi magma în curs de consolidare sau căldura rezultată în procesele de forfecare. Nu este exclusă posibilitatea ca parțial sursa și de elemente și de fluide să fie mantaua superioară.

Exemple

a. Pe Glob: Cobalt-Gowganda (Canada), Great Bear Lake (Canada), Erzgebirge (Germania), Joachimov (Cehia), Kornsberg (Germania).

b. România: Valea lui Danis-Valea lui Neguleț (M. Leaota), Valea Leucii, Avram Iancu (M. Bihor).

V.2.3. Minereuri de aur si aur si argint

Compozitia mineralogica

- a. Componenti majori: aur, silvanit, nagyagit, calaverit, krennerit, petzit, altait, sulfosaruri de argint, etc.
- b. Componenti minori: pirta, marcasita, arsenopirta, pirotina, galena, blenda, calcopirta, telurantimoniu, frobergit, arsen, telur, etc.
- c. Componenti secundari: oxizi de telur, limonit, etc.
- d. Componenti de ganga: cuarț, calcedonie, opal, Mn-calcit, rodocrozit, rodonit, baritina, fluorina, adular, etc.

Ocurenta

Ca umpluturi filoniene, impregnatii sau aur “invizibil” in structuri vulcanice, in filoane din terenuri metamorfice, in brezii cu origini diferite sau in roci sedimentare (tip Carlin).

Structura minereului

Minereurile de aur si de aur-argint se caracterizeaza printr-o mare diversitate de structuri, functie de forma in care apare aurul. El se poate prezenta ca: a. aur liber; b. aur sub forma de telururi; c. aur inglobat in sulfuri; d. aur in solutie solida in sulfuri; e. aur “coloidal” in roci sedimentare.

Aurul liber se caracterizeaza prin *structuri micrograuntoase* la *macrograuntoase*. El apare in forme variate: cristale, agregate de cristale, firisoare, paiete, lamele, muschiform, scheletic, zoomorf, etc. El este cristalizat in microgeode sau cimenteaza cristalele de cuarț, avand contururi *euhedrale* la *anhedrale*.

Telururile prezinta asociatii complexe cu relatii complexe intre diferitele specii minerale. Variatiile de chimism ale fluidului mineralizat se recunosc in structurile speciilor de telururi. Astfel, nagyagitul prezinta trei faze cu continuturi diferite in aur si telur sau *structuri criptozonate* intre nagyagit si As-nagyagit. Multe telururi au *structuri de maclare* (v. silvanitul). Frecvente sunt si *structurile de substitutie* care apar in urma reechilibrarilor minerale, cand unele telururi isi depasesc domeniul de stabilitate.

Atat aurul nativ cat si telururile formeaza *structuri de impregnatie* in cuarț sau in carbonati. Ele pot sa apara, de asemenea, sub forma de cuiburi sau vinisoare.

In multe minereuri aurul este inglobat de sulfuri. In asemenea situatii el formeaza graunti raspanditi neregulat in sulfuri, cu forme si contur de cele mai multe ori rotunjite. Sunt cunoscute si *concresterile mirmechitice* intre aur si sulfuri (blenda, galena).

Cand sunt prezente sulfosarurile de argint, acestea apar ca *impregnatii* in masa mineralelor de ganga sau formeaza *structuri de concreștere* intre ele sau cu sulfurile, in special galena.

La nivel macroscopic se remarca *structuri rubanate* fine, in care benzi de cuarț *microgranular* alterneaza cu benzi de calcedonie sau opal. De asemenea, *structurile gofrate* sunt comune. *Structurile colomorfe* ale diferitelor varietati ale SiO₂, purtatoare de aur, sunt frecvente si caracteristice.

In unele minereuri, prezenta aurului nu este vizibila sub microscop, dar el este sesizat prin continut. In aceste cazuri el este in solutie solida in pirita si/sau arsenopirita.

La mineralizatiile tip Carlin aurul este de dimensiuni foarte reduse, uneori nesesizabile nici cu microscopul electronic.

Interpretari genetice

Situatia geologica in care se gasesc mineralizatiile acestui tip, morfologia corpurilor de minereu, structurile minereului, tipurile de alteratii hidrotermale si relatia cu activitatea magmatica duc la concluzia formarii lor prin procese hidrotermale complexe.

In cazul filoanelor de aur-cuarț din zone intens deformate din sisturi cristaline, sursa aurului ar fi rocile inconjuratoare, de unde este levigat de fluide ce circula prin zone de forfecare.

Sursa fluidelor generatoare, atat in terenurile vulcanice cat si in cele metamorfice este apa meteorica, apa magmatica si chiar apa metamorfica, cu implicari diferite de la caz la caz. Transportul aurului se realizeaza sub forma de bisulfuri sau cloruri, functie de temperatura.

Exemple

- a. Pe Glob: Fiji, Filipine, Japonia, coasta vestica a S.U.A., Mexic, Peru, Chile, etc.
- b. Romania: 1. Muntii Gutai (aur nativ): Baita (filoanele Domnisoara, Nepomuc), Valea Borcutului, Sasar, Valea Rosie, Dealul Crucii, Suior; 2. Muntii Metaliferi: Brad - Sacaramb, Breaza - Almaj - Stanija, Botes, Rosia Montana, Baia de Aries.

V.2.4. Minereuri de mercur

Compozitia mineralogica

- a. Componenti majori: cinabru, metacinabru, pirita, marcasita.
- b. Componenti minori: mercur nativ, stibina, blenda.
- c. Componenti secundari si de ganga: cuarț, calcedonie, carbonati.

Ocurenta

Ca impregnatii in roci vulcanice alterate, roci sedimentare sau ofiolite.

Structura minereului

Cinabru și metacinabru apar ca impregnatii, vinisoare sau interstitial mineralelor de ganga. Ele formează cristale euhedrale sau anhedrale izolate sau plaje cu dimensiuni milimetrice. Pirita și/sau marcasita formează cristale în general euhedrale, rotunjite, înglobate de mineralele de mercur. Mercurul nativ, ca sferule cu dimensiuni mai mici de 1 mm, apare pe fisurile fine ale rocii.

Interpretari genetice

Mineralizatiile de mercur sunt rezultatul depunerii din solutii hidrotermale, la temperatura scazuta.

Exemple

- a. Pe Glob: Almanden (Spania), Idria (Slovenia), New Almanden (S.U.A.), Amiata (Italia).
- b. Romania: Valea Dosului (M. Apuseni), Santimbru (M. Harghita).

V.2.5. Minereuri de cupru și cupru - molibden

Compozitia mineralogica

- a. Componenti majori: pirita, calcopirita, molibdenit, bornit.
- b. Componenti minori: magnetit, enargit, cubanit, aur, molibdenit.
- c. Componenti secundari: hematit, covelina, calcozina, cupru nativ.
- d. Componenti de ganga: cuarț.

Ca impregnatii si vinisoare in intruziuni cu compozitie ce variaza de la diorite cuartifere la monzonite cuartifere, chiar granodiorite sau in rocile din imediata apropiere. Intruziunea gazda este alcatuita din roci cu structura porfirica si cu urmatoarele transformari hidrotermale cu dispunere concentrica: alteratie potasica, filica, argilica si propilitica.

Structura minereului

Structura dominanta este *structura de impregnatie*. Aceasta se identifica cu produsele depunerilor hidrotermale la nivelul porilor rocii sub forma unor granule sau cuiburi de minerale si/sau ca umplutura a fisurilor cu caracter pervaziv ce strabat intruziunea si care uneori trec si in rocile inconjuratoare. Fisurile sunt umplute cu minerale metalice si quart. Pirita, ca mineral dominant este *microgranulara*, cu contur *euheedral la anhedral*. Ea este de obicei asociata cu plaje de calcopirita anhedrala si/sau bornit. Aurul, cand apare, este microgranular si inglobat in sulfuri (in special calcopirita sau bornit).

Disponerea mineralelor utile functie de zonele de alteratie hidrotermala este urmatoarea (fig. 5):

A. Zona de alteratie potasica: In partea ei interna se gaseste pirita si calcopirita in raportul 1:2, cu ceva magnetit si urme de molibdenit, pentru ca in zona ei externa, raportul pirita/calcopirita devine 1:1 si fiecare mineral formeaza aproximativ 1% din volumul rocii. Molibdenitul este prezent ca *lamelle subparalele*. Uneori apare si bornitul ca granule *anhedrale* asociat cu pirita sau calcopirita. In calcopirita el apare ca *lamelle de exolutie sau oxidatie*. Calcopirita constituie de multe ori umplutura unor fisuri in pirita;

B. Zona de alteratie filica si cea argilica: Creste continutul in pirita si descreste cel in cupru. Raportul pirita/calcopirita devine 10:1, iar pirita poate ajunge la 10% din volumul rocii. In partile periferice ale zonei continutul in pirita poate ajunge la 25%.

