

Geochemická zonálnosť stratiformnej sulfidickej mineralizácie v oblasti Smolník — Štós — Medzev

MARTIN RADVANEC, BORIS BARTALSKÝ

Geologický prieskum, n. p., 052 80 Spišská Nová Ves

Doručené 3. 4. 1987

Геохимическая зональность стратиформной сульфидной минерализации в районе Смолник—Штос—Медзев, Восточная Словакия

При помощи геохимической зональности и её сравнения с подобными типами месторождений в мире авторы попытались прогнозировать стратиформную сульфидную минерализацию связанную с нижним рудоносным горизонтом, который является составной частью нижнего пёстрого вулканического комплекса в районе Смолник—Штос—Медзев (Спишско-гемерское рудогорье). Геохимический ореол с повышенным содержанием олова и бария развит в особой зоне с точки зрения пространственной зональности минерализации. Ассоциация цинка и $\pm$ олова является самой выразительной в переходной части рудоносного горизонта и вблизи центра орудинения, ближе всего к излиянию флюида, встречаются самые высокие содержания меди, мышьяка, серебра, $\pm$ цинка и $\pm$ свинца.

Geochemical zoning of stratiform sulphide ore mineralization in the Smolník — Štós — Medzev area, Eastern Slovakia

We have attempted to prognosticate a stratiform sulphide ore mineralization bound on the Lower ore-bearing horizon, which is the part of the Lower variegated volcanic complex in the Smolník — Štós — Medzev area (the Spišsko-gemerské rudohorie Mts.), using geochemical zoning and their comparison with similar type of deposits in the world.

From the point of view of spatial zoning of mineralization, the geochemical halo with increased contents of Sn and Ba has been formed in the external zone. The Zn, $\pm$ Sn association is the most significant in the transition part of the ore-bearing bed. The highest concentrations of Cu, As, Ag, $\pm$ Pb, $\pm$ Zn are in the vicinity of the centrum of ore mineralization, close to the effusion of fluidum.

Sulfidická stratiformná mineralizácia je v Spišsko-gemerskom rudohorí (SGR) veľmi rozšírená, aj keď z ekonomického hľadiska nie je taká významná ako žilná. Pri Smolníku sa zrudnenie ťaží a vyhľadávajú

prieskum sa robí v oblasti Mníška nad Hnilcom.

Naším cieľom bolo pomocou geochemickej zonálnosti urobiť v oblasti Smolníka, Štósu a Medzeva (včítane ložíška Smol-

ník) etalón tejto mineralizácie a stanoví jej prognózy. Práce sme urobili v rámci projektu SGR-geofyzika.

Geológia ložiskovej oblasti

Sulfidická stratiformná mineralizácia v SGR sa vyskytuje v dvoch horizontoch staršieho paleozoika, a to vo vrchnom (napr. Mníšek nad Hnilcom) a v spodnom rudonosnom horizonte (napr. Smolník — Štós — Medzev). Spodný rudonosný horizont tvorí bázu smolníckeho súvrstvia (súvrstvie zelených fylitov) a vrchný je pod hnileckým (vulkanickým) súvrstvom (Grecula, 1982).

Spodný rudonosný horizont je súčasťou spodného pestrého vulkanického komplexu s bimodálnou vulkanickou formáciou, ktorá je zložená z výlevov a pyroklastík bazaltového a keratofýrového charakteru s vložkami klastických metasedimentov. Najkompletnejšia asociácia týchto hornín je v oblasti vulkanických centier. Super-

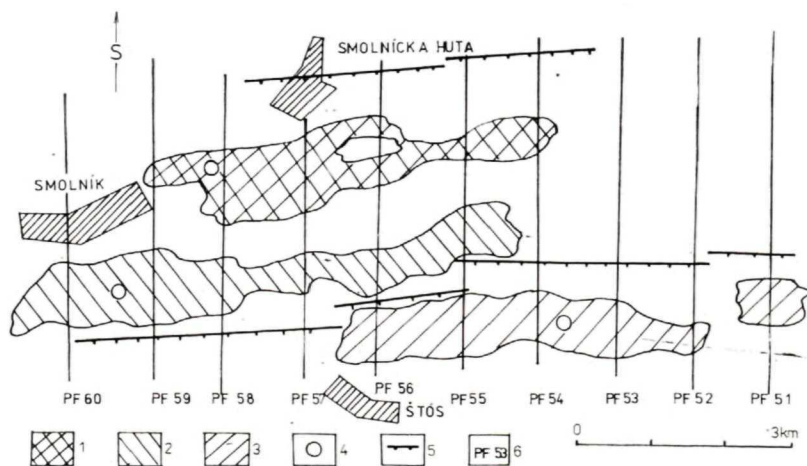
pozične vyššie sa nachádzajú laminované rudonosné fylity, ktoré sa často striedajú s metapyroklastickými horninami. Prevládajú jemnozrnné až strednozrnné diabázové metapyroklastiká striedajúce sa s laminovanými kremenitými fylitmi. Na povrchu majú často hrdzavú farbu po zvetraní vtrúseninovej prevažne pyritovej mineralizácie. V tomto horizonte sa nachádza aj ložisko pyritovo-chalkopyritových rúd Smolník.

Nadložie spodného rudonosného horizontu tvoria fylity Ostrého vrchu. Sú prechodným členom medzi nadložným hrubozrnným flyšovým vývojom, ktorý má povahu distálneho flyšu (l. c.).

Tektonická stavba študovanej oblasti je príkrovová. Stratiformná sulfidická mineralizácia sa nachádza v jedľoveckom a medzevskom príkrove (obr. 1).

Pracovný postup

Vzorky hornín z rudonosného horizontu



Obr. 1. Oblasti rozšírenia spodného rudonosného horizontu. 1 — jedľovecký príkrov-severný pruh, 2 — jedľovecký príkrov-južný pruh, 3 — medzevský príkrov, 4 — predpokladané vulkanické centrá, 5 — hranice príkrovov, 6 — geochemické profily

Fig. 1. The areas with the Lower ore-bearing horizon occurrences. 1 — the Jedľovec nappe-the northern strip, 2 — the Jedľovec nappe-the southern strip, 3 — the Medzev nappe, 4 — assumed volcanic centres, 5 — nappe boundaries, 6 — geochemical profiles

sme odobrali pri verifikácii výsledkov geofyzikálnych metód, pôdnej metalometrie a litologického profilu na profiloch s krokom 100 m (obr. 1) a na 5. a 10. banskom horizonte ložiska Smolník s krokom 20 m. Obsah Sn, B, Ag, Cu, Pb, Zn, Ba, Sr, Sb, W, Mo, Bi, Rb, Ni, Co, As, CaO, Na₂O, K₂O v 90 vzorkách sa stanovil kvantitatívne v laboratórnom stredisku Geologického prieskumu v Spišskej Novej Vsi. Analyzované vzorky sme spracovali multivariačnými matematickými metódami pomocou hlavných komponentov a faktorovou analýzou (Tapák — Radvanec, 1985). Výpočet vychádzal z typu R korelačnej matice párových lineárnych koeficientov. Interpretovali sme výsledky z kolmého (Varimax) a kosouhlého rotovania (Promax) faktorových osí (tab. 1). Vzorky rudy a vzorky s anomálnym obsahom sme zo súboru štatistickými testmi pred výpočtom vylúčili.

