

Abstrakt

Předmětem zkoumání byly metalurgické odpady z Cu-Co hutí z oblasti zambijského Copperbeltu a jejich mineralogické a geochemické charakteristiky. Pro identifikaci primárních a sekundárních fází metalurgických strusek a prachů byla použita řada instrumentálních analytických metod (XRD, SEM/EDS, EPMA, TEM/EDS). Dále byla provedena série loužících experimentů (pH-statický test CEN/TS 14997, vsádkový test EN 12457) v kombinaci s geochemickým modelováním. Testování bylo zaměřeno zejména na loužící charakteristiky potenciálních kontaminantů v závislosti na pH. Byl posouzen také vliv přípravy vzorku na vyluhovatelnost kovů ze strusky s ohledem na zmenšení velikosti částic, které je požadováno ve standardizovaných loužících protokolech. Bylo provedeno posouzení environmentálních a zdravotních rizik vzorků prachu.

Hlavními nositeli kovů ve studovaných struskách byly sulfidy Cu (bornit, digenit, chalkozín), sulfidy Co (kobaltpentlandit), slitiny a intermetalické fáze s Co. Měď a kobalt byly detekovány také v silikátech a spinelech, v jejichž struktuře zastupují Fe nebo Mg, a ve skle. Přítomnost sekundárních fází, které byly pozorovány na povrchu vzorků strusek, ukazuje na reaktivitu strusek při jejich kontaktu s vodou/atmosférou. Výsledky mineralogického studia také ukázaly, že v odůvodněných případech je nezbytné použít metody s vysokým rozlišením (jako je FIB-TEM) pro ověření speciace prvků v daném odpadovém materiálu. Dále byly studovány tři typy prachů: prach z drtičů strusek (zde *struskový prach*), prach z elektrostatického odlučovače (zde *prach z ESP*) a prach z vodního filtru (zde *popílek*). Speciace kovů v pevné fázi se u jednotlivých typů lišila. Minoritní až stopové fáze sulfidů Cu různého složení (Cu(Fe,Co)S) byly zjištěny ve všech vzorcích prachu.

Loužící charakteristiky strusky a prachu prokázaly výraznou závislost na pH. V případě strusky byly nejvyšší koncentrace Cu, Co a Zn uvolněny při pH 4–5. Na základě výpočtů pomocí programu PHREEQC se předpokládá srážení karbonátů, hydroxidů, oxidů či síranů Cu a Co, vedoucí ke snížení vyluhovatelnosti kovů v pseudoneutrálních podmínkách. Různé metody přípravy vzorků strusky (drcení, sítování, čištění) vedly k významným rozdílům v loužení kontaminantů. Větší uvolňování Cu, Co a Zn bylo zaznamenáno u vzorků s vyšším podílem jemných prachových částic. Značně vysoká vyluhovatelnost kontaminantů byla pozorována u *prachu z ESP*, a to i v přirozeném pH (~ 4.3) výluhu tohoto materiálu. Přibližně 30–40% celkového obsahu Cu, Co a Zn se uvolnilo při pH 3. Primární chalkantit (CuSO₄·5H₂O) se snadno rozpouštěl za vzniku sekundárních síranů Cu. Loužení kovů z *popílků* lze vysvětlit zejména rozpouštěním minoritních metalických fází a částečným rozpouštěním silikátů a/nebo skla. Oxidy CoO a ZnO byly podle modelu ORCHESTRA hlavními fázemi řídícími rozpustnost Co a Zn během loužení. Sorpce kovů na oxyhydroxidy Fe se ukázala jako účinný mechanismus snižující uvolňování Pb a Cu z *popílků*. Vzhledem k pouze nepatrným změnám vyluhovatelnosti po 168 hod lze usuzovat, že během standardní doby loužení (48 hod) bylo v systému *popílek*–voda dosaženo podmínek blízkých rovnováze.

Reaktivita strusek a prachů podléhající změnám pH prokázala vysoké riziko kontaminace kyselých půd v hutní oblasti zambijského Copperbeltu, zejména v období dešťů. Vysoká gastrická biodostupnost Co, Cu, Pb, Zn a As zjištěná při testování metalurgických prachů navíc ukázala vážná zdravotní rizika pro místní obyvatele této těžební a hutní oblasti.