

Pôdnogeochemické aureoly meďnato-porfýrového ložiska Zlatno

IVAN MATULA*, JÁN SMOLKA**, EDMUND GWERK**

* Geologický prieskum, n. p., 052 40 Spišská Nová Ves

** Geologický prieskum, n. p., geologický úsek, 969 00 Banská Štiavnica

Doručené 10. 12. 1984

Почвенно-геохимические ореолы медно-порфирового месторождения Златно (неовулканиды центральной Словакии)

Изучением вторичных геохимических ореол вычлененных на основании металлометрических поисков территории месторождения Златно выходит, что главным индикатором медной минерализации связанной с металоогенетически специальной интрузией гранодиоритового порфирита являются элементы меди, олова, молибдена как прямые индикаторы и никля и кобальта как основные индикаторы. Тоже были вычленены зоны аномальных аккумуляций свинца, цинка, серебра, образование которых объясняется как результат воздействия интрузии гранодиоритового порфирита, или-же они младшего возраста.

Почвенная геохимия, форма которой она осуществилась, предлагается для поисков приведенных типов минерализации.

Soil geochemical haloes of the Zlatno porphyry copper deposit (Štiavnické vrchy Mts., Central Slovakia)

Evaluation of soil geochemical haloes over the Zlatno porphyry copper deposit indicated that copper, tin and molybdenium content in soil samples may be used as main direct indicator of copper ore (related to a metallogenetically specialized diorite porphyrite intrusion) whereas contents of nickel and cobalt may be used as indirect indicators of ore. Anomalous zones of lead, zinc and silver content may alternatively be explained either as caused by the action of intrusive body or due to subsequent processes. The used methodics is recommended for similar types of ore mineralisations.

Ložisko žilnikovo-impregnačných a skarnových rúd Zlatno, ktoré je na okraji vulkanicko-tektonickej zóny Štiavnických vrchov (Rozložník — Zábranský, 1971), je štruktúrne a geneticky späté s vývojom granodioritovo-porfýritovej intrúzie, ktorá prenikla po spodnú úroveň stratovulkanickej stavby alebo až na povrch. Zrudnenie na lokalite Zlatno je v hĺbke 700 až 1000 m, a to v mieste prieniku granodioritového porfýritu cez karbonáty triasu (skarnová a hydrotermálna sulfidická etapa mineralizácie — Smolka, 1979; Burian et al., 1980a, b).

Ložisko žilnikovo-impregnačných a skarnových rúd Zlatno, ktoré je na okraji vulkanicko-tektonickej zóny Štiavnických vrchov (Rozložník — Zábranský, 1971), je štruktúrne a geneticky späté s vývojom granodioritovo-porfýritovej intrúzie, ktorá prenikla po spodnú úroveň stratovulkanickej stavby alebo až na povrch. Zrudnenie na lokalite Zlatno je v hĺbke 700 až 1000 m, a to v mieste prieniku granodioritového porfýritu cez karbonáty triasu (skarnová a hydrotermálna sulfidická etapa mineralizácie — Smolka, 1979; Burian et al., 1980a, b).

Na vyhľadávanie tohto nového typu mineralizácie v Západných Karpatoch sme aplikovali rôzne geochemické metódy, aby sme získali základné údaje o geochemických aureolách a kritériách na vyhľadávanie analogických typov ložísk v analogických geologických podmienkach. V tomto príspevku zhrnieme poznatky z aplikácie povrchovej prospekcie v tejto ložiskovej oblasti (obr. 1).

Na geologickej stavbe sa podieľajú nasledujúce horninové typy (Smolka, in Burian et al., 1980b):

Granodioritový porfyrít (lokálne metasomaticky zmenený) je najvýznamnejšou intruzívnou horninou. Na povrchu sa prejavuje pomerne členitými východmi jedného väčšieho telesa a niekoľkých menších telies hlavne smeru SV—JZ. Predstavuje mladšiu etapu granitoidnej formácie.