C. Zona de alteratie propilica: Pirita sub forma de vinisoare si asociatii locale de pirita - calcopirita - galena - blenda - tetraedrit sunt caracteristice.

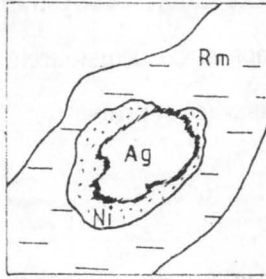
Cand este prezent la continuturi minore, enargitul are *structuri euhedrale* sau anvelopeaza sulfurile de cupru - fier. Cubanitul, foarte rar ca aparitie, este prezent ca *lamelle de exolutie* in calcopirita.

In mineralizatiile tip porphyry-molybdenum, molibdenitul apare ca lamelle hexagonale cu orientare subparalela.

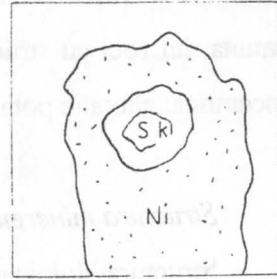
STRUCTURI ALE MINEREURILOR DE Ni-Co-Bi Ag ± U



Bismut (Bi) și saflorit (SF) în agregate stelare



Argint (Ag) înglobat în nichelină (Ni) și rammelbergit

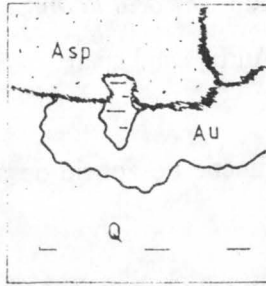


Skutterudit (SK) zonat în nichelină

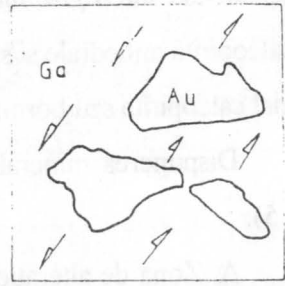
STRUCTURI ALE MINEREURILOR DE AUR SI AUR-ARGINT



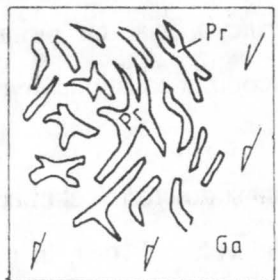
Grăunți de aur în cuarț



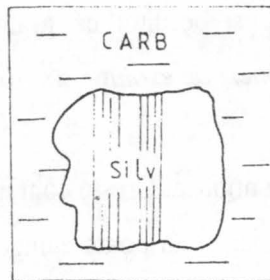
Aur bordând arsenopirită în cuarț



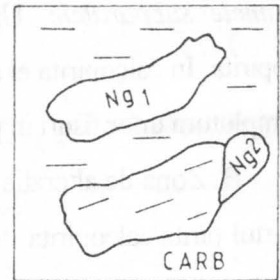
Aur angular în galenă



Proustită în galenă

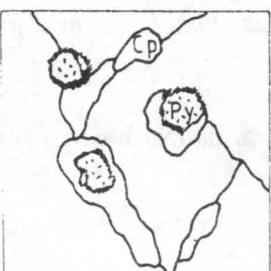


Silvanit cu macle lamelare

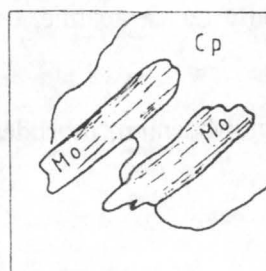


Nagyagit-1 și 2 în car. bonafi

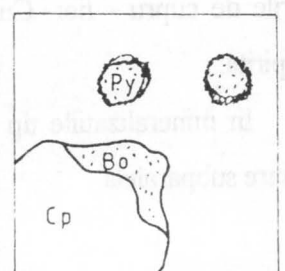
STRUCTURI ALE MINEREURILOR DE CUPRU ȘI CUPRU-MOLIBDEN



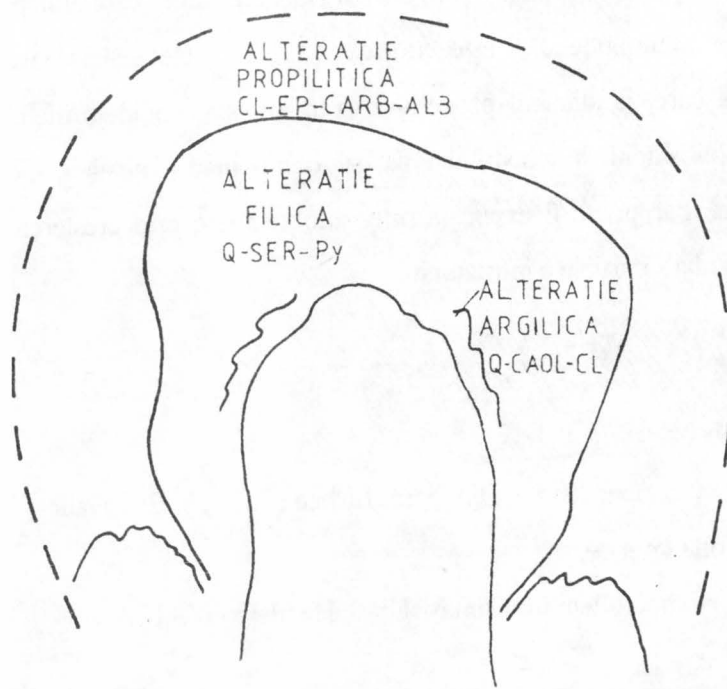
Impregnații de pirită și calcopirită



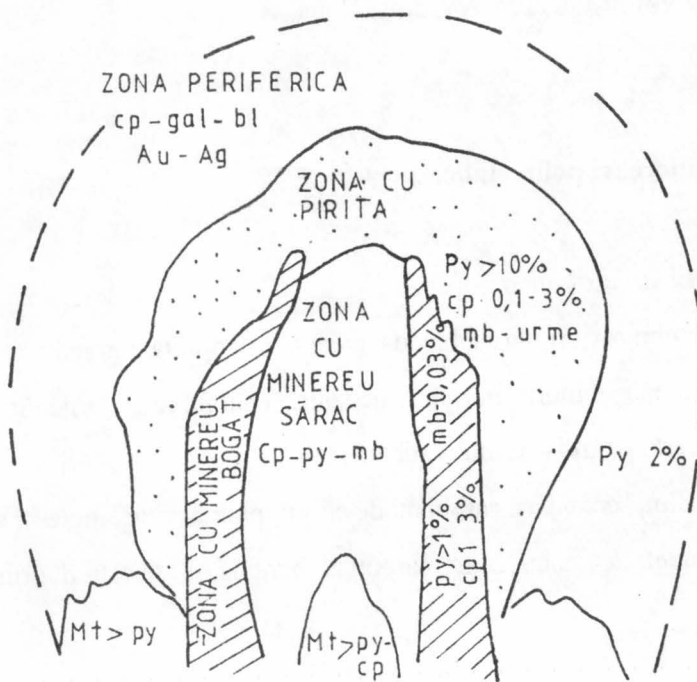
Molibdenit și calcopirită



Calcopirită mărginită de bornită



A.



B.

Fig 5 Diagrama idealizată cu dispunerea concentrică a zonelor de alterație hidrotermale (A) mineralizație (B) în zăcăminte porphyry copper (Lowell, Guilbert, 1970).

Interpretari genetice

Mineralizatiile tip porphyry-copper/molybdenum sunt rezultatul proceselor hidrotermale. Sursa cuprului si a molibdenului este controversata. Fluidele generatoare sunt initial de natura magmatica dupa care, la sfarsitul procesului, sunt implicate fluidele meteorice care deterioreaza alteratiile primului stadiu si redistribuie partial componentii metalici. Controversata ramane si originea fisuratiei, dar poate fi explicata prin autobrecifiere prin cresterea presiunii volatilelor in momentul consolidarii partiale a intruziunii.

