

Geologická stavba meďnato-porfýrového ložiska Zlatno

JÁN BURIAN, JÁN SMOLKA

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

(8 obr. v texte)

Došlo 22. 2. 1982

Геологическое строение меднопорфирового месторождения Златно

Месторождение меднопорфировых руд Златно тесно связано с активной деятельностью в миоцене на окраине центральной вулканотектонической зоны в Штиавнических горах. Структурно и генетически связано с развитием малой гранодиоритовой порфиритовой интрузии, которая проникла до уровня нижнего стратовулканического этажа. Оруденение развито в скарновой и гидротермально-сульфидной минерализованных этапах. Выразительная концентрация медных руд развита на уровне скарнового пояса верхнего триаса на глубине 700—1000 м. от поверхности.

Geology of the Zlatno porphyry copper ore deposit

The Zlatno porphyry copper deposit originated due to the emplacement of an intrusive rock suite during the Miocene into the marginal portion of the central volcanic zone of the Štiavnické vrchy Mts. Both structurally and genetically, the deposit is related with a small intrusive body of granodiorite porphyrite emplaced into the lower structural level of a strатовolcanic complex. The development of mineralization was stadal and an ore-bearing skarn and sulphidic hydrothermal ore associations originated. Higher concentration of copper ore occurs in skarns originated at the expense of Upper Triassic lithotypes in 700—1,000 m depths.

V ostatnom období rastie úsilie hľadať nové, netradičné typy rudy. Objavenie meďnato-porfýrového ložiska Recsk v Maďarsku a ďalších ložísk tohto typu v Rumunsku, Bulharsku a na viacerých miestach na svete viedlo aj u nás k orientácii

geologických prác v tomto smere. Najvhodnejšími objektmi sú pritom stredoslovenské a východoslovenské neovulkanity. Centrálné vulkanické zóny s preukázanou existenciou vulkanicko-intruzívnych komplexov a ich metalogenetickou špecia-

lizáciou dovoľujú rozšíriť vyhľadávanie na plochy, kde okrem uvedených prvkov navyše vystupuje charakteristická škála hydrotermálnometasomatických premien hornín. Z nich najtypickejšia je pyritizácia, draselná metasomatóza, argilitizácia, propylitizácia a iné, ktoré spolu s priaznivými výsledkami geofyziky a geochemie umožňujú ohraničiť prognózne územia.

Jednou z najperspektívnejších oblastí sú Štiavnické vrchy, v ktorých neogénna intruzívna formácia granitoidov vystupuje na povrch, preniká cez horniny staršieho podložía a sčasti aj cez spodnú stavbu neovulkanického komplexu.

Počas geologického mapovania územia v rokoch 1961—1965 (Rozložník et al., 1966) sa medzi dolinou potoka Richnava a územím zobrazeným južným okrajom listu Hodruša vymedzilo niekoľko plôch bohato impregnovaných pyritom. Išlo o výrazné akumulácie pyritu, ktoré kvantitatívne nezodpovedali bežným impregnáciám vystupujúcim v plošne propylitizovaných komplexoch neovulkanitov. Navyše pyritizované plochy sú južne od telesa hodrušského granodioritu v pestrej sérii neovulkanitov. Okrem andezitov tu boli zmapované žily kremenných dioritových porfýrov a pozdĺž blízkej považanskej poruchy aj ryolitov. Územie v týchto miestach dislokovali zlomy v smere S—J a SZ—JV, a tak vznikli štruktúrnotektonické pomery priaznivé na zrudnenie (Burian — Smolka — Kámen, 1981). Hĺbkové pomery charakterizoval štruktúrny vrt HDŠ-3 v doline Zlatno južne od Richnavského potoka. Podľa L. Rozložníka — F. Zábranského (1971) vrt pod neovulkanitmi overil pestré súvrstvie pripomínajúce perm osobitého, v podstate morského vývoja — meliatsku sériu (?) — v podloží s vápnitými dolomitmi a dolomitmi. Súvrstvie je prestúpené mnohými žilami granodioritového porfýritu, ktorý ho kontaktne metamorfuje na vápenaté a horečnaté

skarny a rekryštalizované dolomity. Celý profil vrtu od ústia až po konečnú hĺbku zachytil prevažne sulfidickú mineralizáciu. Najbohatšie zrudnenie žilnikovo-impregnačného typu s obsahom 0,2—2,0 ‰ medi sa v intervale 724—1000 m zistilo v prostredí Ca—Mg skarnov a v endoskarnoch. Po našom systematickom ovzorkovaní a zhodnotení celej metráže vrtu HDŠ-3 roku 1971 sa ukázalo, že ide nielen o indíciu, ale že zrudnenie môže mať najmä v spomenutom intervale priemyselný význam. V rokoch 1971—1980 sa na lokalite vykonával vyhľadávací prieskum s overením zásob kategórie C₂, ktorý priniesol viaceré zaujímavé výsledky.