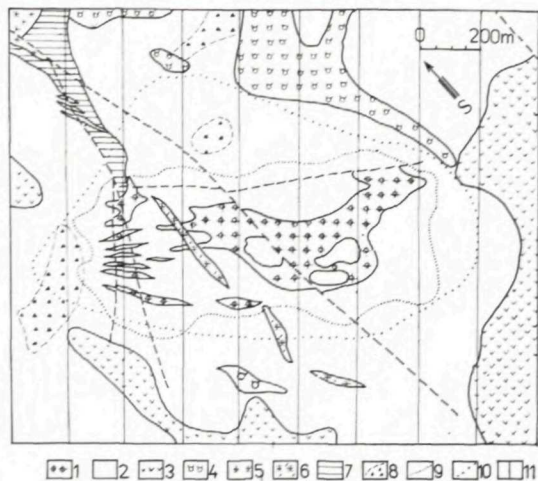
Andezit v oblasti Zlatna buduje takmer celú oblasť, ktorú sme prospekčne sledovali, a pravdepodobne reprezentuje bazálne časti mohutných vulkanických telies. Miestami je značne propylitizovaný, v centrálnej časti rekryštalizovaný účinkom granodioritovej porfyrické intrúzie. Zónu premien (asi 200 m mocnú) tvorí propylitizácia, slabá rekryštalizácia, rekryštalizácia a intenzívna rekryštalizácia.

Amfibolický dacit je vo forme žilných telies prevažne v smere S—J. Pripisuje sa mu veľký význam vo vývoji magmatizmu študovanej oblasti.

Pyroxenický dacit patrí k posledným členom magmatickej aktivity.

Kremenitý diorit vychádzajúci na povrch v severnej časti patrí medzi najstaršie členy intruzívnej formácie, ktorého podložie a nadložie tvoria sedimentárne komplexy. Hypergénne premeny sú nepatrné a hydrotermálna alterácia sa prejavuje vybielením tmavých minerálov.

Drobná až strednozrnná strednoporfyrický pyroxenický slabo propylitizovaný andezit tvorí západnú a juhovýchodnú časť



Obr. 1. Povrchová geologická situácia v oblasti Zlatna a lokalizácia profilov geochemie (vzdialenosť 200 m). 1 — granodioritový porfyrít, 2 — andezit, 3 — amfibolický dacit, 4 — pyroxenický dacit, 5 — kremenitý diorit, 6 — drobná až strednozrnná porfyrický propylitizovaný andezit, 7 — pestré bridlice a pieskovce permu, 8 — zóny propylitizácie, 9 — zóna kontaktných účinkov granodioritového porfyrítu, 10 — zóna intenzívnej sulfidickej mineralizácie (pyritizácie), 11 — metalometrické profily

Fig. 1. Superficial geological situation in Zlatna area and localization of geochemical profiles (200 m distance). 1 — granodiorite porphyry, 2 — andesite, 3 — amphibole dacite, 4 — pyroxene dacite, 5 — quartz diorite, 6 — fine to medium grained porphyritic andesite, propylitized, 7 — variegated shale and sandstone, Permian, 8 — propylitized zone, 9 — zone of contact metamorphic phenomena around granodiorite porphyry body, 10 — zone with strong sulphidic ore concentration (pyrite), 11 — soil geochemical profile

lokality. Sekundárne premeny, vrátane pyritizácie, v ňom dosahujú veľmi nízku intenzitu.

Elúvium a delúvium tvoria z hľadiska aplikácie pôdnej prospekcie súvislú vrstvu pôdy s mocnosťou 20—100 cm, pritom pozorujeme iba malú závislosť na primárnych horninách.

Reliéf krajiny je členitý. Nadmorská výška sa na ploche aplikovanej geochémie pohybuje od 360 m (údolie potoka Richnava) do 724 m (kóta Solisko). Takmer celú plochu pokrýva stromový porast.

Zrudnenie sa považuje za produkt hydrotermálneho procesu geneticky spätého s intrúziou granodioritového porfyritu (Burian, in Burian et al., 1980 b). V časovom slede zahŕňa silikátové, karbonátové, oxidické a sulfidické štádium mineralizácie. Granodioritový porfyrit považujeme za metalogeneticky špecializovanú intrúziu (Matula, in Burian et al., 1980a).

Primárne premeny hornín v okolí ložiskovej polohy majú charakter hydrotermálnych metasomatických premien a najintenzívnejšie sa uplatnili v centrálnej časti ložiskovej štruktúry, kde sa nachádzajú široké endokontaktné aureoly pôsobenia aktívnej intrúzie na okolie. Stupeň hydrotermálnej metasomatózy je v priamej závislosti od stupňa celkovej rekryštalizácie. Najväčšie rozšírenie má silicifikácia a feldšpatitizácia (formovanie kremeňovo-živcových agregátov v rámci rekryštalizovanej horniny), ďalej aktinolitizácia, sericitizácia, menej biotitizácia a argilitizácia.

