

Porovnanie metalogenézy stredoslovenských a východoslovenských neovulkanitov

JAROSLAV ŠTOHL¹, MICHAL KALIČIAK²

¹Geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

²Geologický ústav D. Štúra, Garbanova 1, 040 11 Košice

(Doručené 15. 11. 1988, revidovaná verzia doručená 2. 1. 1989)

Common features and differences in metallogenesis of Middle and East Slovakian neovolcanites

The paper gives mutual confrontation of common features and differences of the Middle and East Slovakian volcanic regions respectively. The principal and common feature in metallogenesis of both regions is the structural and genetic bond of ore mineralization on central volcanic zones of andesite stratovolcanoes and the stage development of mineralization. The differences are in chronological development of mineralization, which reflects chronological development of volcanism, in mineral and paragenetic assemblages and in the composition of sulphur isotopes.

Úvod

Jedným z najvýznamnejších geologických objektov v geologickej stavbe Západných Karpát sú neovulkanity, v ktorých možno skúmať metalogenetické procesy v priamej závislosti od vývoja vulkanizmu v čase a priestore. V oblasti stredoslovenských a východoslovenských neovulkanitov sa v ostatných rokoch vykonalo množstvo prác, ktoré priniesli nové poznatky, cenné geologické údaje a fakty, ktoré umožňujú postupne objasňovať otázky zákonitosti geologickej stavby, otázky časového a priestorového vývoja vulkanizmu, modelovať hydrotermálne a metalogenetické procesy v oboch regiónoch a vzájomne ich porovnávať.

Vývoj neogénneho vulkanizmu na strednom a východnom Slovensku, jeho časový a priestorový vývoj vo vzťahu k tektonike publikovali viacerí autori (Slávik a Konečný, 1972; Kaličiak, Konečný a Lexa, 1989). Z oboch vulkanických regiónov bolo doteraz publikovaných pomerne veľa prác, ktoré sa priamo týkajú problematiky ložísk a metalogenézy (Bacsó a Ďuďa, 1988; Böhmer, 1977, 1981; Burian et al., 1985; Burian a Smolka, 1982; Kaličiak a Ďuďa, 1981; Divinec et al., 1988; Rozložník, 1969; Slavkay, 1981; Štohl, 1962, 1976, 1982 a iní).

Výsledky spoločného riešenia mnohých geologických problémov v týchto regiónoch majú priaznivý dopad na štúdium metalogenézy a zákonitosti rozmiestnenia rudných ložísk vo vulkanických štruktúrach.

V našom príspevku predovšetkým porovnáваме metalogenézu vo vulkanických areáloch stredného a východného Slovenska z hľadiska ich spoločných znakov a rozdielov. Myslíme si, že toto vzájomné porovnávanie nám môže v budúcnosti pomôcť objasniť a doplniť absentujúce prvky v doterajších výskumných a prieskumných geologických prácach.

Vzťah vulkanizmu, tektoniky a metalogenézy

Základným znakom vývoja neogénneho vulkanizmu na strednom a východnom Slovensku je úzky časový a priestorový vzťah medzi vulkanickou aktivitou a blokovou tektonikou územia, ktorá v konečnom dôsledku zohrala významnú úlohu pri vzniku a lokalizácii vulkanických centier. Napriek tomu vo vývoji vulkanizmu v týchto regiónoch pozorovať niekoľko zásadných odlišností, ktoré sa odrazili aj v metalogenetickom vývoji.

Zatiaľ čo v oblasti stredného Slovenska obdobie najintenzívnejších blokových pohybov, a teda aj obdobie maximálnej vulkanickej aktivity, spadá do bádenu, v oblasti východného Slovenska je to predovšetkým obdobie sarmatu.

V oblasti stredného Slovenska už v priebehu bádenu vznikli rozsiahle andezitové stratovulkány sprevádzané vznikom diferencovaných hornín, subvulkanických intruzívnych komplexov a typických vulkanicko-tektonických depresíí, čo svedčí aj o vzniku plytkých podpovrchových magmatických rezervoárov. V sarmate tu vznikli len stratovulkány menších

rozmerov, bez rozsiahlejšej diferenciácie hornín a bez vzniku vulkanicko-tektonických depresii. Naopak v oblasti východného Slovenska bádenská etapa vzniku rozsiahlejších andezitových stratovulkánov neprebehla, andezitové stratovulkány sa sformovali až v sarmate, väčšinou však s obmedzenou diferenciáciou hornín a bez vzniku typických vulkanicko-tektonických depresii (čiastočnú výnimku tvorí Zlatá Baňa a centrálny Vihorlat). To všetko poukazuje na nedostatočný vývoj smerujúci ku vzniku plytkých podpovrchových magmatických rezervoárov tejto oblasti.