Exemple

a. Pe Glob:

1. Porphyry-copper: Butte, Bingham, Bisbee (S.U.A.), El Savador, Chuquicamata, Braden (Chile), Papua-Noua Guinee;

2. Porphyry-molybdenum: Climax, Urad, Henderson (S.U.A.).

b. Romania:

1. Porphyry-copper: Moldova Noua, Lapusnic, Lileci, Tincova, Deva, Rosia Poieni, etc.

2. Porphyry-molybdenum: Moldova Noua.

V.2.6. Minereuri polimetalice

Compozitia mineralogica

a. Componenti majori: pirta, blenda, galena, calcopirta, tetraedrit.

b. Componenti minori: bornit, calcozina, enargit, aur, argentit, sulfosaruri de argint, pirtina, sulfosaruri de plumb - bismut - stibiu.

c. Componenti secundari: carbonati de cupru, plumb, zinc, anglesit, goethit, etc.

d. Componenti de ganga: quart, carbonati, baritina, filosilicati, fluorina.

Ocurenta

Ca filoane cu morfologii si terminatii diverse si corpuri metasomatice cu forme neregulate.

Structura minereului

In general minereurile polimetalice au o *structura macrograuntoasa*. Componentii majori tind sa arate *structuri euhedrale*. Contrastul de dimensiuni dintre mineralele componente conduce

la *structuri inechigranulare*. Galena, care este mineralul purtator de argint si bismut este prezenta in agregate policristaline *euhedrale*, cu clivaje bine evidentiate, cu pozitie interstitiala intre blenda si pirita.

Blenda, care are un continut variabil in fier (0,5 - 20 % moli de FeS) este in general euhedrala la anhedrala. Continutul in fier, de obicei neomogen repartizat, îi confera neomogenitate optica. In multe mineralizatii ale acestui tip, blenda prezinta *structuri in emulsie* cu calcopirita. Emulsiile de calcopirita, cu dimensiuni micronice, sunt rotunjite, vermiculare, lamelare si sunt dispuse orientat cristalografic. Ele sunt rezultatul unei cresteri epitaxiale a calcopiritei pe blenda sau a substitutiei blendei bogate in fier de catre un fluid bogat in cupru.

Tetraedritul si calcopirita apar ca agregate poligranulare anhedrale la marginea galenei sau a blendei. Cand este prezenta, pirita este euhedrala la anhedrala, apare in granule izolate sau cuiburi. Pirostina este in plaje anhedrale, larg dezvoltate, substituite pe clivaje de galena sau transformate intr-un agregat marunt de pirita - marcasita. Rar prezenta, arsenopirita este euhedrala.

Corpurile de minereu polimetalic se caracterizeaza printr-o varietate de structuri ce pun in evidenta conditiile de depunere. Sunt frecvente *structurile rubanate paralele sau concentrice, simetrice sau asimetrice. structurile in geoda, in pieptene, brecioase, in cocarde, compacte*. La mineralizatiile localizate in calcare sunt caracteristice *structurile metasomatice*.

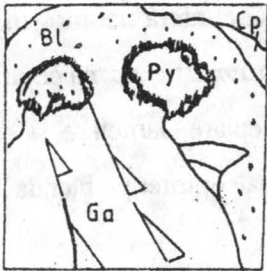
Oxidariile incipiente conduc la structuri de substitutie de-a lungul clivajelor sau pe marginea granulelor. Astfel, pe seama galenei apare ceruzitul sau anglezitul iar pe calcopirita se formeaza calcozina sau covelina.

Interpretari genetice

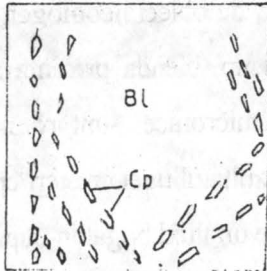
Tipurile de structuri la scara corpurilor de minereu arata doua tipuri de procese vinovate de punerea lor in loc: procese de precipitare - depunere din solutii hidrotermale si procese metasomatic - hidrotermale in roci competente. Structurile rubanate, in care benzi monometalice sau polimetalice alterneaza, continutul variabil in fier al blendei, substitutia blendei bogate in fier prin fluide bogate in cupru, diferitele structuri in cocarde sunt tot atatea dovezi ale variabilitatii si complexitatii chimismului fluidelor mineralizatoare si reactiilor cu rocile inconjuratoare ce poarta semnatura unor intense transformari hidrotermale.

Studiile de incluziuni fluide arata ca fluidele hidrotermale au avut si o importanta componenta meteoritica.

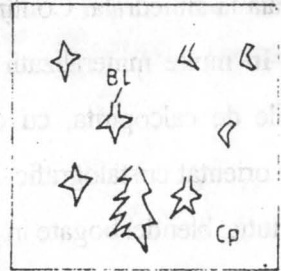
STRUCTURI ALE MINERURILOR POLIMETALICE



Asociația galenă, pirită, blendă, calcopirită



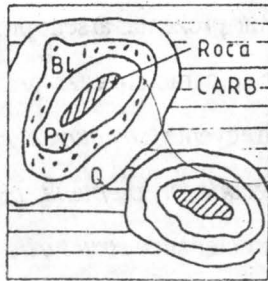
Emulsie orientată de calcopirită în blendă



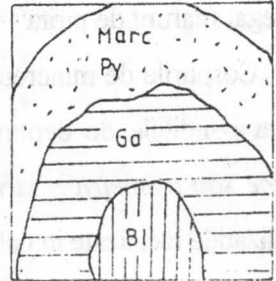
Blendă scheletică în calcopirită



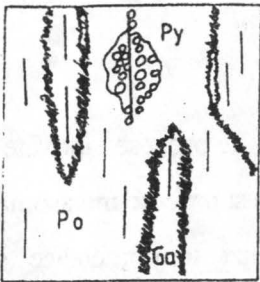
Relicte de blendă în galenă



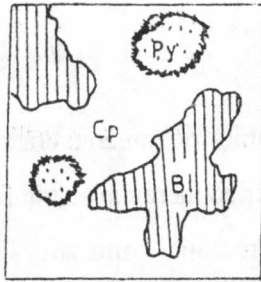
Structură în cocarde



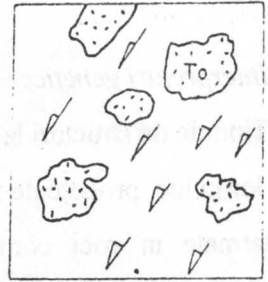
Structura concentrică



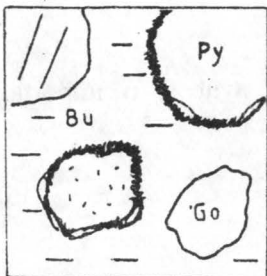
Galena și pirită înlocuind pirrotina



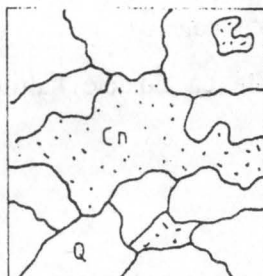
Pirită și calcopirită în calcopirită



Tetraedrit în galenă



Bourbonit, pirită și galenă



Impregnații de cinabru



Asociația pirită, marcasită, cinabru

Exemple

- a. Pe Glob: Bingham, Tintic, Leadville, Eureka (S.U.A.), Trepca (Serbia), Banska Stiavnica (Slovacia), Tsumeb (Africa de Sud), Freiberg (Germania), Pribnam (Cehia).
- b. Romania: Herja, Baia Sprie, Cavnic, Ilba, Varatec, Ruschita, Baia de Aries.

V.3. Minereuri asociate rocilor metamorfice

Multe zacaminte minerale sunt localizate in roci metamorfice. Intre acestea, unele sunt sindepozitionale ca varsta cu rocile gazda si au fost implicate in multe episoade metamorfice si, drept urmare structura si mineralogia lor au fost modificate. In unele situatii, parti din corpul de minereu au putut fi mobilizate si trasaturi epigenetice au fost impuse unui zacamant singenetic.

Minereurile din rocile metamorfice pot fi metamorfice in sensul ca mineralele care le compun s-au format in cursul procesului de metamorfism. In aceasta categorie includem zacamintele asociate skarnelor si unele zacaminte nemetalifere. Pe de alta parte, zacamintele pot fi metamorfozate, in sensul ca ele s-au format inaintea procesului de metamorfism si ca in cursul metamorfismului ele au suferit reechilibrari mineralogice si structurale.