Matematicky spracovaný súbor chemických analýz sme rozdelili podľa pruhov výskytu stratiformnej mineralizácie a geologickej situácie na severný (spolu s analýzami z ložiska Smolník) a južný pruh v jedľoveckom príkrove a podľa mineralizácie v medzevskom príkrove (obr. 1).

Takto podľa pruhov rozdelené analýzy sme navzájom porovnávali vo faktorovej rovine (obr. 5, 6, 7). Výsledky z najviac preskúmanej oblasti (severný pruh s ložiskom Smolník) sme porovnávali s výsledkami z ostatných pruhov. Na ložisku Smolník sme sledovali zmeny geochemickej zonálnosti aj pomocou vzťahov Sn — Zn — Cu, Ba — Rb — Sr a Na₂O + K₂O/CaO.

Geochemická zonálnosť ložiska Smolník

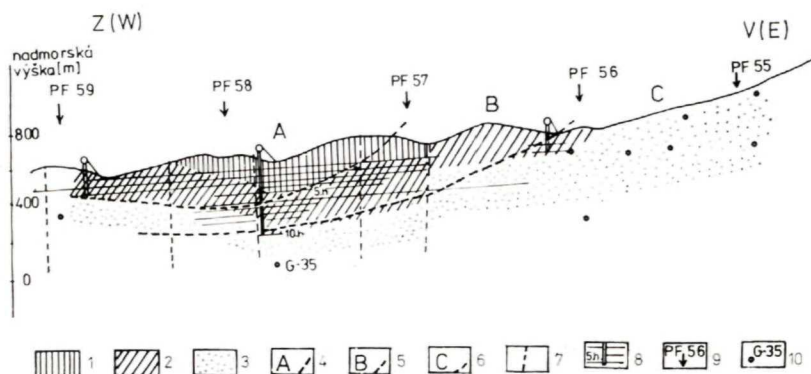
Priestorové rozmiestnenie geochemických aureol na ložisku Smolník je v zhode s vertikálnymi i horizontálnymi zmenami mineralizácie. Zrudnenie v centrálnej časti tvorí masívne liate pyritové zrudnenie v tvare šošoviek (Čillík, 1953). Smerom k periférnym častiam ubúda liatych rúd a prevláda vtrúseninová pyritovo-chalkopyritová mineralizácia. Na 10. horizonte má podľa našich pozorovaní a podľa informácií získaných na závide Smolník prevahu vtrúseninová pyritovo-pyrotínová mineralizácia (obr. 2).

V rozptýlenej vtrúseninovej mineralizácii dochádza v sulfidoch k obohateniu o ťažký izotop síry (³⁴S), ktorý pochádza zo sulfátov

TAB. 1

Matica faktorových záťaží z kosouhlého rotovania (Promax)
Matrix of factor loads from oblique rotation

	Fakt. 1	Fakt. 2	Fakt. 3	Fakt. 4	Fakt. 5	Fakt. 6
Sn	0.048	-0.045	0.007	-0.002	0.031	-0.662
B	0.173	0.150	-0.350	0.483	-0.029	-0.230
Ag	-0.067	0.825	0.022	0.048	0.085	-0.011
Cu	0.057	0.802	0.052	-0.072	-0.066	0.059
Pb	-0.028	-0.011	0.032	0.031	0.579	0.007
Zn	0.231	-0.018	0.171	0.141	0.013	0.294
Ni	0.813	-0.025	-0.193	-0.004	0.045	0.071
Co	0.812	-0.013	0.141	-0.049	-0.028	-0.111
As	0.045	0.039	-0.014	-0.040	0.625	-0.038
Rb	0.080	-0.071	-0.683	0.031	-0.013	-0.201
Sr	-0.067	-0.073	0.085	0.819	-0.001	0.051
Ba	-0.035	-0.017	-0.646	-0.068	0.015	0.173



Obr. 2. Schematický priečný rez ložiskom Smolník (pri zostrojení rezu sme použili podklady ŽB, závod Smolník, Ilavský — Matkulčík, 1977; Onačila, 1982). 1 — masívne liate pyritové rudy, 2 — vtrúseninová pyritovo-chalkopyritová mineralizácia, 3 — vtrúseninová pyritovo-pyrotínová mineralizácia, 4 — geochemická aureola Cu, Ag, As, $\pm$ Pb, $\pm$ Zn, 5 — geochemická aureola Zn, $\pm$ Sn, 6 — geochemická aureola Sn, Ba, 7 — tektonické poruchy, 8 — banské diela, 9 — priesečník rezu s geochemickými profilmi, 10 — priesečník vrtu s rudonosným horizontom

Fig. 2. Schematic cross section through the Smolník deposit (using data by Železrudné Bane, the Smolník establishment, Ilavský — Matkulčík, 1977; Onačila, 1982). 1 — massive pyrite ores, 2 — disseminated pyrite-chalcopyrite ore mineralization, 3 — disseminated pyrite-pyrrhotite ore mineralization, 4 — geochemical halo of Cu, Ag, As, $\pm$ Pb, $\pm$ Zn, 5 — geochemical halo of Zn, $\pm$ Sn, 6 — geochemical halo of Sn, Ba, 7 — tectonic faults, 8 — mining works, 9 — point of intersection of a cross section with geochemical profiles, 10 — point of intersection of a borehole with a ore-bearing horizon

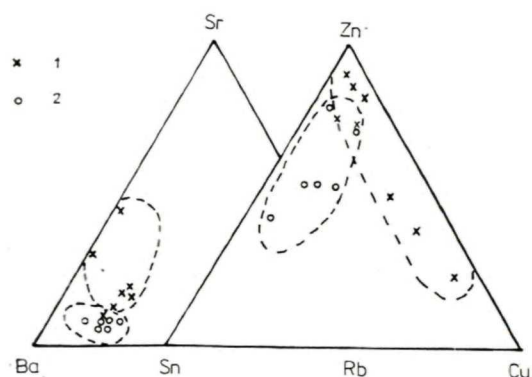
morskej vody (Scott et al., 1985). To znamená, že pri vzniku už dochádzalo k silnému miešaniu rudonosného fluida s morskou vodou. Najnižšie hodnoty $\delta^{34}\text{S}$ (8–11 ‰) sú na ložisku v masívnych a zvrstvených rudách (Kantor — Rybár, 1970), ktoré reprezentujú centrálnu časť mineralizácie. Vo vtrúseninových formách mineralizácie sú hodnoty $\delta^{34}\text{S}$ vyššie (12–16 ‰) a predstavujú externú časť mineralizácie.