Odlišnosti medzi stredoslovenským a východoslovenským vulkanickým areálom sú tiež v zložení a v sukcesii erupovaných vulkanických hmôt. Na strednom Slovensku po spodnomiocennom ryodacitovom explozívnom vulkanizme sa po časovom odstupe začal andezitový vulkanizmus v spodnom bádene, ktorý sa vyvíjal do bimodálnej asociácie s bázičkými až intermediárnymi andezitmi na jednej strane a s menším objemom ryolitových hmôt na druhej strane. Zavŕšením sukcesie je alkalický bazaltový vulkanizmus.

Aj na východnom Slovensku sa v spodnom miocéne aktivoval kyslý ryolit — ryodacitový vulkanizmus. Intermediárny andezitový vulkanizmus pulzoval od vrchného bádenu do spodného panónu už bez výraznejších acidnejších diferenciátov. Záverečný alkalický bazaltový vulkanizmus v tejto oblasti neprebíhal. Rozdiely v povahe vulkanizmu a v charaktere erupovaných vulkanických hmôt v oboch regiónoch sú podmienené rozdielmi v primárnom zložení magiem spôsobenými rozdielnymi podmienkami parciálneho tavenia a ich ďalšej evolúcie v priebehu výstupu na povrch.

Odzrazom časového posunu tektonickej a vulkanickej aktivity v oboch regiónoch, ako aj povahy vulkanizmu a charakteru erupovaných vulkanických hmôt sú rozdiely v metalogenéze. V oblasti stredného Slovenska boli rudotvorné procesy, pri ktorých vznikli rôzne genetické typy Pb, Zn, Cu, Au, Ag ložísk, iniciované už v strednom bádene a pretrvali až do spodného panónu. Zlato-strieborná formácia však presahovala štruktúrny a genetický rámec zmienených andezitových stratovulkánov a viaže sa na mladý ryolitový vulkanizmus. V oblasti východného Slovenska významnejšie mineralizačné procesy súvisiace so vznikom Cu, Pb, Zn, Sb, Hg ložísk prebehli hlavne v strednom sarmate s nízkotermálnymi dozvukmi vo vrchnom sarmate.

Z vyššie uvedeného vyplýva, že kým vulkanizmus a s ním späté metalogenetické procesy na strednom Slovensku kulminovali v bádene, v oblasti východného Slovenska v sarmate.

V oboch vulkanických areáloch sú optimálnou stavebnou a zároveň aj metalogenetickou jednotkou andezitové stratovulkány. Na strednom Slovensku



Obr. 1. Situačná schéma rozšírenia neovolkanitov na Slovensku. 1 — rozsah vulkanických hornín (I — stredoslovenské neovolkanity — Slovenské stredohorie, II — Slanské vrchy, III — Vihorlatské vrchy), 2 — centrálné zóny andezitových stratovulkánov s ložiskami a prejavmi mineralizácie a hydrotermálnych premien: ① — Banská Štiavnica, ② — Kremnica, ③ — Poľana, ④ — Javorie, ⑤ — Zlatá Baňa, ⑥ — Makovica, ⑦ — Strechový vrch, ⑧ — Bogota, ⑨ — Kyjov, ⑩ — Sokolský potok, ⑪ — Morské oko, ⑫ — Diel.

Fig. 1. Situation scheme of the extent of neovolcanites in Slovakia. 1 — the extent of volcanic rocks (I — Middle Slovakian neovolcanites — the Slovenské stredohorie Mts., II — the Slanské vrchy Mts., III — the Vihorlatské vrchy Mts.), 2 — central volcanic zones of andesite stratovolcanoes with deposits and manifestations of mineralization and with hydrothermal alterations: ① — the Banská Štiavnica stratovolcano, ② — the Kremica stratovolcano, ③ — the Poľana stratovolcano, ④ — the Javorie stratovolcano, ⑤ — the Zlatá Baňa stratovolcano, ⑥ — the Makovica stratovolcano, ⑦ — the Strechový vrch stratovolcano, ⑧ — the Bogota stratovolcano, ⑨ — the Kyjov stratovolcano, ⑩ — the Sokolský potok stratovolcano, ⑪ — the Morské oko stratovolcano, ⑫ — the Diel stratovolcano.

k najrozsiahlejším a najvýznamnejším patrí štiavnický stratovulkán, kremnický stratovulkán, stratovulkány Javorie a Poľana. Na východnom Slovensku je to reťaz andezitových stratovulkánov (obr. 1) v Slanských vrchoch (najvýznamnejšie sú zlatobanský, Makovica, Strechový vrch, Bogota a vo Vihorlatských vrchoch Kyjov, Sokolský potok, Vihorlat, Morské oko, Diel, Popriečny).