Pentru simplificarea intelegerii originii minereurilor din rocile metamorfice, in continuare vor fi prezentate astfel:

- a. Minereuri asociate skarnelor;
- b. Minereuri asociate sisturilor cristaline.

V.3.1. Minereuri asociate skarnelor

Compozitia mineralogica

- a. Componenti majori (sunt foarte variabili de la un zacamant la altul): magnetit, molibdenit, calcopiria, blenda, galena, scheelit, bismutina, etc.
- b. Componenti minori: pirotina, hematit, aur, sulfosaruri de bismut si argint - bismut, etc..
- c. Componenti de ganga: minerale de skarn.

Ocurenta

Corpuri cu forma neregulata, cu structura macrocristalina, formate in metamorfismul de contact termic si metasomatic in aureola unor intruziuni calco-alcaline, din roci competente. Ele apar si in metamorfismul regional intre doua mase de roci cu contrast compozitional ca skarne de reactie.

Dupa compozitia mineralogica se disting urmatoarele tipuri de zacaminte asociate skarnelor:

- a. Zacaminte de fier;
- b. Zacaminte de aur;
- c. Zacaminte de wolfram;
- d. Zacaminte de cupru;
- e. Zacaminte de zinc (plumb);
- f. Zacaminte de molibden;
- g. Zacaminte de staniu.

Structura minereului

Intrucat compozitia mineralogica este foarte diferita de la un zacamant la altul, generalizarile trebuiesc privite cu precautie, pentru ca fiecare tip are caracteristicile lui. In cele ce urmeaza incercam sa evidentiem cateva din structurile caracteristice skarnelor purtatoare de Fe, Cu, Zn, Pb, Mo - Bi.

Fiind roci formate in conditii de temperatura ridicata, *structurile macrogranulare*, atat la scara mineralelor de ganga cat si a celor utile sunt frecvent intalnite. De asemenea, sunt intalnite *structurile poikiloblastice* ca o materializare a proceselor care le-au generat. La fel, *structurile de substitutie*, intre mineralele metalice si cele de ganga sau numai intre mineralele metalice, sunt caracteristice. Skarnele purtatoare de mineralizatii de sulfuri au *structuri de impregnatie*, vinisoare fine de sulfuri sau filme subtiri de sulfuri in jurul mineralelor de ganga. Frecvent ele arata *structuri de inlocuire*.

La minereurile de fier *structurile tigrate*, rezultate din alternanta unor benzi de magnetit cu benzi de granati sunt o expresie a procesului metasomatic. Uneori, magnetitul alterneaza in benzi cu ludwigitul acicular. Alteori magnetitul este inglobat de sulfuri.

Cand apare, calcopirita este bordata de bornit sau bornit si apoi calcozina. In general, pirita are *structuri euhedrale*.

Minereurile de zinc si plumb din skarne au *structuri de concreștere*, plajele de blenda si galena fiind anhedrale.

Minerurile de molibden se prezinta ca impregnatii sau vinisoare fine, iar cele de bismut au uneori *structuri radiare*, minerale de bismut fiind depuse intre mineralele lung prismatice de skarn (wolastonit).

Caracteristice pentru minerurile de fier sunt procese de *martitizare* si *muschetovizare*. Martitizarea are loc prin substitutia magnetitului printr-un hematit fin granular, agregatul rezultat pastrand forma izometrica a magnetitului. Muschetovitul este un agregat de magnetit pe seama hematitului si care pastreaza forma prismatica a acestuia.

Interpretarea genetica

Skarnele se formeaza la contactul dintre rocile magmatice cu roci carbonatice in general si local cu roci alumo-silicaticice prin difuzie din fluide supracritice.

Un model de evolutie a sistemului in care se formeaza skarnele este urmatorul (Evans, 1993):

A. Stadiul initial: In acest stadiu, sub influenta caldurii degajate de intruziune au loc procese de recristalizare, de marire a permeabilitatii rocilor. Intre zone cu litologii contrastante se formeaza skarne de reactie. In acest stadiu metamorfismul este izochimic si difuzia elementelor are loc dintr-un fluid stationar, derivat dintr-unul metamorfic.

B. Fluidele supracritice reactioneaza cu rocile competente si prin procese metasomatice genereaza skarnele. Este un metamorfism metasomatic cu caracter prograd. Acum se formeaza minerurile de oxizi de fier si incepe depunerea sulfurilor.

C. Stadiul final are caracter retrograd. Mineralele formate anterior sunt distruse de fluide de origine meteorica si in locul lor se formeaza calcit, epidot. Este stadiul principal de depunere a sulfurilor.

Exemple

a. Pe Glob: Eagle Mountain, Morgantown, Iron Springs (Fe); Morenci Ely, Bingham, Murdockville, Gaspé Copper (Cu); Darwin, Hanover, Magdalena, Cananea (Pb - Zn); Cantung, Hunan (W); Bishop (W, Mo, Cu).

b. Romania: Ocna de Fier (Fe); Moldova Noua, Sasca Montana (Cu); Dognecea (Pb - Zn); Baita Bihor (Cu, Pb - Zn, Mo - Bi, W - Mo - Bi, B).

Caracteristicile pentru acest tip de zacaminte este asocierea spatiala cu sistemele porphyry-copper sau cu formatiunile de greisen.

V.3.2. Zacaminte asociate sisturilor cristaline

Compozitia mineralogica

- a. Componenti majori: pirita, blenda, pirotina, blenda, calcopirita, galena, arsenopirita, tetraedrit.
- b. Componenti minori: cubanit, marcasita, ilmenit, aur, magnetit..
- c. Componenti de ganga: cuarț, calcit, sericit, clorit, etc.

Ocurenta

Corpuri lentiliforme insotite sau nu de diseminari, conforme sau nu cu elementele structurale ale rocilor gazda. Sunt localizate in sisturi cristaline sau in roci carbonatice, in zone de forfecare sau nu.

Structura minereului

Minereurile metamorfozate se caracterizeaza prin:

- a. Dezvoltarea structurilor metamorfice ;
- b. Schimbarea dimensiunii granulelor minerale, in general o crestere a acesteia;
- c. Dezvoltarea progresiva de noi minerale.

Pentru minereurile metamorfozate, *structurile de deformare* sunt cele mai frecvente. Toate cele trei tipuri de deformari: elastica, plastica si casanta sunt intalnite aici.

Deformarea elastica este importanta pentru ca ea creste energia libera a granulelor minerale facandu-le susceptibile la recristalizare si crestere.

Deformarea plastica se manifesta prin translatii, alunecari sau prin aparitia maclelor de deformare. De exemplu, la galena, planele de alunecare sunt paralele cu (100). In maclarea prin alunecare, o parte din structura cristalului se roteste si se ajunge la pozitia de macla. Rotatia are loc initial la scara moleculara si apoi sunt rotite pachete de strate reticulare. Rezultatul este aparitia maclelor polisintetice.

Deformarea casanta are loc prin fisurarea si apoi fracturarea de-a lungul liniilor de slaba rezistenta mecanica din granule, precum clivaje, macle, etc. Aceste deformari sunt insotite de cresterea in spatiul creat a aceluiasi mineral sau a altuia. Atunci cand sunt impreuna intr-un agregat policristalin, mineralele "dure" si mineralele "moi", primele se comporta casant si rezulta *structuri cataclastice* iar ultimele plastic. Aceste procese conduc fie la aparitia *structurilor de "cimentare"*, fie prin alungirea granulelor la *structuri sistoase*.

Structurile formate prin recristalizare sunt de asemenea caracteristice pentru minereurile metamorfozate. Starea de deformare este una de inalt potential energetic. Daca temperatura este suficient de mare, recristalizarea este amorzata, pana la reducerea nivelului energetic. Recristalizarea consta in inlocuirea granulelor cu strain ridicat de catre granule fara strain, urmata de cresterea granulelor. Noile granule in cresterea lor intalnesc limitele altor granule care reprezinta o configuratie instabila, ceea ce conduce la cresterea energiei libere a sistemului.

Structurile granoblastice sunt rezultatul cresterii dimensiunilor granulelor in procesul de metamorfism.

In general, cu cat intensitatea procesului de metamorfism este mai ridicata, cu atat creste si granulatia.

Elongatia granulelor minerale apare prin dizolvarea sub presiune ca urmare a efectului cunoscut sub numele de principiul lui Riecke.

