

**Rezumatul proiectului de cercetări științifice aplicative din cadrul programului bilateral AȘM-CNCI (Italia), 2018-2019 „Optimizarea termodinamică a proceselor inovatoare elaborate pentru valorificarea deșeurilor industriale care conțin metale prețioase”.**

**Cifrul Proiectului: 18.80013.5007.01/it.**

**Conducătorul proiectului Dr. hab. Igor POVAR.**

În legătură cu complexitatea și volumul mare de experimente, o sarcină actuală constituie aplicarea metodelor termodinamice de cercetare pentru descrierea unor experimente complexe și pronosticarea acestora în acele cazuri, când experimentul este imposibil sau dificil. Echipa din Moldova a utilizat o nouă abordare termodinamică de cercetare ale echilibrelor chimice complexe, ținând cont de reacțiile de complexare în sisteme eterogene multicomponente în condiții reale. Esența acesteia constă în analiza termodinamică ale condițiilor de realizare ale diferitor procese în baza caracteristicilor termodinamice globale. Pentru realizarea optimă al procesului și reglarea compoziției sistemului a fost necesar ca în domeniul concentrațiilor optime acesta să posede o sensibilitate minimă și acțiune de tamponare înaltă în raport cu substanța în vigoare. Au fost cercetate caracteristicile termodinamice ale proceselor tehnologice și proprietățile termodinamice ale substanțelor implicate. Relațiile de reciprocitate ale acestora cu diferite proprietăți fizico-chimice a constituit baza sistematizării materialului experimental, căutării fundamentate ale condițiilor optime ale proceselor tehnologice sau reprimarea unor procese nedorite.

A fost realizat un studiu termodinamic pentru determinarea speciilor de cupru (I) și cupru (II) în procesul de extracție și recuperare a aurului în sistemele „Cupru - Tiosulfat – Amoniac”. Această metodă a atras interesul multor cercetători, deoarece tiosulfatul este netoxic, ieftin, are o bună selectivitate față de aur, cu interferențe limitate de cationi străini și recuperări de aur ridicate dintr-o gamă largă de minereuri de aur, cum ar fi minereurile de cupru, minereurile carbonice și minereurile sulfidice. Mecanismul reducerii Cu(II) în Cu(I) este foarte complex și implică formarea compușilor micști în sistemele Cu(II)-NH<sub>3</sub>-S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> și Cu(I)- NH<sub>3</sub>-S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>, care ulterior se adsorb pe suprafața aurului cu oxidarea concomitentă a aurului și tiosulfatului. Chintesența abordării dezvoltate constă în analiza termodinamică a reacțiilor concurente în sistemul omogen Cu(I) - NH<sub>3</sub> - S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> - H<sub>2</sub>O și eterogen Cu<sub>2</sub>O<sub>(s)</sub> - NH<sub>3</sub> - S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> - H<sub>2</sub>O în condiții reale în baza noțiunii introduse a ecuației reacției generalizate (GRE). GRE permite descrierea chimică completă a procesului global de formare a complecșilor polinucleari și micști, constând dintr-o serie de reacții concurente, în care natura și raportul dintre concentrațiile speciilor chimice formate în astfel de reacții depind de raportul dintre concentrațiile ionului metalic Cu<sup>2+</sup> metalic și liganzilor, temperatura și alți factori (parametrii termodinamici). Rezultatele noastre permit o prognoză mai amplă a speciilor chimice și

contribuie la eforturile de proiectare a schemelor globale optimizate pentru leșierea aurului în sistemele care conțin tiosulfat și amoniac. Speciile de cupru în astfel de sisteme complexe pot avea un efect negativ atât asupra mediului, cât și asupra proceselor industriale. Precipitarea oxidului de cupru (I) și (II) la un pH critic poate fi utilizată în tratarea apelor reziduale care conțin ioni de cupru mono- și bivalent.

Au fost deduse ecuațiile generalizate ale speciilor solubile și insolubile implicate în procesul omogen și eterogen multicomponent și ecuația de calcul al variației de energie Gibbs a procesului de dizolvare a hidroxidului de aur (I) slab solubil  $AuOH_{(S)}$ . În baza acestor ecuații a fost realizat un studiu termodinamic pentru determinarea speciilor solubile și insolubile a  $Au(I)$ , capabile să se formeze în sistemul tiosulfat - amoniac în timpul extracției și recuperării aurului. A fost demonstrat că speciile mixte care conțin doi liganzi  $Au(NH_3)(OH)^0$  sunt mai stabile în domeniul de pH studiat 7.0 – 14.0 și concentrația ionilor de aur ( $1.5 \cdot 10^{-5}$  M), amoniac (0.1 – 4.0 M) și tiosulfat (0.1 – 2.0 M). În baza calculelor a fost dovedit că faza solidă  $AuOH_{(S)}$  este termodinamic instabilă față de dizolvare în condițiile investigate.

A fost elaborat un circuit chimic de tratament la scară de laborator, aplicat unei mine cu conținut scăzut de aur (de la 1 la 4.5 g/t). În procesul de electroextracție a aurului au fost obținută cea mai bună cinetică, aplicând următorii parametri: temperatura 40 °C, timpul de electroliză 75 min, tensiunea la catod -1.4 V, tensiunea celulei 2.50 V. Cinetica electrodepunerii în celula de laborator a fost rapidă și recuperarea finală a aurului foarte ridicată (99% Au). Energia de consum este de aproximativ 18 kWh/kg aur depus. Fluxul tehnologic integrat permite să recicleze reactivul în timpul procesului: doar se atestă o pierdere de 5-10 % la tiosulfat și alcool, din cauza pierderilor prin scurgere și evaporare. Pierderea de cărbune a fost de 0.1 g/kg probă de deșeu pentru fiecare ciclu; în plus, cărbunele poate fi regenerat și utilizat din nou timp de 5–6 ori pentru fiecare ciclu de adsorbție - desorbție (stripping).

Estimarea preliminară a costurilor, inclusiv costurile capitale și de exploatare, a fost pregătită luând în considerare o instalație de prelucrare care tratează 1000 t pe zi de minereu de aur. Costurile capitale sunt de aproximativ 4 milioane de euro, iar costurile de exploatare anuale de aproximativ 3.5 milioane de euro.

În următoarea etapă de investigare, în speranța că proiectul va fi prelungit sau altă propunere va fi acceptată, tratamentul prealabil al componentelor, precum pirita, va fi investigat înainte de extragerea aurului. În acest scop, va fi integrat un circuit de tratament care utilizează procese biotehnologice, cu un consum redus de energie. Eliminarea piritei va contribui la reducerea costurilor de extragere a aurului, reducând consumul de reactivi.