Štruktúrna väzba mineralizácie

Charakteristickým znakom v metalogenéze oboch regiónov je štruktúrna a genetická väzba mineralizácie na centrálné vulkanické zóny andezitových stratovulkánov. Rudné akumulácie sa viažu na prírodné koreňové zóny vulkanických štruktúr. Výnimkou z tohto pravidla sú teletermálne Sb-Hg-As mineralizácie, ktorých vzťah k andezitovým stratovulkánom a hlavne k ich centrálnym zónam nie je všeobecne platný (napríklad ložiská Hg Merník, Veľká studňa).

Najlepšie a najpodrobnejšie definované centrálné vulkanické zóny sú v oblasti stratovulkánov Banská Štiavnica, Kremnica, Poľana, Javorie, Zlatá Baňa,

Makovica, Strechový vrch a Morské oko. Centrálné vulkanické zóny ako subvulkanické koreňové fácie vulkánov sú v podstate tektonicky mobilné oblasti sprevádzané zlomovou dynamikou. Centrálné zóny nie sú uniformné. Ich rozsah a stavba zodpovedajú rozsahu a vývoju príslušných vulkanických štruktúr. Polygénne stratovulkány väčších rozmerov, spojené s vývojom plytkých magmatických rezervoárov, majú centrálné zóny rozsiahle, charakterizované vývojom vulkanicko-tektonických hrastov. Proces vzniku vulkanicko-tektonických depresii a hrastov v centrálnych vulkanických zónach je z hľadiska metalogenézy veľmi významným fenoménom. Podmieňuje tektonické rozčlenenie centrálnych vulkanických zón a umožňuje tak plný rozvoj hydrotermálnej cirkulácie. Následný vznik hrastových štruktúr spôsobuje výzdvih už mineralizovaných zón bližšie k povrchu. Možno konštatovať, že negatívnym faktorom ovplyvňujúcim vznik rozsiahlejších metalogenetických procesov je absencia hrastovej stavby centrálnych vulkanických zón prevažnej väčšiny andezitových stratovulkánov. Výnimku tvorí centrálna vulkanická zóna štiavnického stratovulkánu, prípadne centrálné vulkanické zóny kremnického a zlatobanského stratovulkánu.

Horninové prostredie centrálnych vulkanických zón je prevažne hydrotermálne premenené, často so zonálnym usporiadaním rôznych typov premien. Jednotlivé typy mineralizácie v centrálnych zónach sú sprevádzané pre ne charakteristickými premenami, ktoré možno využiť ako účinné vyhľadávacie a prognózne kritériá. Rozsah hydrotermálne premenených hornín je odrazom intenzity hydrotermálnych metalogenetických procesov a v jednotlivých vulkanických štruktúrach je veľmi rozdielny. Najrozsiahlejšie hydrotermálne premeny sú viazané na centrálné vulkanické zóny s vývojom vulkanicko-tektonických depresii a hrastov (Banská Štiavnica, Kremnica, Zlatá Baňa, Morské oko).

Energetickým a látkovým zdrojom alteračných a rudotvorných procesov sú intruzívne komplexy ako súčasť centrálnych vulkanických zón. Intrúzie tu vytvárajú rôzne formy telies (pne, dajky, prieniky, silly, lakolity atď.) rozmanitej veľkosti a veľmi premenlivého zloženia. Zložením zodpovedajú dioritovým, granodioritovým porfýrom s variabilným zastúpením kremeňa, ďalej kremenitým dioritom až monzodioritom. Forma, veľkosť, zloženie a diferencovanosť intruzívnych telies sú priamo úmerné rudnému potenciálu centrálnych vulkanických zón. Čím sú formy intrúzií zložitejšie a čím majú komagmatické pulzy väčší diferenciačný rozsah, tým je vyššia nádejnosť a významnosť mineralizačných procesov. Pri porovnaní charakteru intruzívnych komplexov umiestnených v centrálnych vulkanických zónach možno konštatovať, že rozdiely jednak medzi obidvo ma vulkanickými regiónmi, ale i medzi jednotlivými

stratovulkánmi sú zjavné. Ide hlavne o rozdiely foriém intruzívnych telies, ich pozície v centrálnej vulkanickej zóne a ich zloženia.