Interpretare genetica

Identificarea si interpretarea structurilor minereurilor conduc la aprecierea evolutiei metamorfismului si a pozitiei corpurilor de minereu fata de maximul de intensitate a metamorfismului regional. Pot fi sesizate de asemenea si eventualele neformatiuni minerale aparute in cursul metamorfismului retrograd. General vorbind, minereurile metamorfozate pastreaza toate caracteristicile impuse de metamorfismul regional.

Exemple

a. Pe Glob: Ducktown, Ore Knob (S.U.A.), Sullivan (Canada), Mount Isa, Broken Hill (Australia), Skellefte (Suedia), Sulitjelma (Norvegia).

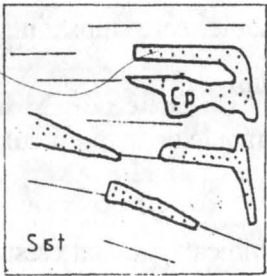
b. Romania: zona Borsa - Viseu, Fundul Moldovei, Lesu Ursului, Balan (Carpatii Orientali), Altan Tepe (Dobrogea), Muncelu Mic (Poiana Rusca).

V.4. Minereuri asociate rocilor sedimentare

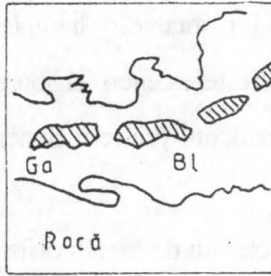
Minereurile asociate rocilor acestei grupe se deosebesc de cele prezentate pana acum prin sursa materialului geologic, structura si mod de formare. In cele ce urmeaza ne vom opri numai asupra catorva tipuri de minereuri asociate rocilor sedimentare.

V.4.1. Minereuri asociate zonelor de oxidare si cementare;

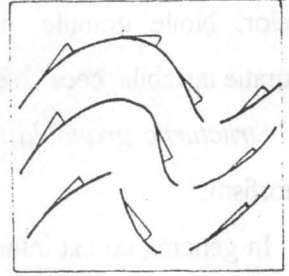
STRUCTURI DE DEFORMARE IN MINE - REURI METAMORFOZATE



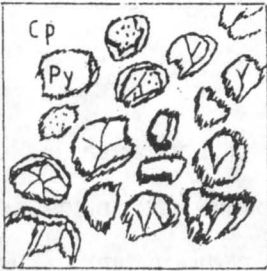
Injecții de calcopirită în fisurile rocii



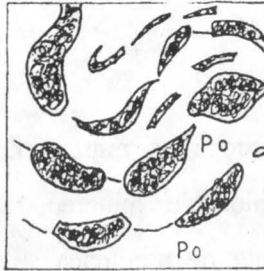
Blendă dezmembrată în galena



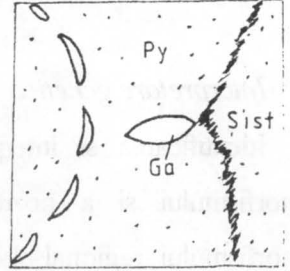
Deformare plastică la galena



Pirită casantă în calcopirită plastică

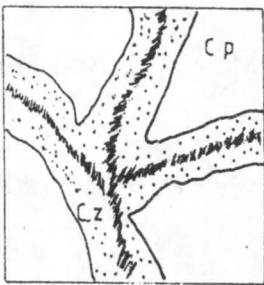


Incluziuni de silicați în piritină deformată

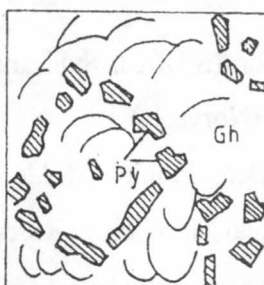


Incluziuni de galenă lenticulară în pirită

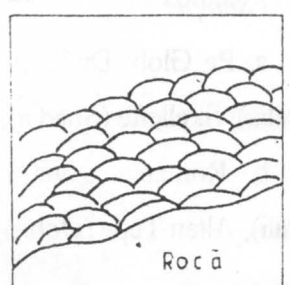
STRUCTURILE MINERURILOR ASOCIATE ROCILOR SEDIMENTARE



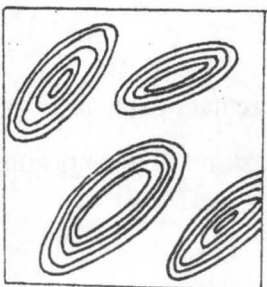
Calcopirită substituită de malachită



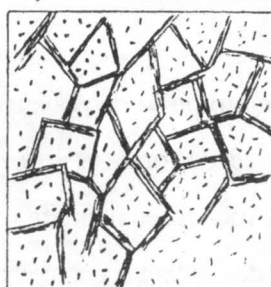
Pirită relictă în goethit



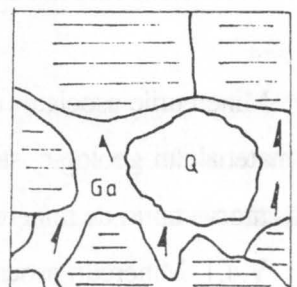
Structură colomorfă



Structură oolitică



Structură scheletică



Galena precipitată între granule de cuarț

V.4.2. Minereuri reziduale;

V.4.3. Minereuri sedimentare de fier;

V.4.4. Minereuri asociate rocilor carbonatice;

V.4.5. Minereuri stratiforme in sisturi si roci arenitice

V.4.1. Minereuri asociate zonelor de oxidare si cimentare

Compozitia mineralogica

a. Componenti majori: limonit, calcozina, covelina, ceruzit, anglezit, carbonati de cupru, smithsonit, argentit, psilomelan, piroluzit, etc.

Ocurenta

Zona de oxidare a zacamintelor primare se formeaza la partea superioara a acestora, deasupra nivelului hidrostatic. Zona de cimentare, sau de imbogatire supergena acopera mineralizatia primara si se gaseste sub nivelul hidrostatic.

Structura minereului

In zona de oxidare apare formatiunea de gossan sau “palaria de fier”. Aceasta se prezinta ca o masa alcatuita din minerale oxidate, cu *structura celulara*, in general limonit si minerale de ganga ce acopera corpurile primare de sulfuri.

Structurile care caracterizeaza zona de oxidare sunt: *structura poroasa, laminata, si colomorfa*. Sunt prezente deasemenea *structurile relict* si cele de *substitutie* in diferite stadii. Sunt cunoscute deasemenea *structuri radiale - fibroase* si *structuri celulare*.

In zona de cimentatie, ce se gaseste sub nivelul hidrostatic, sunt frecvente *structuri zonare, structuri poroase, structuri ritmice*. *Structurile de cimentare* pot fi recunoscute dupa urmatoarele trasaturi:

- a. mase minerale fara structuri celulare;
- b. minerale secundare cu aspect de funingine;
- c. cruste ritmice

Interpretare genetica

În zona de oxidare, apele superficiale patrundând în corpul de minereu oxidează o serie de minerale și produc solvenți care dizolvă alte minerale. Pirita, des întâlnită în minereurile de sulfuri, se descompune și produce hidroxizi de fier insolubili și acid sulfuric ce atacă alte sulfuri primare. Sulfurile de cupru, zinc și argint sunt solubile și prin dizolvarea lor partea superioară a corpului de sulfuri pierde o parte din componentii utili care migrează sub nivelul hidrostatic. Hidroxidul feric insolubil rămâne pe loc și determină apariția formațiunii de gossan.

Cea mai mare parte a componentilor dizolvați rămân în soluție până ating nivelul hidrostatic, sub care condițiile sunt reduscătoare. Acesta duce la precipitarea metalelor dizolvate și, prin diferite reacții, la înlocuirea mineralelor primare prin sulfuri secundare. Acesta este zona de cimentare.

Exemple

- a. Pe Glob: acolo unde corpuri de minereu primar sunt supuse acțiunii apelor superficiale
- b. România: Altan Tepe, zacamintele de Mn din Carpații Orientali.

V.4.2. Minereuri reziduale

Compoziția mineralogică este diferită funcție de tipul de minereu:

- a. Minereuri de aluminiu: hidroxizi de aluminiu (diaspor, boehmit, gibbsit), oxizi de fier (hematit, magnetit, goethit, lepidocrocit), oxizi de titan (rutil, anatas), silicați de aluminiu hidratați, sporadic cuarț și opal;
- b. Minereuri de fier: oxizi de fier, hidroxizi de fier, minerale argiloase;
- c. Mineruri de mangan: psilomelan, minerale argiloase;
- d. Minereuri de nichel: garnierit, alți filosilicați nicheliferi.

