

Poznatty z aplikácie biogeochemickej metódy vyhľadávania ložísk v Spišsko-gemerskom rudohorí

(2 obr. a 2 tab. v texte)

IVAN MATULA*

**Expérience avec l'application de la biogéochimie à la prospection métallométrique des
Monts Métallifères du Spiš et du Gemer**

L'auteur présente ses expériences avec l'application des méthodes biogéochimiques à la prospection métallométrique. Il s'agit surtout du choix du phytomatériel provenant du recrú haut et bas, de son pouvoir sélectif de concentrer une association précise d'éléments. Dans deux localités des Monts Métallifères du Spiš et du Gemer, on détermina une association typique indiquant les éléments traces en relations quantitatives. L'auteur présente aussi les méthodes utilisées pour la préparation et l'analyse des échantillons.

Biochemické metódy sa popri ostatných geochemických metódach doteraz ešte v praxi v plnej miere neuplatnili, ale oblasť, do ktorej už organická biogeochemia zasahuje, je veľmi široká.

Poznatty získané štúdiom biocenózy možno úspešne využiť aj v geológii. Ide napríklad o určovanie organických súčastí zoo a fyto v horninách, o vysvetlenie genézy hornín (metamorfizmu) za spoluúčasti uhlíka, o úlohu a vznik izotopov C v horninách, o ich vzájomné pôsobenie atď. Aj vypracúvanie biogeochemických analytických metód zaostáva za metódami analýzy anorganických materiálov.

Záujem použiť biogeochemické metódy na metalometrickú prospekciu ložísk bol podnetom vzniku viacerých prác, a to najmä sovietskych, amerických a severoeurópskych geochemikov. Účinnosť geochemických metód ilustruje tab. 1, upravená podľa údajov z literatúry.

Na našom území bola už biogeochemická metóda použitá, a to orientačne v oblasti Rudnians (M. Píša 1957), vo väčšom rozsahu však iba v oblasti Španej doliny a Poník (I. Čillík 1965, 1972) na štúdium sekundárneho geochemického poľa, kde sa sledovali i korelačné vzťahy medzi jednotlivými indikačnými prvkami. Práce t. č. vykonáva M. Trokanová (1971).

I keď tabuľka podáva len kvalitatívne údaje, je zaujímavé množstvo prvkov, ktoré prechádzajú vodným systémom výživy do rastlinných orgánov a pri dlhodobejšom opakovaní akumulácie prvkov môžu slúžiť ako indikátory zrudnenia v hĺbke.

V prospech využitia biogeochemických metód hovoria tieto skutočnosti:

— Rastliny v oblasti charakterizovanej zvýšenou koncentráciou prvkov v pôde akumulujú ich i v rastlinnom tkanive. Rastliny sa však od seba odlišujú kvalitatívne,

* prom. geológ Ivan Matula, Geologický prieskum, n. p., Spišská Nová Ves, Markušovská cesta

Tab. 1

Prvky	Metalometria pôdných uloženín			Hydrogeo- chémia	Biogeo- chémia	Geochemia atmosféry
	Druhotné aureoly					
	Pôdy	Alúviá a delúviá kvartéru	Jazerné uloženyiny			
Zn	+	+	+	+	+	
Cu	+	+	+	+	+	
Pb	+	+		+	+	
Ag	+	+		+	+	
Au	+	+			+	
Hg		+			+	
Sb	+				+	
As					+	
Mo	+	+		+	+	
W	+	+			+	
Sn	+	+			+	
Ni	+	+	+	+	+	
Co	+	+	+			
Cr	+	+			+	
Se	+	+			+	
V	+	+			+	
U	+	+			+	
Th	+	+		+		+

t. j. odlišnou asociáciou absorbovaných a deponovaných prvkov, i kvantitatívne, t. j. zvýšenou selektívnou schopnosťou absorpcie určitých prvkov. Podmienky na vyhľadávanie sú optimálne, keď sa selektívita prejaví práve pri prvku, ktorý tvorí hlavné minerály ložiskotvornej výplne.