Metodika vzorkovania, laboratórneho spracovania a interpretácie výsledkov

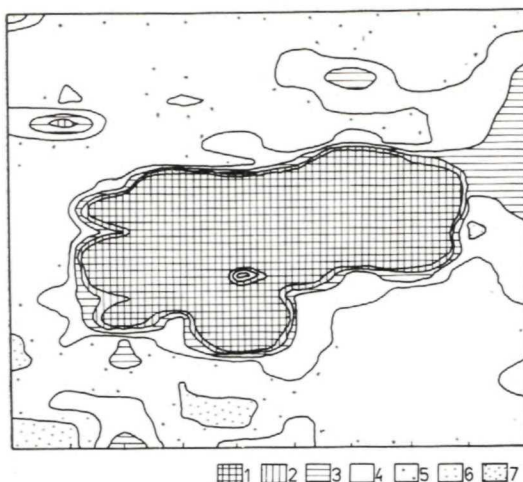
Vzorky pre pôdnu prospekciu s hmotnosťou okolo 150 g sa odoberali z hĺbky asi 20 cm. Vzorku sme po presušení (do 50 °C), preosiatí a zhomogenizovaní na analytickú jemnosť analyzovali kvantitatívne na Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Mo, W, Ag, Sn. Prvky sme vyberali podľa literárnych údajov (Beus — Grigorjan, 1975; Nurmi, 1984 a i.). Analýzy robili v laboratóriách GP Spišská Nová Ves nasledujúcimi metódami (v zátvorke je uvedená spodná hranica citlivosti): Cu (1 ppm), Pb (5),

Zn (1), Ni (1), Co (1), Mo (5), W (5) na automatickom analyzátore ARL 33 000 s ICP plazmou, Ag (0,2 ppm) analyticky s kyselinovým rozkladom s koncovkou AAS a Sn (1 ppm) optickou spektrálnou analýzou.

Vzorky sme odoberali na profiloch (vzdialenosť profilov 200 m, krok odberu 20 m, celková pokrytá plocha je 1700 X 1800 m, počet profilov 10).

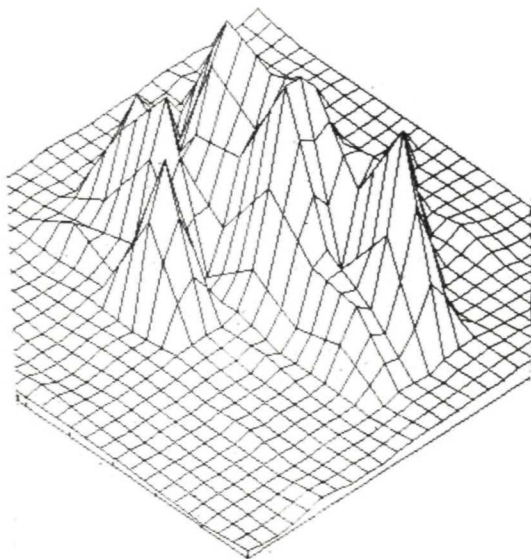
Na interpretáciu výsledkov sme použili spôsob strojného spracovania výsledkov pri aplikácii matematicko-štatistických metód (Matula — Šesták, 1981). Na stanovenie prahu anomálnych hodnôt sme použili kritérium $X \pm 1, 2, 3\sigma$. Výpočet anomálnych hodnôt pre celý súbor vzoriek je v tab. 1. Koncentráciu prvkov vyčlenenú v rámci týchto kritérií zobrazujú izolínie na mapových podkladoch v mierke mapy. Pri výpočte sme použili kalkulátor Olivetti P 6060 a taký spôsob konštrukcie máp izolínií pomocou interpolovaných výsledkov v profiloch, aby sme na celej ploche dosiahli približne rovnakú hustotu údajov (do medziprofilových priestorov sme vložili vždy dva pomocné profile; obr. 2).