Ocurență

Sub formă de lentile, nișe, buzunare pe roca parentală.

Structura minereului

În general minereurile reziduale se prezintă ca mase poroase, cu aspect pamantos, friabile, cu diferite culori, funcție de metalul component și gradul de oxidare al acestuia. Sunt recunoscute

structuri colomorfe, structuri relict, etc. La minereurile de bauxita (Al) caracteristice sunt *structurile pisolite, poroase sau compacte*. *Structuri brecioase*, cu caracter postdepozitional, sunt deasemenea prezente.

Interpretari genetice

Adesea, materialul provenit din alterarea-dezagregarea rocilor se acumuleaza "in situ" in cantitati suficiente pentru a forma minereuri reziduale. Pentru generarea unor astfel de acumulari este necesara o intensa alterare chimica, intr-un climat tropical umed. In astfel de conditii materialul solubil este indepartat iar cel insolubil se acumuleaza pe suprafata sau in cavitatile rocii parentale.

Exemple

- a. Pe Glob: Jamaica, India, SUA (Al), Noua Caledonie (Ni), Guineea (Fe)
- b. Romania: Padurea Craiului, Hateg (Al), Vascau-Moneasa (Fe, Mn).

V.4.3 Minereuri sedimentare de fier

Compozitia mineralogica

- a. Facies oxidic: hematit, rar magnetit, cuarț microgranular, carbonati;
- b. Facies carbonatic: siderit, cuarț microgranular;
- c. Facies silicatic: greenalit, chamosit, glauconit, magnetit, siderit, cuarț, minnesotait, stilpnomelan;
- d. Facies sulfuric: pirita, carbonati, minerale argiloase.

Ocurenia

Concentratiunile de acest tip sunt divizate in zacaminte de varsta Precambriana si zacaminte Phanerozoice. Apar stratiforme si in unele cazuri sunt metamorfozate.

Structura minereului

In principal, minereurile constau din benzi alternate de minerale de fier si silice microcristalina. Sunt de asemenea prezente *structurile oolitice*. Mineralele componente sunt marunt granulare.

Interpretare genetica

Formatiunile sedimentare purtatoare de astfel de minereuri s-au format in ape putin adanci, pe shelf continental, in bazine evaporitice separate sau in bazine intracratonice. Ele reprezinta precipitate chimice sau biochimice. Originea fierului este controversata: prin eroziune continentala si transfer in bazine marine sau vulcanic-exhalativa.

Exemple

a. Pe Glob: Lacul Superior (SUA, Canada), Krivoi Rog, Kursk (Rusia, Ucraina), Australia, Brazilia, etc.

V.4.4. Minereuri asociate rocilor carbonatice

Compozitia mineralogica

- a. Componenti majori: galena, blenda, fluorina, baritina.
- b. Componenti minori: pirita, marcasita, calcopirita.
- c. Componenti de ganga: calcit, dolomit, cuarț.

Ocurenta

Minerurile din acest tip pot fi divizate in:

1. Tipul Mississippi Valley - "stratabound" format dupa litificarea rocii carbonatice in spatii deschise;
2. Tipul Alpin, cu aspect "stratiform", sinsedimentar in cea mai mare parte.

Structura minereului

In cea mai mare parte, minereurile prezinta *structuri macrogranulare*. Sunt prezente de asemenea si *structurile colomorfe*, ca si *structurile de umplere* a spatiilor intergranulare.

Interpretare genetica

Majoritatea opiniilor inclina spre a aprecia o origine epigenetica din solutii cu caracter hidrotermal. Sursa fluidelor poate fi dominant conata dar si de origine adanca. Metalele au fost transportate sub forma de compusi clorurati si precipitarea a avut loc atunci cand fluidul purtator de metale s-a amestecat cu unul purtator de H₂S intr-un mediu carbonatic.

Pentru tipul Alpin sursa originala a mineralelor metalice este considerata ca fiind contemporana cu roca gazda si legata de un vulcanism submarin. Trasaturile epigenetice ca si procesele de concentrare a acestor minereuri se datoreaza proceselor de remobilizare.

Exemple

a. Pe Glob: Mississippi Valley, Pine Point (SUA), Anglia (tipul Mississippi Valley); Alpii de Est, Irlanda (tipul Alpin).

V.4.5. Minereuri stratiforme in sisturi si roci arenitice

Compozitia mineralogica

a. Componenti majori: pirita, calcopirita, galena, blenda. In unele minereuri sunt frecvent intalnite pirotina, bornitul, calcozina, cuprul nativ, sulfoarseniuri de cobalt

b. Componenti minori: arsenopirita, tetraedrit, bismut nativ, bismutina, argentit, nichelina, molibdenit, etc.

c. Componenti de ganga: carbonati, baritina, fluorina.

Ocurenta

Diseminari sau minereuri masive, stratiforme in secvente sedimentare lutitice sistoase sau arenacee.

Structura minereului

Minereurile din acest tip sunt *fin granulare*. Uneori pirita prezinta *structuri framboidale*. Sunt de asemenea comune *structurile colomorfe*. Mineralele componente formeaza de obicei agregate caracterizate de *structuri de concreștere*: bornit, cu calcozina sau cu alte sulfuri.

Interpretare genetica

Originea zacamintelor de acest tip este controversata: ele sunt privite ca sedimente bogate in sulfuri, depuse in conditii euxinice sau, pe de alta parte, considerate ca fiind introduse de solutii mineralizatoare dupa formarea sedimentelor.

Unele zacaminte sunt metamorfozate.

Exemple

a. Pe Glob: Kupferschiefer, Copperbelt, White Pine (SUA), Canada, Australia.

**Asociatii minerale comune pentru
tipurile de minereu prezentate**

Minereuri de crom asociate rocilor bazice si ultrabazice

Compozitie mineralogica:

- a. Componenti majori: cromit.
- b. Componenti minori: pentlandit, pirotina, calcopirita, gersdorfit, bornit, valeriit.
- c. Componenti urma: feroplatinum, laurit, stibiopaladinit, sperrylit, braggit.

Ocurente:

- a. In intruziuni bazice stratificate (medii stabile tectonic).
- b. In peridotite sau peridotite serpentinizate, cunoscute sub numele de cromite "podiforme" sau

"Alpino-tip" (in centuri orogenice).

Exemple:

- a. Bushveld (Africa de Sud), Great Dyke (Zimbabwe), Montana (S.U.A.).
- b. Urali (Rusia), Turcia, Filipine, Cuba, Albania.

Minereuri de sulfuri de fier-nichel-cupru asociate cu roci mafice si ultramafice

Compozitie mineralogica:

- a. Componenti majori: pirotina, pentlandit, pirita, magnetit, calcopirita.
- b. Componenti minori: cubanit, platinoide, cromit, ilmenit.
- c. Componenti secundari: millerit, violarit .

Ocurenta: Minereuri compacte sau diseminate in stransa asociatie cu roci intrusiv ultramafice sau complexe intrusiv.

Exemple: Bushveld (Africa de Sud), Sudbury (Canada), Kambalda (Australia), Norilsk (Rusia).

Minereuri de fier si titan asociate rocilor magmatice

Compozitie mineralogica:

a. Componenti majori: magnetit, ilmenit, rutil, hematit.

b. Componenti minori: pirită, calcopirită, pirotina.

c. Componenti secundari: hematit, rutil, maghemit.

Ocurenta: Ca strate sau lentile in anortozite, gabbrouri, norite, in complexe stratificate si corpuri plutonice.

Exemple: Allard Lake (Canada), Sandford Lake (S.U.A.), Duluth (S.U.A.), Bushveld (Africa de Sud), Egersund (Norvegia).

Minereuri asociate skarnelor

Pot fi distinse urmatoarele sapte tipuri de minereuri asociate skarnelor: Fe, Au, W, Cu, Zn, Mo, Sn.

Compozitie mineralogica: Este complexa si a fost prezentata in detaliu la analiza minereurilor din skarne.

Ocurenta: Se formeaza in metamorfismul metasomatic de contact, in imediata apropiere a plutonilor. Se formeaza de asemenea in metamorfismul regional, de-a lungul faliilor si zonelor majore de forfecare.