Vertikálna zmena geochemickej zonálnosti na ložisku Smolník je zreteľná zo vzťahov Sn—Zn—Cu, Ba—Rb—Sr (obr. 3). Bilančná sulfidická mineralizácia (centrálna časť) na 5. horizonte je dobre preukázaná trendom Zn—Cu. Prevažne vtrúseninovú pyritovú a pyrotínovú mineralizáciu, ktorá tvorí okraj produktívnej zóny (prechodná časť), indikuje trend Zn—Sn na 10. horizonte. Okrajové časti minera-

lizácie (externá časť) indikuje Ba aureola podobne ako Sn aureola a je tiež vyvinutá na 10. horizonte.

Pri posúdení hĺbkovej perspektívy vývoja zrudnenia na 10. horizonte sme využili aj poznatky rozličných autorov, ktoré vyvodili z priebehov reakcií medzi horúcimi rudonosnými fluidami, morskou vodou a okolitými horninami.

Horúce fluidá obsahujúce chloridové komplexy a sulfidy sa dostávajú v interakčných zónach počas výstupu a po výleve na morské dno do rovnováhy so silikátmi a morskou vodou. Fluidá sa reakciami s okolitými horninami a morskou vodou neutralizujú a kationy Ca, Na, K, Mg sa viažu v rozpustných chloridových komplexoch (Lemier et al., 1986). Prehľad týchto chemických zmien v alterovaných zónach spracoval aj Plimer (1985). Väčšina



Obr. 3. Trojuholníkové diagramy Ba—Sr—Rb, Sn—Zn—Cu. 1 — vzorky z 5. horizontu ložiska Smolník, 2 — vzorky z 10. horizontu ložiska Smolník

Fig. 3. Triangular diagrams of Ba—Sr—Rb, Sn—Zn—Cu. 1 — samples from the 5th horizon of the Smolník deposit, 2 — samples from the 10th horizon of the Smolník deposit

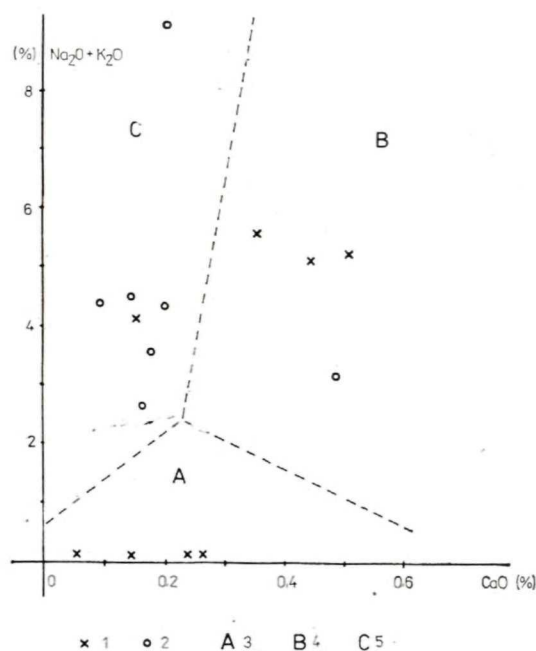
ložisk tohto typu je blízko centier výlevov fluid charakteristická alterovanou zónou hornín s veľmi nízkym obsahom Na_2O a K_2O . Intenzita alterácie je priamo závislá na vzdialenosti od prírodných kanálov fluid.

Výrazný pokles obsahu Na_2O a K_2O je len na 5. horizonte (obr. 4, plocha A). Na 10. horizonte sme prejavy alterácie neidentifikovali. Z toho vychodí, že zrudnenie na 10. horizonte vznikalo v externej zóne vplyvu fluid (plocha C). Zvýšený obsah CaO (plocha B) je odrazom väčšieho množstva pyroklastickej bázickej zložky (diabázové pyroklastikum) v pomere ku klastickej zložke pôvodného sedimentu. Na 5. horizonte obsahujú rudonosné fylity výrazný podiel bázického materiálu, zatiaľ čo na 10. horizonte sú prevažne len kremenité fylity s veľmi malým podielom bázických pyroklastik (z doterajšej ťažby je známe, že bilančné zrudnenie je najlepšie vyvinuté v tmavozelených fylitoch).

Výsledky faktorovej analýzy

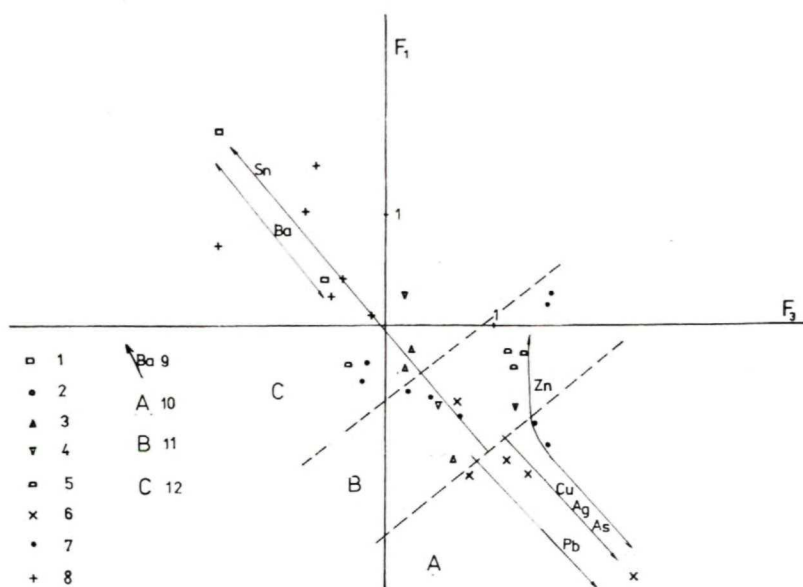
Z matice faktorových záťaží kosouhlého

rotovania vyplýva (tab. 1), že v prvom faktore má najvyššiu faktorovú záťaž Co, Ni, v druhom Ag, Cu, v treťom Rb, Ba, vo štvrtom B, Sr, v piatom Pb, As a v šiestom Sn. Nikel a kobalt odrážajú v rudonosných fylitoch množstvo bázickej pyroklastickej zložky. Faktor F_3 sýtia prvky, ktoré sa vo fylitoch tiež viažu izomorfne. (Určitý obsah Ba viaže baryt, ale ten je