Charakteristickým intruzívnym typom v prevažnej väčšine centrálnych vulkanických zón sú ložné formy intruzívnych telies (silly, lakolity) dioritových porfýrov v sprievode intruzívnych brekcií. Forma týchto intruzívnych telies, obvyčajne umiestnených v subvulkanickej alebo intravulkanickej úrovni, neumožňuje rozsiahlejšiu hydrotermálnu cirkuláciu, a teda ani rozsiahlejšie metalogenetické procesy. Platí to pre väčšinu intruzívnych komplexov centrálnych vulkanických zón andezitových stratovulkánov hlavne na východnom Slovensku.

Z metalogenetického hľadiska sú najvýznamnejšie diskordantné intrúzie veľkého vertikálneho dosahu (pne, prieniky, dajky), ktoré v priaznivom geologickom prostredí vyvolávajú intenzívnu hydrotermálnu cirkuláciu. Možno k nim zaradiť intruzívne telesá v centrálnych vulkanických zónach zlatobanského stratovulkánu a stratovulkánu Morské oko na východnom Slovensku, ale hlavne intruzívne komplexy centrálnych vulkanických zón na strednom Slovensku, napr. štiavnický stratovulkán.

Významným faktorom ovplyvňujúcim rudonosnosť intrúzií je ich zloženie a diferencovanosť. Vulkanity na východnom Slovensku majú vápnitejší charakter a sú chudobnejšie na obsah K_2O , ako aj na obsah primárnej magmatickej vody, čo sa prejavuje predovšetkým prítomnosťou pyroxénov v ich zložení, vyšším obsahom SiO_2 a v podstate absenciou hornín s amfibolom a biotitom. Výraznejšie diferencované horniny s amfibolom a biotitom sú v podstate zastúpené len v zlatobanskom andezitovom stratovulkáne, čiastočne v stratovulkáne Morské oko vo Vihorlatských vrchoch. Podobná situácia ako na východnom Slovensku je v centrálnych vulkanických zónach Javoria, Poľany a čiastočne i Kremnice. Intruzívne komplexy týchto vulkanických štruktúr sú taktiež nevýrazne diferencované, pohybujú sa v poli dioritov až kremenitých dioritov, pričom magmy boli suché a k ich nasýteniu vodou nedošlo. Iná situácia je v centrálnej zóne štiavnického stratovulkánu, kde diferenciácia rozsiahleho magmatického rezervoáru so značným podielom primárnej magmatickej vody dospela až do štádia amfibolických a biotitických hornín. Táto situácia vytvorila produktívne hydrotermálne systémy, čoho výsledkom sú rôzne genetické typy mineralizácií s hospodárskym významom. Pri celkovom porovnaní najdôležitejších faktorov podmieňujúcich rozsah a intenzitu rudotvorných procesov je vďaka štiavnickému stratovulkánu priaznivejšia situácia v oblasti stredoslovenských neovulkanitov, no v oboch vulkanických areáloch sú aj ďalšie priaznivé vulkanické štruktúry, na ktoré sa viažu hospodársky významné rudné akumulácie.

	mil. r.	BANSKÁ ŠTIAVNICA	ZLATÁ BAŇA
PANÓN	10		
vrchný	11		
stredný	12		
spodný	13		
vrchný	14		
stredný	15		
spodný	16		
etapa mineralizácie		1	2

Obr. 2. Schéma časového a multietapového vývoja mineralizácie v centrálnych zónach stratovulkánu Banská Štiavnica a Zlatá Baňa.

Fig. 2. Scheme of chronological and multistage development of central volcanic zones of the Banská Štiavnica and the Zlatá Baňa stratovolcano.