Litologické pomery v priestore ložiska

Ložisko Zlatno, pomenované podľa doliny, pod ktorou sa našlo, je na juhozápadnom okraji elevácie centrálnej vulkanicko-tektonickej zóny. V jadre tejto zóny v smere SV—JZ vystupuje intruzívne teleso granodioritu. Na povrchu zaberá plochu okolo 12 km², v hĺbke až 100 km².

Vlastné ložisko sa priestorovo aj geneticky viaže na takmer vertikálny peň granodioritového porfýritu vystupujúceho na povrch (Burian — Smolka — Kámen, 1981), ktorý s hĺbkou (približne 1400 m od povrchu, vrt R-8) nadobúda charakter granodioritu. Peň je elipsovitého tvaru s dlhšou osou v smere SZ—JV (900 × 400 m). Vertikálne má zložitú formu (obr. 1) tzv. cédrovitých intrúzií s množstvom malých apofýz — dajok a žil vyvinutých na jeho okrajoch. Je v miestach, kde sa teleso hodrušského granodioritu ponára do veľkej hĺbky (1500—2000 m od povrchu). Môže predstavovať apofýzu granodioritovej intrúzie, ktorá štruktúrne využíva okrajový zlom koncentricky sledujúci kalderovú štruktúru centrálnej vulkanicko-tektonickej zóny. Charakteristickou črtou granodioritového porfýritu je jeho vysoká

energetická schopnosť pri kontaktných účinkoch na horniny plášťa, ktoré jazykovite prestupuje alebo v podobe xenolitov a blokov uzatvára a intenzívne metamorfuje za vzniku pomerne pestrej asociácie kontaktne metamorfovaných hornín a žilnikovo-impregnačného Cu zrudnenia v postmagmatickej etape (Burian in Burian et al., 1980). Kontaktne metamorfované horniny v priestore ložiska reprezentujú predovšetkým exoskarny a endoskarny rozličného Ca—Mg zloženia, ktoré vznikali v podmienkach pôsobenia kontaktno-metasomatických účinkov aktívnych intrúzií na okolité karbonátové horniny mezozoika. Kontaktno-metasomatické účinky na detritické sedimenty súvrstvia mladšieho paleozoika zase viedli k vzniku kontaktných rohovcov rozličných petrografických variet.

Bezprostredné okolie vlastného ložiska buduje starší predvulkanický substrát a neogénny vulkanicko-intruzívny komplex (obr. 2).

Predvulkanické podložie

Predvulkanický substrát v priestore ložiska tvorí veporické kryštalinikum, krížňanská jednotka so súvrstviami stredného a vrchného triasu, chočská jednotka a relikty bazálneho eocénneho súvrstvia centrálno-karpatského paleogénu (Smolka in Burian et al., 1980a).

Metamorfované horniny veporického kryštalinika (staršie paleozoikum) overil len vrt R-10, lokalizovaný na juhovýchodnom okraji ložiska a na SZ od obce Vysoká. Sú ponorené do značnej hĺbky (1700 m od povrchu) a vystupujú v podloží stredotriasových dolomitov. Na litologickej skladbe tejto jednotky sa zúčastňujú dva typy hornín, ktoré možno paralelizovať s podobnými horninami v širšej oblasti.

Migmatizované aleuriticko-pelitické horniny s konkordantne páskovanou textúrou (migmatity) tvoria bezprostredné podložie stredotriasového súvrstvia a zároveň nadložie a podložie preniknutej kataklázovanej granitoidnej horniny (drvená žula, obr. 1).

Hrubozrnný kataklázovaný granit typu „vyhnianska drvená žula“ preniká cez migmatity ako mohutné intruzívne teleso mocné

približne 190 m v hĺbkovom intervale 1700—1900 m, kde ho na viacerých miestach prerážajú mladšie intrúzie granodioritovo-porfyrítového zloženia.

Stredný trias krížňanskej jednotky je v oblasti ložiska najspodnejším členom mezozoika. V komplexe hornín možno v podstate vyčleniť len horniny dolomitického zloženia, miestami viacej vápnité, inde ilovité. Vo väčšine prípadov sú intenzívne rekryštalizované, zmenené na mramor. Súvrstvie stredného triasu v jeho celom vertikálnom priebehu overil iba vrt R-10 (dosahuje mocnosť 421 m).