Obr. 4. Diagram $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ vo vzťahu k CaO v rudonosných chloriticko-sericitických fylitoch. 1 — vzorky z 5. horizontu ložiska Smolník, 2 — vzorky z 10. horizontu ložiska Smolník, 3 — alterované rudonosné fylity, 4 — rudonosné fylity s vyšším podielom bázickej pyroklastickej zložky, 5 — rudonosné fylity s malým podielom bázickej pyroklastickej zložky

Fig. 4. Diagram of $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ in relation to CaO in ore-bearing, chlorite-sericite phyllites. 1 — samples from the 5th horizon of the Smolník deposit, 2 — samples from the 10th horizon of the Smolník deposit, 3 — altered ore-bearing phyllites, 4 — ore bearing phyllites with higher content of basis pyroclastic component, 5 — ore-bearing phyllites with a small content of basic pyroclastic component



Obr. 5. Distribúcia horninových vzoriek rudonosného horizontu jedľoveckého príkrovu-severný pruh vo faktorovej rovine F_1 , F_3 . 1 — vzorky z profilu 54, 2 — vzorky z profilu 55, 3 — vzorky z profilu 56, 4 — vzorky z profilu 57, 5 — vzorky z profilu 58, 6 — vzorky z profilu 59, 7 — vzorky z 5. horizontu ložiska Smolník, 8 — vzorky z 10. horizontu ložiska Smolník, 9 — trendy narastania obsahu prvkov, 10 — centrálna časť rudonosnej polohy — geochemická aureola Cu, Ag, As, $\pm$ Pb, $\pm$ Zn, 11 — prechodná časť rudonosnej polohy — geochemická aureola Zn, $\pm$ Sn, 12 — externá časť rudonosnej polohy — geochemická aureola Sn, Ba

Fig. 5. Distribution of rock samples from the Jedľovec nappe-northern strip ore-bearing horizon in the F_1 , F_3 factor section. 1 — samples from profile 54, 2 — samples from profile 55, 3 — samples from profile 56, 4 — samples from profile 57, 5 — samples from profile 58, 6 — samples from profile 59, 7 — samples from the 5th horizon of the Smolník deposit, 8 — samples from the 10th horizon of the Smolník deposit, 9 — increasing trends of element contents, 10 — central part of the ore-bearing horizon — geochemical halo of Cu, Ag, As, $\pm$ Pb, $\pm$ Zn, 11 — transition part of the ore-bearing horizon — geochemical halo of Zn, $\pm$ Sn, 12 — external part of the ore-bearing horizon — geochemical halo of Sn, Ba

v študovanom území zriedkavý, preto sme aj bárium zaradili medzi prvky odrážajúce zloženie fylitu). Faktorovú rovinu F_1 , F_3 sme použili ako podklad pre zobrazenie vzťahov v geochemickej zonálnosti stratiformnej sulfidickej mineralizácie. Ku každej vzorke zobrazenej v rovine F_1 , F_3 sme vyniesli aj jej skutočný obsah všetkých prvkov. Na ich základe sme zostavili geochemické trendy narastania obsahov jednotlivých prvkov vo faktorovej rovine

v jedľoveckom a medzevskom príkrove (obr. 5, 6, 7).

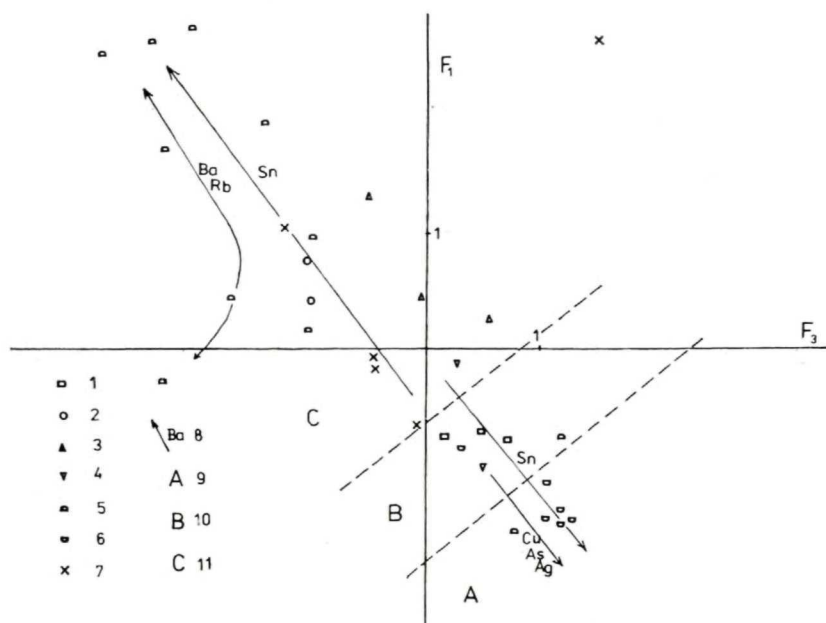
Severný pruh výskytu stratiformnej mineralizácie v jedľoveckom príkrove (včítane ložiska Smolník) sme porovnávali s výsledkami faktorovej analýzy z južného pruhu jedľoveckého a medzevského príkrovu. Externú časť mineralizácie (Sn, Ba aureola) v severnom pruhu jedľoveckého príkrovu reprezentujú vo faktorovej rovine F_1 , F_3 vzorky z 10. horizontu. Predsta-

vujú okrajovú časť mineralizácie najviac vzdialenú od centra výlevu fluida (obr. 5, pole C). Takýto charakter zrudnenia je v tomto pruhu aj na profile 54. Vzorky z tohto profilu sa taktiež nachádzajú v poli Sn — Ba.

Z prechodnej časti mineralizácie (pole B), t. j. v oblasti aureoly Zn, $\pm$ Sn, sú vzorky z profilov 55—58 a časť vzoriek z 5. horizontu. Pole A, kde je najvyšší obsah Cu, As, Ag, $\pm$ Pb, $\pm$ Zn, reprezen-