Etapovitost vývoja mineralizácie

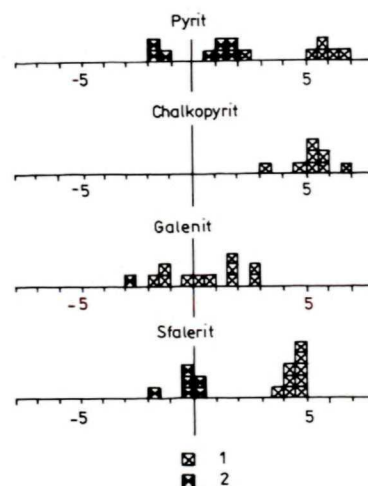
Spoločnou črtou metalogenetických procesov v obidvoch vulkanických regiónoch je etapovitý vývoj mineralizácie, ktorý v závislosti od vývoja vulkanizmu je všeobecným a charakteristickým znakom vulkanogénnych ložísk. Frekvencia rudotvorných etáp (mineralizačných pulzov) vo vulkanogénnych ložiskách je vysoká a odráža pestrý a často prerušovaný vývoj magmatického rezervoáru. Jednotlivé mineralizačné etapy obvykle reprezentujú určitý genetický typ a v určitých prípadoch aj osobitný minerálny obsah.

Etapovitostou vo vývoji zrudňovacích procesov v stredoslovenských neovulkanitoch sa zaoberal Štohl (1976), vo východoslovenských neovulkanitoch — zlatobanskom rudnom poli (obr. 2) Kaličiak a Ďuďa (1981). Najnovšie etapovitý vývoj mineralizácie v stratovulkáne Morské oko opísali Bacsó a Ďuďa (1988). K najstaršej mineralizačnej etape v obidvoch vulkanických regiónoch patria typy vtrúsených, žilnkových, skarnových mineralizácií Cu, Pb, Zn pyritovo-magnetitovo-hematitového typu, ktoré priestorovo aj geneticky súvisia s materskými intrúziami. V rámci tejto skupiny možno ešte vyčleniť podetapy pre Fe-skarny, Cu-porfýrové rudy a morfológicky nepravidelné formy rudných telies (žilnkovo-impregnačné, vtrúsené). Strednou etapou mineralizácie sú v podstate klasické žilné, resp. žilno-žilnkové typy polymetalickej mineralizácie, ktoré môžu laterálne i k povrchu prechádzať do Ag (Au) žíl a smerom do hĺbky prechádzajú do Cu ($\pm$ Bi) mineralizácie. K najmladšej etape mineralizácie patria Au-Ag žilné formácie, Sb žilné, Hg impregnačné a opáľové mineralizácie.

Minerálne asociácie a izotopy síry

Významným porovnávacím kritériom metalogenézy obidvoch vulkanických regiónov sú minerálne i paragenetické asociácie. Hlavným a spojovacím článkom je polymetalická žilná, resp. žilnkovo-žilná formácia. V oblasti stredoslovenských neovulkanitov (Banská Štiavnica) majú minerálne a paragenetické asociácie hlbších a stredne hlbokých úrovní polymetalických žíl vyššie termálny charakter ako na východnom Slovensku (Zlatá Baňa). Zlatobanská minerálna paragenéza poukazuje na nižšie termálny charakter a plytšie časti z rudných žíl v oblasti Banskej Štiavnice i Hodruše by mohli byť termodynamickým ekvivalentom Zlatej Bane. Okrem toho sú tu aj ďalšie rozdiely, predovšetkým v asociácii Ag minerálov, ktoré sú hlavnými nositeľmi striebra. Zatiaľ čo na ložisku Banská Štiavnica sa striebro viaže na binárne sulfosoli stefanit, pyrargyrit, akantit, polybázit, na ložisku Zlatá Baňa na zložené Ag sulfosoli (Kovalenker et al., 1988). Striebro sa tu vo forme mikroskopických inklúzií viaže na sulfoantimonidy Pb-Ag (andorit, ramdohrit, diaforit, freieslebenit, fizélyit, owyhehit), striebornosé tetraedrity a freibergity, miargyrit a hessit (l. c.). Ďalším odlišujúcim znakom je obsah mikroprvkov v hlavných sulfidoch polymetalickej mineralizácie (Ďuďa a Kvaček, 1988).

Významným odlišujúcim prvkom v metalogenéze obidvoch regiónov sú aj ďalšie minerálne a paragenetické asociácie. Je to predovšetkým neprítomnosť zlatonosnej formácie vo východoslovenských neovulkanitoch a naopak dominantné postavenie Hg-As formácie v neovulkanitoch východného Slovenska, ako aj prítomnosť nekovovej drahoopáľovej minerali-



Obr. 3. Porovnanie izotopového zloženia síry $\Delta^{34}\text{S}$ sulfidov ložiska Banská Štiavnica a Zlatá Baňa. 1 — Banská Štiavnica, 2 — Zlatá Baňa.