— *Systematické štúdium zloženia rastlín a pohyblivosti iónov rozličných chemických prvkov v biosfére ukázalo*, že prvky Ni, Cu, Mo, Se, Sn, Zn, Ag a iné kovy vytvárajú častejšie iónové roztoky a sú pohyblivejšie ako napríklad veľmi rozšírené makroprvky Mg, Si, Ti, Zr, Al, a preto ich aj rastliny ľahšie absorbujú. To je priaznivá skutočnosť, pretože práve uvedené kationy kovov predstavujú oblasť našich záujmov.

Obsah jednotlivých kovov v rastlinách značne ovplyvňujú aj iné závislosti, ktoré sa musia brať do úvahy, prípadne ich treba aj experimentálne overiť. Sú to jednak závislosti nadpovrchové, t. j. ovládajúce rastliny, ako napríklad to, že *rozličné časti rastlinného systému* (listy, vetvičky, kôra) *nekoncentrujú prvky rovnako*, ale diferencovane, a to kvalitatívne, i kvantitatívne. Napríklad rastliny s intenzívnou výmenou vody a rastliny s hlbokými koreňmi transportujú viac roztokov, čím sa zvyšuje i hĺbkový dosah čerpania prvkov a koeficient obohatenia v odparovacie častiach rastlín (najmä v listoch) je oveľa vyšší. V podpovrchových častiach zase sorpcia závisí od druhu pôdy, jej fyzikálno-chemických vlastností, priepustnosti, nasiakavosti, minerálneho zloženia, teda i od fyzikálno-chemických vlastností pôvodných hornín. Odraz pôvodných hornín sa osobitne výrazne prejavuje pri bázi-

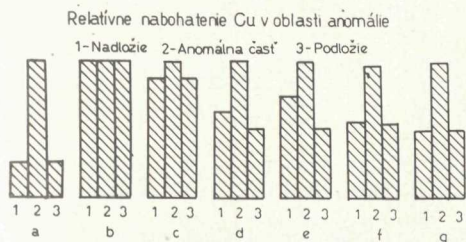
kejších horninách, napríklad pri Ni a Co, ktorých obsah sa už po niekoľkých metroch výrazne mení, ako sa zistilo pri prácach v oblasti Babinej.

V rámci aplikácie geochemických metód v oblasti Spišsko-gemerského rudohoria sme niektoré z uvedených poznatkov overovali na lokalite Bindt so siderit-chalkopyritovou a na lokalite Hnilec s cínovou mineralizáciou.

Lokalita Bindt

Pri metalometrickej prospekcii nad žilovinou kremeň-siderit-chalkopyritovou vykazovala aureola v pôdnom pokryve túto asociáciu výrazne anomálnych prvkov: Cu, Ag, Bi, Hg, Zn, Sb. Z nich kvantitatívne najvýraznejšie sa prejavila anomália medi, a to z minerálu tvoriaceho hlavnú výplň žiloviny. Miestny klarkový obsah na začiatku profilu sa pohyboval v medziach 32 až 52 ppm, v anomálii vyše 1000 ppm. Preto sme zvolili Cu ako porovnávací prvok v biogeochemickom materiáli. Overovali sme koncentrácie Cu vo všetkom dostupnom fytomateriáli v oblasti anomálie, a to z nízkeho porastu sme odoberali vzorky machov (Muscí) a trávy (Herba herb.), z vysokého porastu kôru a ihličie smrekov (Picea excelsa). Zároveň sme zbierali popadané ihličie a šišky smrekov z plochy s priemerom cca 3 m od stredu odberu vzorky.

Relatívne obohatenie Cu v oblasti anomálie v rozličnom materiáli je na obr. 1.



Obr. 1. Relatívne nabohatenie Cu v oblasti anomálie.

1 — nadložie, 2 — anomálna časť, 3 — podložie, a — pôda, b — mach, c — tráva, d — suché ihličie, e — suché šišky, f — kôra, g — zelené ihličie. (b — c nízky porast, d — e nazbieraný materiál, f — g materiál zo stromov).

Fig. 1. Relative enrichment in Cu in the anomaly area

1 — Overlier, 2 — Anomalous part, 3 — Underlier, a — soil, b — moss, c — grass,

d — dry needles, e — dry cones, f — bark, g — green needles. (b—c low vegetation, d—e collected material, f—g material from trees).