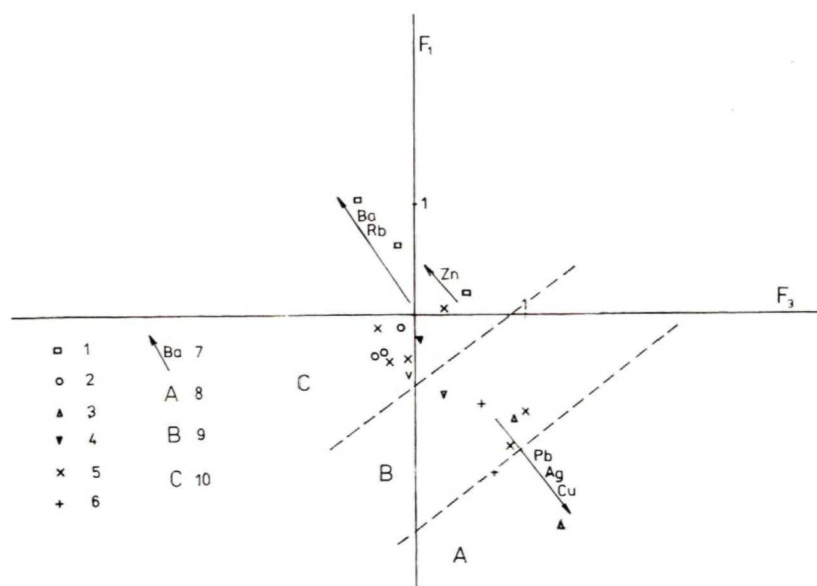
tuje centrálnu časť ložiska. Je to oblasť najbližšie k centru výlevu fluida. Patria sem vzorky profilu 59 a 5. banského horizontu (kde je ešte vyvinuté bilančné pyritovo-chalkopyritové zrudnenie; obr. 5). Vzorky priamo z východu ložiska na povrch, časť profilu 58, sme pre závaly odobrať nemohli, preto ich pozíciu vo faktorovej rovine poznáme len čiastočne.

Južný pruh výskytu stratiformnej mineralizácie v jedľoveckom príkrove (obr. 1)



Obr. 6. Distribúcia horninových vzoriek rudonosného horizontu jedľoveckého príkrovu-južný pruh vo faktorovej rovine F_1 , F_3 . 1 — vzorky z profilu 55, 2 — vzorky z profilu 56, 3 — vzorky z profilu 57, 4 — vzorky z profilu 58, 5 — vzorky z profilu 59, 6 — vzorky z profilu 59 — keratofýry a ich pyroklastiká s vysokými obsahmi Mo, 7 — vzorky z profilu 60, 8 — trendy narastania obsahu prvkov, 9 — centrálna časť rudonosnej polohy — geochemická aureola Cu, As, Ag, Sn, 10 — prechodná časť rudonosnej polohy — geochemická aureola Sn, 11 — externá časť rudonosnej polohy — geochemická aureola Sn, Ba, Rb

Fig. 6. Distribution of rock samples from the Jedľovec nappe-southern strip ore-bearing horizon in the F_1 , F_3 factor section. 1 — samples from profile 55, 2 — samples from profile 56, 3 — samples from profile 57, 4 — samples from profile 58, 5 — samples from profile 59, 6 — samples from profile 59 — keratophyres and their pyroclastics with high contents of Mo, 7 — samples from profile 60, 8 — increasing trends of element contents, 9 — central part of the ore-bearing bed — geochemical halo of Cu, As, Ag, Sn, 10 — transition part of ore-bearing bed — geochemical halo of Sn, 11 — external part of ore-bearing bed — geochemical halo of Sn, Ba, Rb



Obr. 7. Distribúcia horninových vzoriek rudoносného horizontu medzevského príkrovu vo faktorovej rovine F_1 , F_3 . 1 — vzorky z profilu 51, 2 — vzorky z profilu 52, 3 — vzorky z profilu 53, 4 — vzorky z profilu 54, 5 — vzorky z profilu 55, 6 — vzorky z profilu 56, 7 — trendy narastania obsahu prvkov, 8 — centrálna časť rudoносnej polohy — geochemická aureola Pb, Ag, Cu, 9 — prechodná časť rudoносnej polohy, 10 — externá časť rudoносnej polohy — geochemická aureola Ba, Rb, $\pm$ Zn

Fig. 7. Distribution of rock samples from the Medzev nappe ore-bearing horizon in the F_1 , F_3 factor section. 1 — samples from profile 51, 2 — samples from profile 52, 3 — samples from profile 53, 4 — samples from profile 54, 5 — samples from profile 55, 6 — samples from profile 56, 7 — increasing trends of element contents, 8 — central part of the ore-bearing horizon — geochemical halo of Pb, Ag, Cu, 9 — transition part of the ore-bearing horizon, 10 — external part of the ore-bearing horizon — geochemical halo of Ba, Rb, $\pm$ Zn

sme porovnávali so severným. Z porovnania pruhov vychodí, že v poli A, ktoré reprezentuje centrálnu časť zrudnenia, sa nachádzajú vzorky z profilov 59 a 60 (vzorka z profilu 60 je pre anomálnu hodnotu prvkov Ni, Co v 1. kvadrante faktorovej roviny F_1 , F_3 , veľkosťou faktora F_1 je však zaradená do poľa A; obr. 6). Centrálna časť zrudnenia (pole A) pravdepodobne indikujú miesta výlevov fluíd, ktoré sú priestorovo späté s vulkanickými centrami (Grecula, 1982). Blízkosť bázičných vulkanitov je v južnom pruhu na Kotlinci (profily 59, 60) potvrdená geofyzikálnym

prejavom v hĺbke a úlomkami diabázov a keratofýrov na povrchu (Grecula — Kucharič, 1985).

V južnom pruhu jedľoveckého príkrovu sme zistili výraznú Sn — Ba aureolu (až 960 ppm Sn) sprevádzanú Rb v chloritických fylitoch (profil 59, plocha C), ktoré sú v asociácii so silicitmi a keratofýrovými pyroklastikami. V pyroklastikách sa vyskytuje molybdenit s ferimolybdom (850 ppm Mo) a pyrit (Radvanec — Grecula, 1985). Bonavia — Mac Lean (1986) zaradili výskyt Sn a Mo v tomto type ložísk do skupiny prvkov s koeficientom

obohatenia 1—100 (ruda/hornina) v závislosti od vzdialenosti miesta výlevu fluid, pričom najmä Sn môže tvoriť významné akumulácie (ťaží sa ako vedľajší produkt). Sn — Ba (Rb) aureola je v južnom pruhu oveľa viac vyvinutá ako v severnom.

Stratiformná sulfidická mineralizácia v medzevskom príkrove (obr. 1) nemá výrazné geochemické aureoly (obr. 7). V porovnaní so severným pruhom (obr. 5) môžeme konštatovať, že najbližšie k výlevu fluida sú vzorky z profilu 53. Bázické horniny (diabázy) medzi profilmi 53—54 zmapoval Rozložník (1965) a Grecula (1972). Obaja konštatovali, že prevažne pyritová vtrúseninová mineralizácia v ich blízkosti je bez chalkopyritu, a preto nemá veľký ekonomický význam. Naše výsledky zo štúdia geochemickej zonálnosti túto skutočnosť potvrdzujú (obr. 7).