Fig. 3. Comparison of isotope composition of $\Delta^{34}\text{S}$ from sulphides on the Banská Štiavnica and Zlatá Baňa deposits respectively. 1 — Banská Štiavnica, 2 — Zlatá Baňa.

zácie. Špecifickým prvkom v metalogenéze východoslovenských neovulkanitov je nízkotermálna polymetalická mineralizácia zistená v oblasti Zemplína, ktorá je geneticky spätá s centrom ryodacitového submariného vulkanizmu (Kaličiak et al., 1988). Charakter mineralizácie a premien a štruktúrna pozícia sú blízke barytovo-polymetalickým, resp. Au-polymetalickým ložiskám Beregovu a Begaň v Zakarpatskej Ukrajine.

Charakteristiku metalogenézy obidvoch vulkanických regiónov dopĺňajú aj údaje izotopov síry z hlavných sulfidov na ložiskách Banská Štiavnica a Zlatá Baňa (obr. 3). Hodnoty izotopov síry sú z obidvoch regiónov pomerne dobre homogenizované okolo nuly, čo by nasvedčovalo, že má magmatický pôvod. Sulfidy z ložiska Banská Štiavnica sa okrem galenitu vyznačujú pozitívnymi hodnotami $\Delta^{34}\text{S}$, čo značí, že sú obohatené ťažkými izotopmi síry. Naopak izotopy síry sulfidov z ložiska Zlatá Baňa sú prevažne obohatené ľahkými izotopmi, čo by signalizovalo plytšiu úroveň vzniku minerálnych asociácií a ich nižšiu termalitu.

Záver

V článku sme uviedli základnú charakteristiku spoločných znakov a rozdielov v metalogenéze stredoslovenských a východoslovenských neovulkanitov. Z porovnania vyplýva, že okrem základných spoločných znakov vo vývoji vulkanizmu a s ním spätých metalogenézy je tu celý rad odlišností. Predovšetkým ide o časový odstup hlavnej vulkanickej aktivity v týchto vulkanických areáloch a s ním aj časový odstup vo vývoji hlavných metalogenetických procesov, čo pravdepodobne úzko súvisí s geotektonickými aspektami vývoja neogénneho vulkanizmu a genézy magmy. Rozdiely v genéze magmy sa odrážajú v látkovom zložení vulkanitov a sú tiež prvotnou príčinou rozdielov v metalogenéze východoslovenských a stredoslovenských neovulkanitov. O geotektonickej pozícii neogénnych vulkanitov a o genéze magiem sa v súčasnosti široko diskutuje a myslíme si, že táto otázka zatiaľ nie je uspokojivo vyriešená. Celkove možno konštatovať, že pozícia vulkanitov za orogénnym oblúkom Karpát, ale súčasne aj v okrajovej časti panónskeho bazénu umožňuje rôznu interpretáciu genézy magmy (Lexa a Konečný, 1974, 1979). Najnovšie sa táto otázka posudzuje takto (Bacsó et al., 1987):

— Na oblúk vulkanitov sarmatského až pliocénneho veku Vihorlatsko-gutinského pohoria sa aplikuje klasický subdukčný model s minimálnym ovplyvnením v kôre.

— V stredoslovenských vulkanitoch nie je vzťah k subdukcii taký priamy, aj keď sa subdukcia stále považuje za primárny podnet generácie magiem. V ďalšom sa však v podstatnej miere uplatňujú

procesy diapirizmu v plášti a kontaminácia magiem krustálnym materiálom.

— Postavenie vulkanitov Slanských vrchov je v tomto smere zatiaľ nejasné. Ich genéza je podobná stredoslovenským neovulkanitom, ale s menším podielom kontaminácie v kôre.

Domnievame sa, že krátky rozbor tektonických, vulkanologických a metalogenetických aspektov stredoslovenských a východoslovenských neovulkanitov a ich vzájomné porovnanie je našim príspevkom i podnetom na ďalšie štúdiá jednak globálnych tektonických otázok vývoja neogénneho vulkanizmu, ako aj metalogenetických procesov.