Ďalej sme použili trojrozmerné priestorové zobrazenie distribúcie prvkov konštruované spôsobom perspektívneho zobrazenia plochy, ktoré je založené na kreslení kriviek bodmi plochy v rovinách rovnobežných s osami x a y súradnicovej sústavy. Tým sú vytvorené štvoruholníky, charakterizujúce svojím tvarom a stranami trend kreslenej plochy. Výsledkom je zlepšený a detailnejší pohľad na celkovú distribúciu. Rozličné pootočené plochy okolo osí umožňuje rozdielny perspektívny pohľad a gradácia — zvýšenie, resp. zníženie obsahu prvku v treťom rozmere umožňuje zlepšený pohľad na trend obsahu, a tým zlepšenú dešifráciu štruktúry distribúcie (obr. 3; spôsob povrchového zobrazenia distribúcie skúmaných prvkov demonštrujeme na príklade Cu).

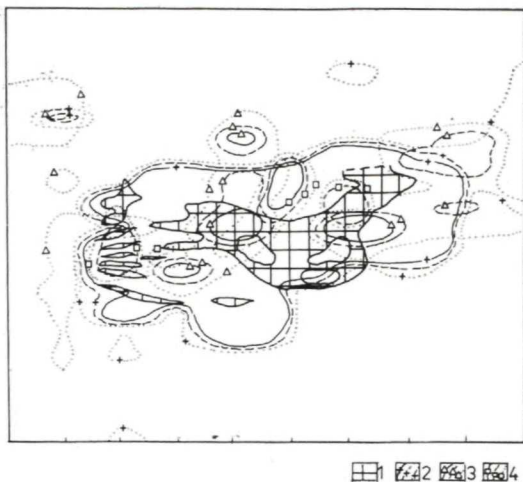


Obr. 2. Povrchová distribúcia Cu (zobrazená v mape izolíniami koncentrácií vyčlenených podľa kritéria $X \pm 1, 2, 3\sigma$). 1 — $> X + 3\sigma$, 2 — $> X + 2\sigma$, 3 — $> X - \sigma$, 4 — rozsah $X + \sigma$, 5 — $< X - \sigma$, 6 — $< X - 2\sigma$, 7 — $< X - 3\sigma$

Fig. 2. Superficial distribution of copper (isolines according to $X \pm 1, 2$ and 3σ criterion). 1 — $> X + 3\sigma$, 2 — $> X + 2\sigma$, 3 — $> X - \sigma$, 4 — equal to $X + \sigma$, 5 — $< X - \sigma$, 6 — $< X - 2\sigma$, 7 — $< X - 3\sigma$

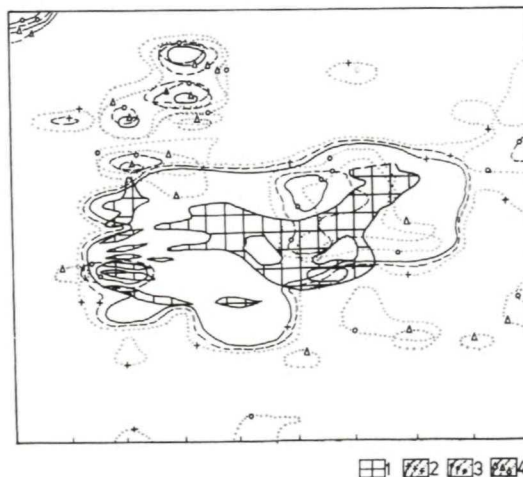


Obr. 3. Priestorové zobrazenie distribúcie Cu
Fig. 3. Three-dimensional presentation of copper distribution



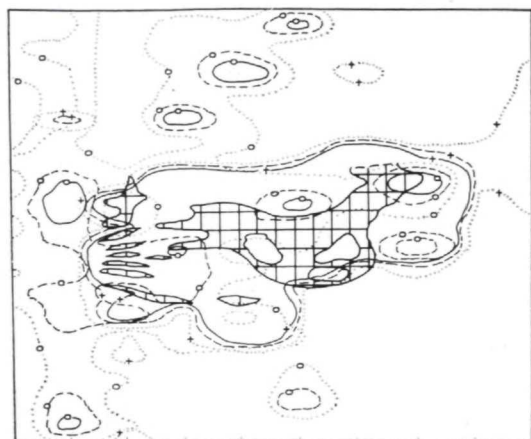
Obr. 4. Vzťah anomálnych zón Cu, Sn, Mo. 1 — granodioritový porfýrit, 2 — Cu (hranice anomálnych hodnôt väčších ako 3, 2, 1), 3 — Sn, 4 — Mo

Fig. 4. Relations between anomalous zones of copper, tin and molybdenum. 1 — granodiorite porphyrite, 2 — copper (limits of anomalous values exceeding 3, 2, 1), 3 — tin, 4 — molybdenum