Diskusia výsledkov

Spracovaním litogeochemických vzoriek spodného rudonosného horizontu sme získali priestorový obraz o rozmiestnení primárnych geochemických aureol stratiformnej sulfidickej mineralizácie v oblasti Smolník — Štós — Medzev. Na ťažisku Smolník a jeho okolí (severný pruh; obr. 1) sme sledovali priestorovú distribúciu prvkov a posúdili perspektívu hĺbkového a horizontálneho vývoja zrudnenia (obr. 2, 3, 4, 5). Z našich pozorovaní vychodí, že hĺbkové pokračovanie ťažiska pod 10. horizont je veľmi nepravdepodobné, pretože podľa geochemickej zonálnosti ťažisko laterálne vyклиňuje (externá časť mineralizácie). Podobne pokračovanie ťažiska východným smerom (pod Lastovičí vrch; profil 54, obr. 1, 2) podľa geochemickej zonálnosti nepredpokladáme. Naše zistenia sú v zhode s doteraz známymi geologickými, mineralogickými a izotopnými údajmi a potvrdili ich aj technické práce.

Grecula (1972) zistil, že ťažisko Smolník

leží v severnom ramene úzkej synklinály, ktorej najnižšia časť je v profile vrtu G-35 (obr. 2). Pyritovo-chalkopyritové zrudnenie nedosahuje podľa autora ani túto hĺbku. Odlišná je predstava Ilavského (1963, 1965, 1968), Ilavského — Kantora (1967), Ilavského — Matkulčíka (1977), ktorí predpokladajú monoklinálne upadanie vulkanosedimentárneho komplexu s bilančným vývojom zrudnenia v hĺbke aj pod 10. horizont.

Z konfrontácie starších názorov, našich štúdií a neúspešného prieskumu na 10. horizonte vychádza, že geologické predpoklady Greculu (1972) sú plne v zhode s naším názorom na hĺbkový a horizontálny vývoj zrudnenia v okolí ťažiska Smolník, ktoré sme zistili z geochemickej zonálnosti (obr. 2).

Mineralizácia, ktorá sa nachádza v južnom pruhu stratiformného sulfidického zrudnenia v jedloveckom príkrove, má vyvinuté všetky aureoly. Výrazná je Sn-Ba (Rb) aureola s vysokým obsahom Sn a Mo (obr. 6). Na podobných ťažiskách dosahuje obsah týchto prvkov v rudonosnom horizonte až ekonomicky zaujímavé hodnoty. Z geochemického hodnotenia prognózy zrudnenia odporúčame tento pruh na prieskum.

Rudonosný horizont v medzevskom príkrove má len náznaky Cu-Pb-Ag mineralizácie (aureoly A, B, centrálna časť; obr. 7) a z hľadiska prognóz sa v celej oblasti hodnotí najnižšie. Tieto závery sú v súlade s predchádzajúcim prieskumom, ktorý sa tu realizoval (Rozložník, 1985; Grecula — Kucharič, 1985).

Porovnanie výsledkov a model vzniku stratiformnej mineralizácie

Súčasná znalosť priestorovej distribúcie mineralizácie a geochemická zonálnosť v oblasti Smolníka (severný pruh v jedloveckom príkrove) dovoľuje z pohľadu

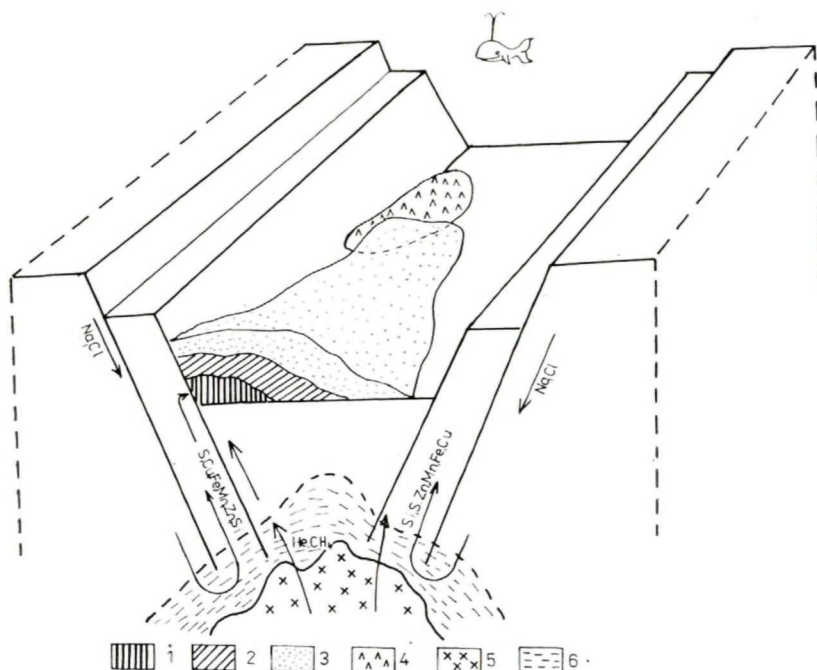
genézy porovnať stratiformnú sulfidickú mineralizáciu okolia Smolníka s podobnými typmi mineralizácie. Na základe porovnania s ložiskami podobného typu s podobnými geologickými údajmi sme vyčlenili oblasti, ktoré sú najbližšie k výlevu fluida (tu môžeme najskôr predpokladať mineralizáciu v bilančnom vývoji; pole A, B; obr. 4, 5, 6, 7).

Masívne liate rudy vznikajú v blízkosti najintenzívnejšieho pôsobenia fluida, t. j. blízko jeho výlevu na morské dno. Vtrúseninová mineralizácia sa nachádza v okrajových častiach ložísk (Eldridge et al., 1983). Zmeny v usporiadaní mineralizácie smerom z masívnych a zvrstvených (Pb-Zn) $\pm$ Cu rúd k okrajovej rozptýlenej mineralizácii tvorenej pyritom a pyrotinom sú opisované aj na Brunswických telesách stratiformných sulfidických rúd (van Staal — Williams, 1984). Najbližšie k miestu výlevu fluida vznikol chalkopyrit, potom galenit a sfalerit. Závislosť zvyšovania pomeru Zn, $\pm$ Pb/Cu na vzdialenosti od výlevu geochemicky aktívneho fluida je na stratiformných ložiskách podobného typu známa napr. zo švédskych a nórskych kaledonid (Sundblad, 1981), z ložísk južnej Afriky (Middleton, 1976 in Plimer, 1985) a v iberskom pyritovom páse (Strauss — Madel, 1974). V rámci vzájomného vzťahu Pb a Zn je známe, že chloridové komplexy s Pb sú stabilnejšie vo fluide pri vyšších teplotách (320—350 °C) než chloridové komplexy so Zn (Helgenson, 1969), a preto v blízkosti výlevu fluida na dno bazénu sa nachádzajú rudy bohatšie na galenit a vo vzdialenejších častiach je hojnejší sfalerit. Pribúdanie Ba v externých zónach (prípadne barytu) je opísané na sulfidických stratiformných ložiskách Austrálie (Plimer, 1985). Niektoré ložiská obsahujú v týchto zónach veľa Sn. Na ložisku Sullivan (Kanada) prekrývajúci stratiformný horizont obsahuje kassiterit (Walker et al., 1975). V iberskom pyrito-