Literatúra

- Bacsó, Z. a Ďuďa, R. 1988: Metalogenéza a rudné formácie rudného poľa Remetské Hámre. *Mineralia slov.*, 20, 193—220.
- Bacsó, Z., Burian J., Divinec, L., Kaličiak, M., Konečný, V., Lexa, J. a Štohl, J. 1987: Neovulkanity Slovenska — tektonické, látkové a vulkanologické aspekty prognózovania rudných surovín. In: *II. geologické dni J. Slávika — Geologická stavba Záp. Karpát vo vzťahu k prognózam nerastných surovín*. Košice, 71—96.
- Böhmer, M. 1977: Rudné formácie stredoslovenských neovulkanitov, ich vyhľadávanie, kritériá a príznaky na príklade Kremnických vrchov. In: *Ložiskotvorné procesy Západných Karpát*. Bratislava, 181—187.
- Böhmer, M. 1981: Príspevok k problematike ložísk Au, Ag v stredoslovenských neovulkanitoch. In: *Geológia a surovinové zdroje neovulkanitov*. Zv. 4, Bratislava, 192—196.
- Burian, J. a Smolka, J. 1982: Geologická stavba meďnatoporfýrového ložiska Zlatno. *Mineralia slov.*, 14, 517—538.
- Burian, J., Slavkay, M., Štohl, J. a Tözsér, J. 1985: Metalogenéza neovulkanitov Slovenska. *Monogr. Alfa*, 296 s.
- Divinec, L., Kotulák, P., Repčíak, M., Kaličáková, E. a Ďuďa, R. 1980: Ložisko Zlatá Baňa vo svetle nových údajov geologického prieskumu. *Mineralia slov.*, 20, 221—238.
- Ďuďa, R. a Kvaček, M. 1988: Mikroprvky v sulfidoch z oblasti zlatobanského rudného poľa. *Mineralia slov.*, 4, 289—306.
- Kaličiak, M. a Ďuďa, R. 1981: Časový vývoj a formačné členenie zrudnenia v zlatobanskom rudnom poli. *Mineralia slov.*, 13, 1—23.
- Kaličiak, M., Konečný, V. a Lexa, J. 1989: Štruktúry a vývoj neogénnych vulkanitov Slovenska vo vzťahu k blokovej tektonike. *Geol. Práce, Spr.*, 88, 79—103.
- Kaličiak, M., Lexa, J. a Határ, J. 1988: Prejav hydrotermálnej mineralizácie pri Zemplíne. *Západ. Karpaty (v tlači)*.
- Kovalenker, V. A., Jeleň, S., Genkin, A. D., Ďuďa, R., Sandomirskaja, S. M., Malov V. S. a Kotulák, P. 1988: Metallic minerals of productive assemblages of the Zlatá Baňa deposit (Eastern Slovakia): specialities of chemical composition. *Mineralia slov.*, 20, 481—498.
- Lexa, J. a Konečný, V. 1974: The Carpathian volcanics are — discussions. *Acta Geol. Acad. Sci. Hung.*, 3—4, 279—293.
- Lexa, J. a Konečný, V. 1979: Relationship of the Carpathian volcanic are to the geodynamic evolution of the Pannonian basin. In: *Babuška, V., Plančár, J. (eds.): Geodynamic investigation in Czechoslovakia*. Bratislava, Veda, 231—235.
- Rozložník, L. 1969: Nové poznatky o štruktúre banskoštiavnicko-hodrušského rudného obvodu. *Mineralia slov.*, 1, 3—4, 167—176.
- Slávik, J. a Konečný, V. 1972: Vzťahy tektoniky a subsekventného neovulkanizmu Západných Karpát. *Geol. Práce, Spr.*, 59, 9—38.

- Slavkay, M. 1981: Prognózne plochy meďnatých porfýrových rúd vo východoslovenských neogénnych vulkanitoch. *Mineralia slov.*, 14, 195—207.
- Štohl, J. 1962: Štruktúrne pomery banskoštiavnicko-hodruškého rudného obvodu. *Geol. Práce, Spr.*, 25—26, 207—228.
- Štohl, J. 1976: Zrudnenie stredoslovenských neovulkanitov spojené

- s centrálnokarpatským lineamentom. *Západ. Karpaty, Sér. Mineral. Petrogr. Geochém. Ložiská*, 2, 7—40.
- Štohl, J. 1982: Význam vulkanických centier pre vyhľadávanie ložiskových štruktúr v neovulkanitoch Západných Karpát. In: *Zborník prednášok z ved.-tech. konferencie — sekcie geol. Košice*, 163—176.