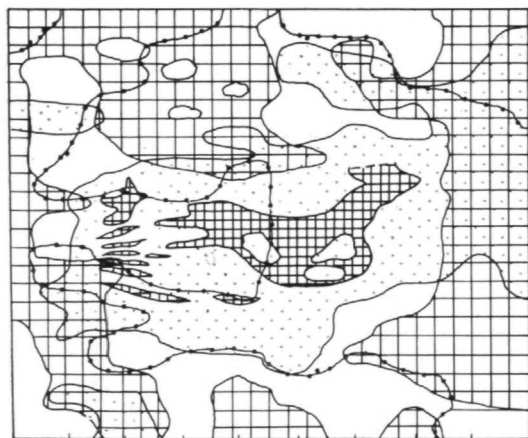
Obr. 5. Vzťah anomálnych zón Cu, Zn a Pb. 1 — granodioritový porfýrit, 2 — Cu, 3 — Zn, 4 — Pb

Fig. 5. Relation between anomalous zones of copper, zinc and lead. 1 — granodiorite porphyrite, 2 — copper, 3 — zinc, 4 — lead



1 2 3

Obr. 6. Vzťah anomálnych zón Cu a Ag. 1 — granodioritový porfyrít, 2 — Cu, 3 — Ag
Fig. 6. Relation between anomalous zones of copper and silver. 1 — granodiorite porphyrite, 2 — copper, 3 — silver



1 2 3 4

Obr. 7. Vzťah tendencií distribúcie prvkov. 1 — granodioritový porfyrít, 2 — Cu (+Sn, Mo), 3 — Pb (+Zn, Ag), 4 — Co (+Ni) plochy zobrazujúce hodnoty väčšie ako $X \pm \sigma$
Fig. 7. Relation between element distribution trends. 1 — granodiorite porphyrite, 2 — copper (+tin and molybdenium), 3 — lead (+zinc and silver), 4 — cobalt (+nickel). Surfaces with values exceeding $X \pm \sigma$ are indicated

Interpretácia výsledkov

Zhodnotenie faktografických údajov umožňuje podať interpretáciu distribúcie prvkov a vysloviť nasledujúce závery (obr. 4—7):

Tektonický smer SZ—JV treba považovať za dominantný. S týmto smerom koinciduje nielen smer výstupu zložitých prienikov granodioritového porfyrítu, ale aj smer sekundárnych aureol, z ktorých niektoré javia blízku spätosť s distribúciou telies granodioritového porfyrítu.

Anomálny obsah Cu sa sústreďuje okolo granodioritovej intrúzie, ktorú veľkosťou prevyšuje, a to najmä v jej pozdĺžnom smere (na JV a SZ), o 400 m. Taká široká aureola sa dá vysvetliť tým, že granodioritový porfyrít vystupuje na povrch iba sporadicky; možno predpokladať žilné podpovrchové telesá i na JV. Tomu nasvedčuje zobrazenie distribúcie Cu v koncentráciách $X + \sigma$, kde slaboanomálne koncentrácie prechádzajú i mimo sledovaného územia na JV a najmä SV.

Blízkosť hraníc koncentrácií $X + 1, 2, 3\sigma$ svedčí o veľmi strmej intrúzii, kontrastnosť obsahov o výraznej anomálii (pozadie cca 5—10 ppm, anomálne obsahy až 560 ppm).

Pri sledovaní vnútornej štruktúry anomálii metódou blokdiagramu vidno, že ide o homogénnu kontrastnú anomáliu v čelnej časti s najvyšším obsahom Cu.

S distribúciou Cu je prakticky zhodná anomália Sn. Zrejme je tu genetická príbuznosť, priama väzba na granodioritový porfyrít (i anomálie Mo sa koncentrujú priamo v centrálnej časti anomálie Cu). Maximálna koncentrácia Sn je priamo v centrálnych častiach granodioritového porfyrítu, pritom Sn aj v čelnej časti mimo intrúzie dosahuje a presahuje ako mobilný prvok hranice aureoly Cu. V západnej časti intrúzie Sn prejavuje deficit voči pozadiu.