Ukázalo sa, že *relatívne obohatenie je najvyššie pri vysokých porastoch, najmä v ihličí*, pravdepodobne ako dôsledok väčšieho hĺbkového dosahu koreňovej zóny, a tým kvalitatívne väčšieho množstva prenášanej vody s rozpustenými kationmi a uloženia rozpustených kovov na odparovacej ploche — ihličí.

Takmer rovnaké boli výsledky analýzy kôry, ale s väčšou disperziou koncentrácií, pravdepodobne v dôsledku znečistenia kôry rozličnými cudzopasnými rastlinami (machmi a lišajníkmi), nerovnomerne vegetujúcimi po obvode kmeňa.

V zelenom ihličí sme zistili i vyšší obsah Ag a Bi, teda prvkov prejavujúcich sa kvantitatívne v metalometrii pôdy hneď za Cu. Starší napadaný materiál — ihličie a šišky smrekov — vykazujú väčšiu nerovnorodosť pravdepodobne v dôsledku mechanického rozptylu pri opadávaní. V podstate však potvrdzuje výsledky pôvodného materiálu.

Pri nízkom poraste prekvapuje vysoký obsah v machu a hlavne nepriaznivý po-

mer medzi anomálnou časťou a pozadím. Príčina môže byť v tom, že priama povrchová vrstva pôdy odparovaním vody je viac nasýtená prvkami obsiahnutými vo vode a nízke porasty v dôsledku malého hĺbkového dosahu koreňového systému čerpajú vodu spolu s rozpustenými kationmi priamo z povrchovej časti, a tak skutočný priebeh anomálie sa skresľuje a zastiera.

Absolútny obsah pri rastlinnom materiáli sa pohyboval v rozmedzí 32 až 42 ppm, v oblasti anomálie okolo 340 ppm. Anomálne obsahy mali tiež prvky Ag a Bi, slabšie Zn. Negatívne boli Sb a Hg. Anomálie nie sú však také výrazné a ich interpretácia vyžaduje väčšiu pozornosť.

Celkový priebeh pôdnej anomálie s anomáliou Cu v rastlinnom materiáli je na obr. 2.

Lokalita Hnilec

Tu sme zisťovali asociácie indikačných prvkov vo fytomateriáli popri prospekcii realizovanej inými geochemickými metódami, hydrogeochémiou a pôdnou metalometriou.

Rastlinný porast je tu na zvetraninách rozličných typov granitu (strednozrnitý, dvojsľudový turmalinický granit s prechodom do žuly aplitickej povahy). Granit je v podpovrchových častiach postihnutý intenzívnou greisenizáciou s prekremente- ním a kasiteritovou mineralizáciou.

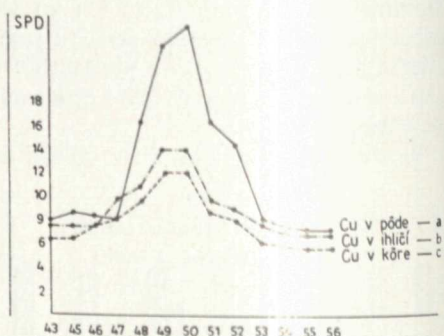
Metalometrickou prospekciou pôdneho pokryvu boli zistené pomerne výrazné anomálie Sn, W, Mo, As, Bi, Ag, menej Co a Cu. Z rastlinného materiálu sme sledovali ihličie smrekov a trávnatý porast v okrajových povrchových častiach predpokladanej intrúzie. V porovnaní s neanomálnymi vzorkami sme na Hnilci zistili takéto anomálne zvýšenie obsahu prvkov (priemer z troch vzoriek):

Ihličie smrekov: Ag (z 0,8 na 60 ppm), Bi (z 0 na 10 ppm),
Sn (z 0 na 32 ppm), Zn (z 10 na 70 ppm),
Cu (32—32 ppm) a anomálie Mo a Be.
Tráva: Ag (0,8—10 ppm), Bi (0—10 ppm),
Sn (0—32 ppm), Zn (0—50 ppm),
Cu (32—32 ppm).