Common features and differences in metallogenesis of Middle and East Slovakian neovolcanites

The principal and common feature of the development of volcanism in Middle and Eastern Slovakia is a close chronological and spatial relation between volcanic activity and block tectonic. But there exist several basic differences from the point of view of geological development here. While the period of the most intensive block movements and consequently the period of maximal volcanic activity fall into the Badenian in the Middle Slovakian region, it is the Sarmatian period in the East Slovakian region. During the Badenian extensive andesite stratovolcanoes originated in Middle Slovakia, accompanied by the origin of differentiated rocks, subvolcanic intrusive complexes. During the Sarmatian only small stratovolcanoes were formed here. The Badenian stage of the origin of extensive stratovolcanoes did not take place in Eastern Slovakia. Andesite stratovolcanoes were formed in the Sarmatian, but mostly with limited differentiation of rocks. Metallogenic processes reflect the development of volcanism in both regions.

Ore forming processes, which led to the origin of different genetic types of Pb, Zn, Cu, Au, Ag deposits, initiated in Middle Slovakia in the Badenian, with the exception of gold-silver formation. More significant mineralization processes with the origin of Cu, Pb, Zn, Sb, Hg deposits were generated in the area of Eastern Slovakia mainly in the Middle Sarmatian.

Andesite stratovolcanoes are optimum structural and metallogenic units in both volcanic areas (Fig. 1).

Structural bond of mineralization

Structural and genetic bond of mineralization on central volcanic zones of andesite stratovolcanoes is the common characteristic feature of metallogenesis in both regions. Telethermal Sb-Hg-As mineralizations, which relation to andesite stratovolcanoes, mainly to their central volcanic zones, is not generally valid, are an exception from this rule. Intrusive complexes, as a part of central volcanic zones, are an energy and material source for ore forming processes. Forms of intrusive bodies, their size, composition and their differentiation are direct proportional to ore potential of central volcanic zones. Discordant intrusions with large vertical extent (stocks, penetrations, dykes), which cause an intensive hydrothermal circulation in favourable surroundings, are the most significant from the metallogenetic point of view. Central volcanic zones (B. Štiavnica, Zlatá Baňa, Morské oko) belong to them.

Stage development of mineralization

The stage development of mineralization as a reflection

of chronologically differentiated and interrupted development of magmatic reservoir is the common feature of metallogenic processes in both regions. The stage development of ore forming processes was published for Middle Slovakian neovolcanites by Štohl (1976) and for East Slovakian neovolcanites, the Zlatá Baňa deposit by Kaličiak and Ďuďa (1981) (Fig. 2).

Mineral assemblages and sulphur isotopes

Both mineral and paragenetic assemblages are the significant comparative criterion for metallogenesis of both volcanic regions. Base metal vein and stockwork-vein formation is the principal and connective element. However, the differences are in thermality, genesis, assemblage of Ag minerals and content of macroelements in main sulphides.

Mineral and paragenetic assemblages of base metal veins on the Banská Štiavnica deposit have higher thermal character, shallower parts of ore veins could be probably a thermodynamic equivalent of the Zlatá Baňa deposit. The Zlatá Baňa deposit differs from the Banská Štiavnica base metal deposit by assemblage of Ag minerals, which are the main bearer of silver (Kovalenker et al., 1988). While silver is bound on binary Ag sulphosalts on the Banská Štiavnica deposit, on the Zlatá Baňa deposit it is bound on Pb-Ag sulphoantimonides. Other mineral and paragenetic assemblages are also differential elements in metallogenesis of both regions. There is, above all, the lack of gold-silver formation in East Slovakian neovolcanites and, on the contrary, a dominant position of Hg-As formation in East Slovakian neovolcanites and the presence of non-metallic precious opal mineralization.

Low thermal base metal mineralization, genetically connected with the centre of rhyodacite volcanism near Zemplín, is a specific feature of mineralization in Eastern Slovakia (Kaličiak et al., 1988). The character of this mineralization and of accompanied hydrothermal alterations is close to the Beregovo-Begaň deposits in Transcarpathia, which are classified with baryte base metal and gold-base metal deposits respectively.

Sulphur isotopes from main sulphides of the Banská Štiavnica and the Zlatá Baňa deposit indicate certain differences in metallogenesis of both regions (Fig. 3). While sulphides from the Banská Štiavnica deposit are enriched by heavy isotopes of $\Delta^{34}\text{S}$, except galena, light isotopes of sulphur prevail in the composition of sulphides on the Zlatá Baňa deposit. This could indicate of shallower level of the genesis of assemblages and also their lower thermality.