TAB. 1

Statistické charakteristiky a výpočet anomálnych hodnôt pre lokalitu Zlatno
Statistic moments and anomalous values for Zlatno locality

Prvok	Poč. (1)	Koef. (t)	Poč. (2)	A/A(σ)	E/E(σ)		X-3 σ	X-2 σ	X- σ	X	X + σ	X + 2 σ	X + 3 σ
Cu	835	-0,37500	826	-7,4521	0,974	9,921		0,199	10,121	20,043	29,96	39,88	49,80
Pb	835	1	823	3,6442	0,319	13,980		13,237	27,216	41,196	55,17	69,15	83,13
Zn	835	-0,04688	809	4,1956	0,311	22,557	14,802	37,358	59,915	82,471	105,03	127,58	150,14
Ni	835	-0,02734	805	2,9853	1,593	1,626	0,679	2,306	3,932	5,558	7,18	8,81	10,43
Co	835	-0,02344	784	4,7516	-0,132	2,802	4,305	7,107	9,909	12,711	15,51	18,31	21,11
Sn	835	-0,01563	787	3,5235	-1,565	1,397	0,248	1,646	3,043	4,440	5,83	7,23	8,63
Ag	835	-0,02344	823	1,7482	-3,805	0,054			0,0522	0,107	0,162	0,21	0,27
Mo	835	-0,31250	703	9,5759	-0,968	0,016	0,020	0,0365	0,0531	0,069	0,08	0,10	0,11
W	835	-0,31250	698	9,5151	-0,998	0,016	0,020	0,0366	0,0531	0,069	0,08	0,10	0,11

Poč. (1) — početnosť súboru; Koef. (t) — koeficient transformácie $y = x$; Poč. (2) — početnosť po Grubbsovom teste odľahlých hodnôt; A/A (σ) — normovaný koeficient asymetrie; E/E (σ) normovaný koeficient excessu (koncentrácie); δ — stredná kvadratická odchýlka; X — priemerná hodnota

Poč. (1) sample population, Koef. (t) transformation coefficient for $y = x$, Poč. (2) — frequency after Grubb's test of marginal values, A/A (σ) normalized coefficient of assymetry, E/E (σ) normalized coefficient of excess (concentration), σ population standard deviation, X — mean value

Povrchová distribúcia Pb a Zn (sčasti úzko koreluje aj Ag) vykazuje vzájomné tendencie v tom, že slabo anomálna koncentrácia (na úrovni hodnôt väčších ako X) vytvára zónu približne smeru SSZ—JJV, ktorá presahuje i sledované územie. Táto zóna je voči Cu mierne v priečnej polohe, viac sa približuje smeru S—J, čím sa viac zhoduje s tektonickou líniou tohto smeru, prechádzajúcou ložiskovou polohou a interpretovanou ako postgranodioritový zlom. Vysokoanomálne menšie úseky v rámci tejto zóny, ktoré vytvára Pb, Zn a Ag, sú lokalizované v centrálnej časti Cu anomálie, ale najmä severne a severozápadne od nej majú charakter líniového usporiadania. Túto situáciu interpretujeme ako:

- širšiu horninovú okolointrúziu aureolu vyvolanú granodioritovou intrúziou (pokračuje tiež na SV, resp. SZ ako aureola Cu, a nie je ukončená, pretože je širšia ako sledovaný detail) a v jej okolí došlo v smere prieniku vo vhodných podmienkach k akumulácii význačnejších koncentrácií Pb, Zn, Ag;

- špecifický prejav zvýšenej koncentrácie Pb, Zn v andezite (ide o sekundárne aureoly v pôdach, preto sa presne nezhoduje s jeho hranicou);

- mladší prejav Pb, Zn polymetalickej mineralizácie (hydrotermálny typ) vo forme nesúvislých akumulácií žilného typu, ktoré v tejto oblasti predpokladáme.

Maximálna koncentrácia Pb, Zn, Ag sústredená v severozápadnej časti od intrúzie potvrdzuje tiež rozšírenie zóny intenzívnej sulfidickej mineralizácie, zistenej metódou vybudenej polarizácie. Okrem pyritu sa tu môže nachádzať aj galenit a sfalerit so striebrom.

Trend distribúcie Ni a Co je zhodný. V oblasti intrúzie je ich značný deficit, po okrajoch dosahuje normálne priemerné hodnoty. Zreteľný deficit v priestoroch centrálnej časti štruktúry veľmi nápadne

kontrastuje a zároveň koinciduje s priestorom, kde vysokoanomálne hodnoty Cu ohraničujú širší priestor prieniku granodioritového porfyritu, pre ktorý je typická intenzívna pyritizácia hydrotermálne metasomaticky zmenených hornín. Jediné vysvetlenie tohto javu možno hľadať v odnose uvedených prvkov v podmienkach intenzívnej alterácie hornín.