Exemple: Morenci (Cu), Eagle Mountain (Fe), Darwin (Pb, Zn, Ag), Bishop (W, Mo, Cu), Hanover si Magdalena (Pb, Zn), King Island (W), Kinta Valey (Sn, W), Ocna de Fier (Fe), Sasca Montana si Moldova Noua (Cu), Dognecea (Pb, Zn), Baita Bihor (Cu, Mo, W, Bi, Pb, Zn, B).

Minereuri de staniu-wolfram-bismut

Compozitie mineralogica:

a. Componenti majori: cassiterit, stanina, scheelit, arsenopirita, wolframit, bismutina, pirita, pirotina, aur, argint, bismut.

b. Componenti minori: calcopirita, blenda, tetraedrit, pirargirit, galena, molibdenit, ilmenit, magnetit.

Ocurenta: Asociate in general cu granite. Au origine hidrotermala. In unele zacaminte, staniul este absent, in altele molibdenul este bine reprezentat.

Exemple: Cornwall (Anglia), Erzgebirge (Germania), Krusne Hory (Cehia), Thailanda, Malaysia, Bolivia, etc.

Minereuri de argint-cobalt-nichel-bismut-uraniu

Compozitie mineralogica:

a. Componenti majori: argint nativ, bismut nativ, nichelina, maucherit, skutterudit, rammelsbergit, safflorit, lollingit, cobaltina, gersdorfit, ullmanit, arsenopirita, pirita, calcopirita, galena, pirotina, blenda, pechblenda.

b. Componenti minori: tetraedrit, sulfuri si sulfosaruri de Fe, Co, Ni, cu As, Sb, S, proustit, pirargirit.

c. Componenti secundari: annabergit, eritina, scorodit, etc.

Ocurenta: In asociatie cu roci bazice, cu granitoide si cu zone de forfecare in sisturi cristaline.

Exemple: Cobalt (Canada), Joakimov (Cehia), Kongsberg (Norvegia).

Minereuri de cupru tip "porphyry"

Compozitie mineralogica:

a. Componenti majori: pirita, calcopirita, molibdenit, bornit.

b. Componenti minori: magnetit, hematit, ilmenit, cubanit, aur.

c. Componenti secundari: covelina, calcozina, cupru nativ.

Ocurenta: Ca vinisoare sau impregnatii in roci quart-monzonitice, quart-diorite, granodiorite.

Ansamblul de alteratii hidrotermale caracteristice: alteratia potasica, filica, argilica, propilitica.

Exemple: Butte (S.U.A.), Morenci (S.U.A.), San Manuel-Kalamazoo (S.U.A.), Santa Rita (S.U.A.), El Salvador, El Teniente, Braden (Chile), Rosia Poieni, Moldova Noua, Deva (Romania).

Foarte asemanator, cu usoare diferente in compozitie este tipul porphyry-molybdenum.

Minereuri de aur si argint

Compozitie mineralogica:

a. Componenti majori: aur nativ, telururi de aur si argint, de plumb, cupru, sulfosaruri de argint.

b. Componenti minori: pirita, marcasita, arsenopirita, pirotina, galena, blenda, calcopirita, tetraedrit-tenantit, stibina.

Ocurenta: In terenuri vulcanice.

Exemple: Acupan (Filipine), Cripple Creek (S.U.A.), Lepanta (Filipine), Guanajuato (Mexic), Patrulaterul aurifer (M. Apuseni), Suior, Baia Sprie, Dealul Crucii, Sasar (M. Gutai).

Subdiviziuni ale acestui tip:

1. Minereuri de aur asociate sisturilor cristaline, centurilor de sisturi verzi si zonelor de forfecare: Bendigo-Ballarat (Australia), Kalgoorlie (Australia), Kolar (India), Morro-Velho (Brazilia), Homestake (S.U.A.), Yellowknife (Canada).

2. Minereuri de aur-uraniu. Aici aurul nativ se asociaza cu uraninit sau davidit, ca diseminari, lentile, etc., in secvente arenacee din conglomerate. Aceste depozite sunt considerate a fi de tip placer, paleo-placer, placer modificat sau cu origine hidrotermala.

Exemple: Witwatersrand (Africa de Sud), Blind River (Canada).

Minereuri de plumb-zinc-cupru si cupru-zinc-plumb-argint (polimetalice)

Compozitie mineralogica:

a. Componenti majori: pirita, blenda, galena, calcopirita, tetraedrit, pirotina, marcasita .

b. Componenti minori: bornit, calcozina, enargit, sulfosaruri de Pb, Ag, Sb, Bi.

c. Componenti secundari: covelina, smithsonit, ceruzit, anglezit.

Ocurenta: Ca filoane sau corpuri metasomatice.

Exemple: Banska-Stiavnica (Slovenia), Freiberg (Germania), Tsumeb (Africa de Sud), Trepca (Yugoslavia), Herja, Cavnic, Baiut, Baia de Aries, Coranda (Romania).

Minereuri de mercur

Compozitie mineralogica:

- a. Componenti majori: cinabru, mercur, pirita, marcasita.
- b. Componenti minori: stibina, blenda, pirotina.

Ocurenta: Minereuri de tip statabound in bazine sedimentare sau epigenetice localizate de-a lungul unor falii majore.

Exemple: Almanden (Spania), New Almanden, New Idria (S.U.A.), Amiata (Italia), Idria (Yugoslavia).

Minereuri de cupru+zinc-fier-argint, zinc+cupru-fier, zinc-plumb+cupru-fier

Compozitie mineralogica:

- a. Componenti majori: pirita, blenda, calcopirita, pirita, pirotina.
- b. Componenti minori: bornit, tetraedrit, electrum, marcasita, cubanit, sulfosaruri de Cu-Pb-Bi-Ag, cassiterit, arsenopirita.
- c. Componenti secundari: hematit, argentit.

Ocurenta: Corpuri masive sau stratificate, in medii vulcano-sedimentare: complexe ofiolitice (tipul Cipru), tufuri felsice, lave, intruziuni submarine (tipul Kuroko), sisturi cu componenta vulcanica minora (tipul Besshi).

Exemple:

1. Tipul Cipru (bogat in fier): Troodos (Cipru), Newfoundland (Canada), Ergani-Maden (Turcia).
2. Tipul Kuroko (bogat in cupru-zinc): Kuroko (Japonia), Vanaa Levu (Filipine).
3. Tipul Besshi: Besshi, Shikoku (Japonia).

Minereuri din formatiunea de fier rubanata

Compozitie mineralogica:

- a. Componenti majori: hematit, magnetit, carbonati de fier, silicati de fier.
- b. Componenti minori: pirita.

Ocurenta: In secvente stratificate, alternante de chert-minerale de fier, de varsta dominant Precambriana. Pozitia initiala ar fi putut fi marina, lacustra sau estuariana.

Exemple: Lacul Superior (S.U.A.-Canada), Labrador (Canada), Pilbara (Australia), Krivoi Rog (Ucraina), Cerro Bolivar (Venezuela).

Minereuri de fier oolitice

Compozitie mineralogica:

- a. Componenti majori: limonit, goethit, chamosit, siderit.
- b. Componenti minori: magnetit, pirita, collophan.

Ocurenta: In secvente marine de apa putin adanca.

Exemple: Alsacia-Lorena (Franta-Germania), Clinton (S.U.A.).

Minereuri de mangan (oolitice si nu numai)

Compozitie mineralogica:

- a. Componenti majori: piroluzit, psilomelan, manganit, manganocalcit.
- b. Componenti minori: rodocrozit.

Ocurenta: Lentile subtiri asociate rocilor sedimentare de apa putin adanca pe platforma stabila.

Exemple: Chiatura, Nikopol (Ucraina), Also (Turcia-Bulgaria).

Mineruri de plumb si zinc sedimentare

Compozitie mineralogica:

- a. Componenti majori: galena, blenda, +/-baritina, fluorina.
- b. Componenti minori: pirită, marcasita, calcopirita, bornit, covelina, hematit.
- c. Componenti secundari: limonit, smithsonit, ceruzit, anglezit, malachit.

Ocurenta: In gresii, sisturi argiloase, conglomerate, dar predominat in roci carbonatice, in special dolomite, calcare magneziene. Minerurile pot fi stratiforme, ca lentile, filonase, matrice pentru brecii, etc. Sunt subdivizate in "tipul Mississippi Valley" si "tipul Alpin", functie de mediul de depunere.

Exemple: Tri State (S.U.A.), Anglia, Polonia, Canada, Laisvall (Norvegia), Les Malives (Franta).