vom páse je zase v najvrchnejších polohách stratiformných rúd prítomný stanín (Kersabiec — Roger, 1976 in Plimer, 1985). Aj kryštalizácia sprievodných kyslíčnikov v stratiformnej sulfidickej mineralizácii je závislá od vzdialenosti od centra výlevu fluida (zvyšujú sa hodnoty Eh a f_{O_2} fluida; hodnoty sú závislé aj od hĺbky sedimentačného bazénu). V prechodnej až externej časti sulfidickej mineralizácie často kryštalizuje rutil, anatas a ilmenit. Najexternejšie prejavy vplyvu fluíd indikujú polohy čiernych, červených a zelených jaspisov a hematitových kvarcitov (Plimer, 1985).

Rutil opísal v externej časti stratiformnej mineralizácie (Sn, Ba, $\pm$ Rb aureola) v južnom pruhu jedľoveckého prikrovu Radvanec — Grecula (1985). Existencia hematitových kvarcitov a jaspilitov je známa z mnohých miest výskytu stratiformnej sulfidickej mineralizácie gemerika.

Z doteraz známych údajov sme doplnili o geochemickú zonálnosť model vzniku stratiformnej polymetalickej mineralizácie viazanej v spodnom rudonosnom horizonte gemerika (obr. 8). Model urobil na základe paleogeografickej a paleotektonickej rekonštrukcie staropaleozoickej sedimentačnej provincie gemerika Grecula (1982). Vznik stratiformnej polymetalickej sulfidickej mineralizácie súvisí s významnými, hlboko siahajúcimi diskontinuitami, resp. zónami diskontinuít transkrustálneho významu, ktoré boli súčasťou vyvíjajúceho sa staropaleozoického riftového systému. Hlboko preniknutá morská voda sa obohacuje o kovové prvky. V hĺbke sa mieša s pôvodne magmatickými a metamorfnými fluidami. Zvyšuje svoju geochemickú aktivitu, schopnosť mobilizovať kovy zo silikátov a prenášať ich. V podobe geochemicky aktívneho fluida sa vracia na morské dno. Reakciami medzi morskou vodou, fluidom a horninou vznikajú stratiformné polymetalické rudy (Hutchinson et al.,



Obr. 8. Schematický model vzniku stratiformnej sulfidickej mineralizácie v oblasti Smolník — Stós — Medzev. 1 — masívne liate pyritové rudy — geochemická aureola Cu, Ag, As, $\pm$ Pb, $\pm$ Zn, 2 — vtrúseninová pyritovo-chalkopyritová mineralizácia — geochemická aureola Zn, $\pm$ Sn, 3 — vtrúseninová pyritovo-pyrotínová mineralizácia — geochemická aureola Sn, Ba, $\pm$ Rb, 4 — keratofýry a ich pyroklastiká s Mo mineralizáciou, 5 — magmatický kozub, 6 — zóna termickej metamorfózy a miešania metamorfných a magmatických flúid a morskej vody

Fig. 8. Schematic model of the origin of stratiform sulphide ore mineralization in the Smolník — Stós — Medzev area. 1 — massive pyrite ores — geochemical halo of Cu, Ag, As, $\pm$ Pb, $\pm$ Zn, 2 — disseminated pyrite-chalcopyrite ore mineralization — geochemical halo of Zn, $\pm$ Sn, 3 — disseminated pyrite-pyrrhotite ore mineralization — geochemical halo of Sn, Ba, $\pm$ Rb, 4 — keratophyres and their pyroclastics with Mo mineralization, 5 — magmatic chamber, 6 — zone of thermic metamorphism and mixing of metamorphic magmatic fluids and sea water respectively

1980; Grecula, 1982; Plimer, 1985; Rona, 1986). Schematicky znázornené geochemické aureoly vychádzajú z doteraz uvedených skutočností (obr. 8). Najbližšie k miestu výlevu flúid v spodnom rudonosnom horizonte gemerika sú masívne liate pyritové rudy indikované geochemickou aureolou Cu, Ag, As, $\pm$ Pb, $\pm$ Zn (centrálna časť). Vtrúseninová pyritovo-chalkopyritová mineralizácia je vyvinutá v susedstve (prechodná časť) miesta výlevu

flúid a indikuje ju Zn, $\pm$ Sn aureola. Externá časť mineralizácie (vtrúseninová pyritovo-pyrotínová) je vyvinutá v miestach najviac vzdialených od výlevu flúid a indikuje ju Sn, Ba, $\pm$ Rb aureola.

Záver

Spracovaním vzoriek spodného rudonosného horizontu sme vyčlenili primárne geochemické aureoly sulfidickej strati-

formnej mineralizácie.

Geochemická aureola so zvýšeným obsahom prvkov Sn, Ba, $\pm$ Rb je vyvinutá v externej zóne z hľadiska priestorovej zonálnosti mineralizácie. Asociácia Zn, $\pm$ Sn je najvýraznejšia v prechodnej časti rudonosnej polohy a v blízkosti centra zrudnenia (najbližšie k výlevu fluid) je najvyšší obsah Cu, As, Ag, $\pm$ Pb, $\pm$ Zn (obr. 5, 6, 7, 8).

Na základe týchto zistení a porovnaní so svetovými ložiskami podobného typu sme prognózne hodnotili výskyt tohto typu mineralizácie v oblasti Smolník — Štós — Medzev (vrátane ložiska Smolník). Z nášho štúdia vychádza, že pokračovanie ložiska Smolník v hĺbke (pod 10. horizontom) a východným smerom pod Lastovičí vrch je nereálne, pretože podľa geochemickej zonálnosti ložisko končí. Na základe geochemickej zonálnosti je nádejná oblasť Kotlinca (predpokladané vulkanické centrum), kde je vyvinutá výrazná Sn aureola s vysokým obsahom Mo. Stratiformná mineralizácia v medzevskom príkrove je najmenej prognózna a bilančné pyritovo-chalkopyritové zrudnenie tu nie je vyvinuté.

Štúdiom geochemickej zonálnosti a jej distribúcie sme v oblasti Smolník — Štós — Medzev urobili etalón stratiformnej sulfidickej mineralizácie, ku ktorému budeme porovnávať aj náhodne odobrané vzorky z ostatnej časti SGR, pretože pri prognózovaní stratiformnej mineralizácie je dôležité zaradiť odobranú vzorku podľa geochemických aureol (A, B, C). Takto zistíme polohu odobraných vzoriek v rámci priestorovej distribúcie zrudnenia a podľa toho posudzujeme perspektívu prieskumu tohto typu mineralizácie z geochemického hľadiska.