Záver

Zo štúdia sekundárnych geochemických aureol v oblasti Zlatna vyplýva, že Cu, Mo, Sn, Ni a Co zreteľne indikujú metalogeneticky špecializovanú intrúziu granodioritového porfyritu (Cu, Mo, Sn s relatívne vysokou pozitívnou anomálnou koncentráciou s úzkou väzbou na zdroje, s Ni a Co negatívnou anomálnou koncentráciou v dôsledku kontaktných účinkov v okolitých komplexoch — alterácia hornín a sulfidizácia).

Zistili sa tiež relatívne vysokoanomálne zóny Pb, Zn, Ag mineralizácie v periférii intrúzie, ktorých generovanie možno interpretovať v genetickej spätosti s granodioritovou intrúziou, ale tiež môže ísť o mladšie žilné systémy.

Práca rozširuje poznatky o geochemických aureolách tejto metalogeneticky špecializovanej intrúzie, a pretože ide o prvý výskyt takéhoto zrudnenia u nás, sú tieto poznatky dôležité i z prospekčného hľadiska. Získali sa údaje o distribúcii a obsahu prvkov v pôdach tejto oblasti.

Použitý spôsob vyhodnotenia výsledkov dovoľuje získať dostatočný obraz o charaktere distribúcie prvkov a tvorbe aureol. Výsledky poukazujú, že geochemickú metódu možno plne aplikovať na vyhľadávanie meďnato-porfýrových ložísk v širšej oblasti stredoslovenských neovulkanitov.

Literatúra

- Beus, A. A. — Grigorjan, S. V. 1975: Geochemičeskije metody i razvedka mestoroždenij tverdyh poleznyh iskopajemych. Moskva. 278 s.
- Burian, J. et al. 1980a: Závěrečná správa a výpočet zásob, Zlatno. Manuskript — Geofond Bratislava. 176 s.
- Burian, J. et al. 1980b: Závěrečná správa z účelového geologického mapovania lokality Zlatno. Manuskript — Geofond Bratislava. 105 s.
- Matula, I. — Šesták, P. 1981: Blokdiagramové zobrazenie súhrnných geochemických údajov výpočtovým zariadením Olivetti. Manuskript — Geologický prieskum Spišská Nová Ves, 61 s.
- Nurmi, A. P. 1984: Application of lithogeochemistry in the search for Proterozoic porphyry-type molybdenium, copper and gold deposits, southern Finland. Geological Survey of Finland, Bull. 329, s. 40.
- Rozložník, L. — Zábranský, F. 1971: O výskyte žilnikovo-impregnačného zrudnenia medzi obcami Banská Hodruša, Vysoká a Uhliská. Miner. slov., 3, s. 85—94.
- Smolka, J. 1979: Petrografická povaha a vzťah intrúzie granodioritového porfyritu k neovulkanickým komplexom v okolí Zlatna. Miner. slov., 11, s. 343—353.

Soil geochemical haloes of the Zlatno porphyry copper deposit (Štiavnické vrchy Mts., Central Slovakia)

The paper summarizes knowledge obtained during a soil sampling geochemical reconnaissance campaign over the Zlatno porphyry copper deposit. Results allow to judge over the efficiency of used methodics and to sketch the features testifying the metallogenetic specialization of a granodiorite porphyrite intrusive body.

Soil geochemical sampling was applied and the analysed elements were copper, lead, zinc, silver, tin, molybdenium, nickel and cobalt. Analytical data were further statistically evaluated using the $\bar{x} \pm 1, 2$ and 3σ (standard deviation) criteria for anomalous limit values in the sample population. Obtained results have been graphically plotted into isoline

maps with three-dimensional presentation of element distribution.

Distribution characteristics of single elements are discussed. Indicator elements for copper ore are Cu, Sn and Mo (called main positive anomalous indicators) whereas Ni and Co may be used as indirect indicators of porphyry copper ore. Anomalous zones of lead, zinc and silver content in soil samples have been found near the intrusive. The origin of these anomalous concentrations may alternatively be explained as result of intrusive body activity or of subsequent processes.

Due to good results, the used methodics is applicable to prospection purposes for similar types of ore concentrations.