Mineruri de uraniu-vanadiu-cupru

Apar de cele mai multe in forme mai simple: uraniu, uraniu-cupru, uraniu-vanadiu-cupru.

Compozitie mineralogica:

- a. Componenti majori: pechblenda, minerale de uraniu-vanadiu, calcozina, bornit, calcopirita, covelina, cupru.
- b. Componenti minori: pirită, galena, blenda, molibdenit, aur, argint.
- c. Componenti secundari: oxizi, carbonati, oxizi hidratati si sulfati.

Ocurenta: Mase neregulate pe fracturi, zone de forfecare, brecii, pori, unde substituie materia organica. Zacamintele sunt de asemenea asociate unor discontinuitati majore sau in relatie cu alteratia continentală.

Exemple: Platoul Colorado (S.U.A.), Aligator River, Jabiluka (Australia), Athabasca (Canada).

Minereuri asociate sisturilor cristaline

Compozitie mineralogica:

- a. Componenti majori: pirita, pirotina, blenda, calcopirita, galena, arsenopirita, tetraedrit.
- b. Componenti minori: cubanit, marcasita, magnetit, ilmenit, aur.

Ocurenta: Dupa mineralul/mineralele dominante si dupa caracterul petrografic si structural al rocii gazda pot fi deosebite mai multe subtipuri. Cel mai frecvent sunt localizate in roci cu caracter sistos, formate in metamorfismul prograd sau retrograd, in roci carbonatice cristaline si pe zone de forfecare.

Exemple: Mt. Isa, Broken Hill (Australia), Skellefte (Suedia), Sulitjelma, Roros (Norvegia), Sullivan (Canada), V. Blaznei, Lesu Ursului, Fundu Moldovei, Balan, Muncelul Mic (Romania).

Asociatii minerale in roci lunare si meteoriti

Compozitie mineralogica:

- a. Componenti majori: troilit, kamacit, taenit, cupru, schreibersit, ilmenit, cromit, cubanit.
- b. Componenti minori: grafit, cohenit, machinawit, pentlandit, magnetit, alabandina, blenda, rutil, armacolit.
- c. Componenti secundari: goethit, lepidocrocit, maghemit, pentlandit, pirita.

Ocurenta: Minerale opace sunt in general prezente dominant in meteoritii ferosi dar si in chondrite si achondrite, unde minerale opace sunt interstitiale olivinei, ortopiroxenuului si plagioclazului.

Bibliografie

- Barton P.B., Betke, P.M. (1987) - Chalcopyrite disease in sphalerite: pathology and epidemiology. *Am Mineral.*, 72, p. 451-467
- Barton, B.P. Jr. (1970) - Sulfide Petrology. In: "Sulfide Mineralogy". *Min. Soc. Amer. Spec. Paps.*, 3, p. 187-198
- Bastin, E.S. (1950) - Interpretation of ore textures. *Geol. Soc. Am. Mem.*, 45
- Brooker, D.D., Craig, J.R., Rimstidt, J.D. (1987) - Ore metamorphism and pyrite porphyroblast development at the Cherokee Min., Ducktown, Tennessee. *Econ. Geol.*, 82, p. 72-86
- Buddington, A.F., Lindsley, D.H. (1964) - Iron-titanium oxide minerals and synthetic equivalents. *J. Petrol.*, 5, p. 310-357
- Craig, J.R. (1983) - Metamorphic features in Appalachian massive sulphides. *Mineral. Mag.*, 47, p. 515-525
- Craig, J.R. (1990) - Textures of the ore minerals. In: "Advanced microscopic studies of ore minerals", Jambor, J.L., Vaughan, D.J. eds., Canada. *Mineralogical Assoc. of Canada*, 17, p. 213-256
- Craig, J.R., Vaughan, D.J. (1981) - Ore microscopy and ore petrography. *Wiley Interscience*, New York
- Edwards, A.B. (1954) - Textures of the ore minerals. *Austral. Inst. Mining Metall.*, Melbourne, Australia
- Eldridge, C.S., Bourcier, W.L., Ohmoto, H., Barnes, H.L. (1988) - Hydrothermal inoculation and incubation of the chalcopyrite disease in sphalerite. *Econ. Geol.*, 83, p. 978-989
- Evans, M.A. (1993) - Ore geology and industrial minerals - an introduction. *Blackwell Scientific Publications*
- Francis, C.A., Fleet, M.E., Misra, K.C., Craig, J.R. (1976) - Orientation of exsolved pentlandite in natural and synthetic nickeliferous pyrrhotite. *Am. Mineral.*, 61, p. 913-920
- Kelly, D.P., Vaughan, D.J. (1983) - Pyrrhotite-pentlandite ore textures: a mechanistic approach. *Mineral. Mag.*, 47, p. 453-463

Irvine, T.N. (1977) - Origin of chromitite layers in the Muskox and other stratiform intrusions; a new interpretation. *Geology*, 5, p. 273-277

Lawell, J.D., Guilbert, J.M. (1970) - Lateral and vertical alteration mineralization zoning in porphyry ore deposits. *Econ. Geol.*, 65, p. 373-408

Maclean, W.H. (1969) - Liquidus phase relations in the FeS-FeO-Fe₃O₄-SiO₂ system and their application in geology. *Econ Geol.*, 64, p. 865-884

Marignac, C. (1989) - Sphalerite stars in chalcopyrite; are they always the result of an unmixing process? *Min. Deposita*, 24, p. 176-182

Mc Donald, J.A. (1967) - Metamorphism and its effects on sulphide assemblages. *Min. Deposita*, 1, p. 200-220

Mookherje, A. (1978) - Ores and metamorphism: Temporal and genetic relationships. In "Handbook of stratabound and stratiform ore deposits", K.H. Wolf ed., Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York, 4, p. 203-260

Oelsner, O. (1965) - Atlas des principales parageneses minerales vue au microscope. Gauthier-Villars, Paris

Petruk, W. (1971) - Mineralogical characteristics of the deposits and textures of the ore minerals. In: "The Silver-Arsenide Deposits of the Cobalt-Gowganda Region, Ontario". *Can.Mineralogist*, 11, p. 108-139

Picot, P., Johan, Z. (1982) - Atlas of ore minerals. B.R.G.M., Elsevier

Popescu, Gh. (1971) - Determinarea microscopica a mineralelor opace. Ed. Tehnica, Bucuresti

Rajamani, V., Prewitt, C.T. (1975) - Thermal expansion of the pentlandite structure. *Am. Mineral.*, 60, p. 39-48

Ramdohr, P. (1969) - The ore minerals and their intergrowths. Pergamon Press, New York

Sandu, D., Jude, R., Stefan, H. (1983) - Analiza microscopica a minereurilor. Ed. Univ. Bucuresti

Stanton, R.L. (1972) - Ore petrology. Mc Graw-Hill, New York

Stanton, R.L., Willey, H.G. (1970) - Natural work hardening in galena and its experimental reduction. *Econ.Geol.*, 65, p. 182-194

Stanton, R.L., Willey, H.G. (1971) - Recrystallization softening and hardening in sphalerite and galena. *Econ.Geol.*, 66, p. 1232-1238

Templeman-Kluit, D.J. (1970) - The relationship between sulphide grain size and metamorphic grade of host rocks in some stratabound pyritic ores. Can. J. Earth. Sci., 7, p. 1339-1345

Uytenbogaardt, W., Burke, E. (1973) - Tables for microscopic identification of ore minerals. Elsevier Publishing

Vokes, F.M. (1969) - A review of the metamorphism of sulfide deposits. Earth.Sci.Rev., 5, p. 99-143

Vaughan, D.J. (1990) - Microhardness properties in characterization. In: "Advanced microscopic studies of ore minerals"

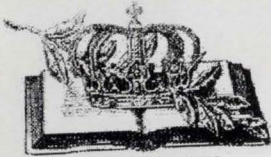
VERIFICAT
2017

Tiparul s-a executat sub cda 332/1997 la
Tipografia Editurii Universităţii din Bucureşti



VERIFICAT
2007

BIBLIOTECA CENTRALA
UNIVERSITARA „CAROL I”



DE GEHENIT ET ANIMA

**DATA
RESTITUIRII**

27. FEB. 2002		
	19 IUN 2002	
23. NOV. 2004	—	
	23 FEB. 2012	
	—	
2 NOV. 2004		
17. MAR. 2005		
21. MAR. 2005		
	—	
	12. MAI. 2005	

ISBN - 973 - 575 - 145 - 3

Lei 6500