Na podklade skúseností z predchádzajúcej lokality sme sledovali obsah prvkov iba v tráve a ihličí smrekov. Oba druhy materiálu jednoznačne potvrdzujú asociáciu indikačných anomálnych prvkov. Výrazne sa zlepšil pomer pozadia k anomálii pri Ag, Sn a Zn. I tu sa prejavil väčší koeficient obohatenia v ihličí ako pri tráve. Zvýšenie pri uvedených asociáciách potvrdila i analýza vody a ílovitej frakcie vo vode. Analýzou sme zistili tieto asociácie anomálnych prvkov:
voda (stanovené spektrálne metódou suchého odparku): Sn, Bi, Li, Ag, Zn, B, Mo (zvýšenie Cu sa výrazne neprejavilo);
ílovitá frakcia: Sn, Bi, Ag, Zn, Pb, W, Be (Rb, Cs).

Lokalita Bindt.

Korelácia obsahu Cu v popole rastlín a pôde.



Obr. 2. Korelácia obsahu Cu v popole rastlín a pôde (lok. Bindt). a — Cu v pôde, b — v ihličí, c — v kôre.

Fig. 2. Correlation of Cu content in ash of plants and soil (locality of Bindt). a — Cu in soil, b — in moss, c — in bark.

Asociácia anomálnych prvkov je v rastlinnom materiáli trochu chudobnejšia ako pri odparkoch vôd. Vzorky vody sa však odoberali zo zbernej oblasti priamo pod ložiskom po začatí banských prác.

Na tejto lokalite sme mohli konkrétne porovnať jednotlivé prospekčné metódy, ako napríklad pôdnu metalometriu, hydrogeochémiu, biogeochémiu a ílovitý podiel vo vode. Porovnať ich môžeme zatiaľ kvalitatívne, pretože nie zo všetkých sú k dispozícii kvantitatívne analýzy. Po kvantitatívnom vyjadrení bude možné stanoviť koeficienty obohatenia a tak presne stanoviť ich celkovú efektívnosť. Tabuľka 2 ukazuje asociácie anomálnych prvkov stanovené jednotlivými metódami.

Tab. 2

Celková asociácia anomálnych prvkov	Metóda			
	Pôdna metalom.	Biogeo-chémia	Hydrogeo-chémia	Ílovitý podiel
Cu	+			
Ag	++		+	+
Bi	+	+	+	+
Zn	+	++	+	+
Sn	+++	++	+	++
W	+			+
Mo	+	+	+	+
Pb				+
Be		+		+
Co	+			
As	+			
B			+	
Li			+	

Poznámka: +++ veľmi výrazná anomalita
 + menej výrazná anomalita

Analytická metóda

Za účelom analýzy biogeochemického materiálu bola vyvinutá i metóda laboratórneho spracovania vzoriek. Princíp spočíva v prevedení organického fytomateriálu na popol sušením a pálením v muflovej peci. Popol sa analyzuje spektrálne.

Pri experimentovaní bola stanovená ako *optimálna teplota spaľovania 600 °C*. Pri nižších teplotách spaľovania do 300 °C dochádza k nedostatočnému spaľovaniu, materiál je nehomogénny a príprava vyžaduje dlhší čas. Pri vysokých teplotách okolo 900 °C nastáva nebezpečenstvo úletov niektorých prvkov. Extrahovať prvky do roztoku jednoduchým spôsobom s HNO₃ neprinieslo požadovaný efekt, operácie sú prácne, narába sa s mikromnožstvami a je možnosť kontaminácie. Na podklade experimentov bol celý postup — odber a príprava vzoriek — nasledovný:

Odber: Ihličie sa odoberalo z rozličných miest stromu, spolu 5 vetvičiek. Na spaľovanie sa použilo len ihličie zbavené konárikov v celkovej navážke 10 g. (Úbytok sušením pri 105 °C cca 50 % váhových, úbytok spaľovaním cca 45 %, zostatok popola cca 0,3—0,5 g.)