Literatúra

Bonavia, F. F. — MacLean, H. W. 1986: Geology and ore enrichment factors at the

- Radiore mine, Quebec. *Min. Deposita*, 21, 137—146.
- Čillík, I. 1953: Smolník — pyrit, graf. prílohy. *Manuskript — archív GP Spišská Nová Ves*.
- Eldridge, S. C. — Barton, B. P. — Ohmoto, H. 1983: Mineral Textures and their bearing on formation of the kuroko orebodies. *Econ. Geol. Monogr.*, 5, 241—281.
- Grecula, P. 1972: Problémy stratiformných ložísk kýzovej formácie v staršom paleozoiku Spišsko-gemerského rudohoria. *Miner. slov.*, 4, 15, 117—135.
- Grecula, P. 1982: Gemerikum — segment riftogénneho bazénu Paleotetýdy. *Miner. slov. — Monogr., Bratislava, Alfa*, 263 s.
- Grecula, P. — Kucharič, L. 1985: Ciastková záverečná správa SGR — geofyzika — VP, rudy a nerudy. *Manuskript — archív GP Spišská Nová Ves*.
- Helgenson, N. C. 1969: Thermodynamics of hydrothermal systems at elevated temperatures and pressures. *Amer. J. Science*, 267, 729—804.
- Hutchinson, R. W. — Fyfe, W. S. — Kerrich, R. 1980: Deep fluid penetration and ore deposition. *Miner. Sci. Engng.*, 12, 107—120.
- Ilavský, J. 1963: Stratigrafické kritériá pre vyhľadávanie metasomatických a sediment. rúd v gemeridách. *Manuskript — Geofond Bratislava*.
- Ilavský, J. — Litavec, J. 1965: Prognózy exhalčno-sedimentárnych kýzových rúd v okolí Smolníka. *Manuskript — Geofond Bratislava*.
- Ilavský, J. — Kantor, J. 1967: Geologický vývoj Slovenska vzhľadom na akumuláciu nerastných surovín. In: *Nerastné suroviny Slovenska, Bratislava*.
- Ilavský, J. 1968: Smolník — stratiformné ložisko pyrit-chalkopyritových rúd. *Manuskript — Geofond Bratislava*.
- Ilavský, J. — Matkulčík, E. 1977: Projektová štúdia na ďalšie vyhľadávanie pyrit-mednatých a polymetalických rúd v okolí Smolníka (SGR). [Ciastková záverečná správa.] *Manuskript — archív GP Spišská Nová Ves*, 81 s.
- Kantor, J. — Rybár, M. 1970: Sulfur Isotopes at the Smolník and Mníšek nad Hnilcom sulphide deposits of the Cambro-Silurian series, Spiš — Gemer ore Mts., Czechoslovakia. *Geol. Zbor. Geol. carpath.*, XXI, 1, 3—43.
- Lemiere, B. — Delfour, J. — Moine, B. — Piboule, M. — Ploquin, A. — Snard, P. — Tegye, M. 1986: Hydrothermal alteration and formation of aluminous haloes around sulfide deposits. *Min. Deposita*, 21, 147—155.
- Onačila, D. 1982: Zhodnotenie prognóz východnej časti smolnickeho rudného poľa

- s ohľadom na Cu rudy a návrh ďalšieho prieskumu. [Čiastková záverečná správa.] *Manuskript — archív GP Spišská Nová Ves*, 239 s.
- Plimer, R. I. 1985: Advanced course: Submarine exhalative ores. *Prague, Geological Survey*, 394 s.
- Radvanec, M. — Grecula, P. 1985: Geochemické anomálie Sn a Mo v rudonosnom vulkanickom horizonte staršieho paleozoika Gemerika. *Miner. slov.*, 17, 565—571.
- Radvanec, M. — Tápák, J. 1985: Multivariačné matematické metódy. Prognózovanie nerastných surovín pomocou matematických metód. *Manuskript — archív GP Spišská Nová Ves*.
- Rona, P. A. 1986: Mineral deposit from sea-floor Hot-Springs. *Scientific American*, 1.
- Rozložník, O. 1965: Záverečná správa z VP Medzev-okolie. *Manuskript — archív GP Spišská Nová Ves*, 245 s.
- Strauss, G. K. — Madel, J. 1974: Geology of massive sulphide deposits in the Spanish — Portuguese pyrite belt. *Geol. Rdsch.*, 63, 191—211.
- Sundblland, K. 1981: Chemical evidence for and implication of a primary FeS phase in Ankar vattnet Zn-Cu-Pb massive sulphide deposit, Central Swedish Caledonides. *Min. Deposita*, 16, 129—146.
- Staal, C. R. van — Williams, P. F. 1984: Structure, origin a concentration of the Brunswick 12 and 6 ore-bodies. *Econ. Geol.*, 79, 1669—1692.
- Walker, R. R. — Matulich, A. — Amos, A. C. — Watkins, J. J. — Mannard, G. W. 1975: The geology of the Kidd Greek Mine. *Econ. Geol.*, 70, 80—89.

Geochemical zoning of stratiform sulphide ore mineralization in the Smolník — Štós — Medzev area, Eastern Slovakia

Sulphide stratiform ore mineralization, bound on the Lower ore bearing horizon, which is the part of the Lower variegated volcanic complex is widely spread in the Spišsko-gemerské rudohorie Mts., even if it is not as economically important as vein mineralization. It is mined out near Smolník and prospecting is being performed in the Mníšek nad Hnilcom area.

We have attempted to evaluate prognostically the mineralization in the Smolník — Štós — Medzev area using geochemical zoning and its comparison with similar deposits in the world. We have worked out an etalon of this type of mineralization — the Smolník deposit — and we have compared other sample from the ore-bearing horizon with it. The zoning was made using the factor analysis of the R type. The results were checked by mineralogical zoning on the deposit. Geochemical halo with increased

contents of Sn and Ba is developed in the external zone, from the point of view of spatial zoning of mineralization. The Zn, $\pm$ Sn association is the most significant in transition part of the ore-bearing horizon and in the vicinity of ore mineralization centre, the highest contents of Cu, As, Ag, $\pm$ Pb, $\pm$ Zn are closet to the effusion of fluids.

It stands out from our study that the continuation of the Smolník deposit in the depth (under the 10th horizon) and eastward is not real, because the deposit finishes according to the geochemical zoning. The Kotlinec area (the southern strips of stratiform ore mineralization in the Jedľovec nappe), where a distinct halo of Sn with high contents of Mo is developed, is more prospective on the basis of this zoning. Stratiform mineralization in the Medzev nappe is the least prospective and the balance mineralization is not developed here.