Trávnatý porast sa odoberal z okruhu s priemerom 5 m. Celkové množstvo 10 gramov. (Úbytok sušením je cca 30 %, úbytok spaľovaním cca 60 %, zostatok popola cca 0,8—1,0 g.)

Kôra stromu sa odoberala bodove z hlavného kmeňa stromu medzi 1—2 metrami.

Príprava: Vzorka z terénu bola premytá prúdom vody a sušená v sušiarňi pri 105 °C. Potom sa spaľovala v tégliku v muflovej peci pri 600 °C cca 2 hod. Popol bol zhomogenizovaný v achátovej miske a analyzovaný spektrálne. Podmienky: spektrograf PGS—2, trojšošovkový zobrazovací systém, štrbina 0,008 mm generátor ABR—3, stried. oblúk, int. 6 Amp, elektrody SU—304, protielektrody SU—204, expozícia 80 sek, spektr. dosky ORWO WU—2, vývojár R—09, štandardy umelé na báze popola, mikrofotometer MF—2. Merané priamo S bez korekcie na pozadie.

Hoci sa biogeochemické sledovanie robilo iba experimentálne, už z porovnania uvedených dvoch typov zrudnenia vidieť, že rastlinný materiál pomerne dobre odráža zmeny chemického zloženia a distribúciu určitej (niekedy i pomerne širokej) asociácie prvkov v litosfére, ktorá môže obsiahnuť i širšiu škálu rozličných typov zrudnenia tak, že môže mať i praktický význam v metalometrickej prospekcii.

Porovnaním výsledkov na lokalite Hnilec sa ukázalo, že biogeochemická metóda pri takomto type mineralizácie môže byť rovnocenná ostatným metódam. Potvrďuje to rozsah anomálnych prvkov a ich koncentrácia. Možno predpokladať, že na inom type porastov, napríklad na listnatých stromoch, bude efekt v dôsledku rýchlejšieho cyklu odparovania vody z listov ešte väčší ako pri smrekoch.

V oboch prípadoch sa potvrdila selekčná schopnosť nielen druhov, ale i častí rastlín absorbovať a deponovať určité asociácie prvkov. Pri praktickom uskutočňovaní je potrebné však pri každej lokalite vopred stanoviť optimálne podmienky, ako výber vhodného rastlinného materiálu, resp. selekčné schopnosti jeho jednotlivých častí, zistiť asociáciu indikačných prvkov a vhodnú analytickú metódu.

Pri biogeochemických materiáloch rastlinného pôvodu nedostávame také vysoké absolútne koncentrácie prvkov ako napríklad v pôdnych vzorkách. Rozhodujúcim tu však môže byť relatívny pomer medzi pozadím a anomáliou, t. j. koeficientom obohatenia, ktorý pri geochemických metódach môže byť i vyšší ako v pôde. Tento pomer treba vyjadriť na podklade kvantitatívnej analýzy, aby bolo možné vyjadriť i celkovú efektívnosť a porovnávať jednotlivé terény.

Porovnaním jednotlivých metód pozorujeme istú malú variabilitu v asociácii anomálnych prvkov, ktorá vyjadruje účinnosť a šírku použiteľnosti príslušnej metódy. Podľa všetkých metód, ktoré sme použili, možno pokladať za najefektívnejšie indikačné prvky pre greisenovú mineralizáciu v SGR Sn, Ag, Bi, Mo, Zn.

V literatúre nie je zatiaľ dostatok presných údajov o prechode stopových prvkov do rastlinného systému a o ich deponovaní v ňom. Spôsobuje to sčasti aj nedostatok vysokosenzitívnych kvantitatívnych analytických metód.

Doručené: 4. 10. 1972
Odporučil: Ivan Čillík

Geologický prieskum, n. p.
Spišská Nová Ves

LITERATÚRA

- ČILLÍK, I. 1965: Skúsenosti z geochemického vyhľadávania na ložisku Drienok v okolí Poník Geol. průzk. (Praha), č. 6.
ČILLÍK, I. 1972: Zhodnotenie a doterajšie výsledky geochemického vyhľadávania ložísk nerastných surovín v Záp. Karpatoch. Manuskript — archív Geol. prieskumu, Spišská Nová Ves.