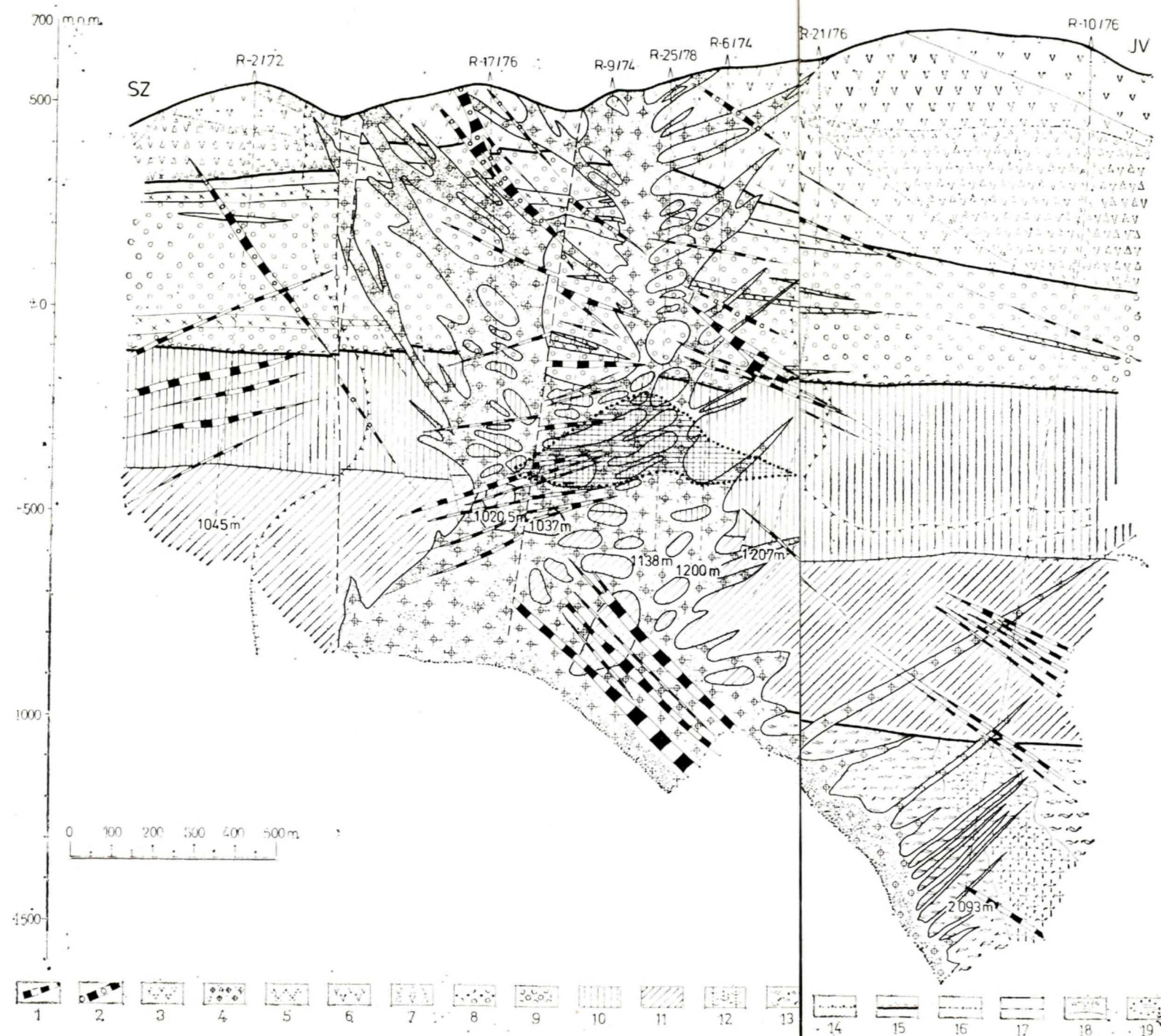
Rekryštalizované jemnozrnné dolomity, miestami slabo vápnité (kavernózne) sú prevládajúcim litologickým členom stredotriasového súvrstvia. Najväčšie monohorninové polohy overené vo vrtoch dosahujú 346 m (R-10), 312 m (R-4), 210 m (R-24).

Rekryštalizovaný veľmi jemnozrnný až drobnozrnný slabodolomitický vápenec je známy len z vrtu R-10, v ktorom v hĺbke približne 1690 m tvorí málo mocnú (11 m) bazálnu polohu celého stredotriasového súvrstvia.

Slaboslienité dolomity (slabo rekryštalizované, kavernózne) sa zistili len vo vrte R-2, na SZ okraji ložiska. V priestore tohto vrtu si dolomity stredného triasu väčšinou zachovali pôvodný charakter, t. j. rekryštalizácia ich postihla iba veľmi málo a lokálne. Vrt ich sledoval v rozsahu 126 m. Kúšik (in Burian et al., 1975) tieto dolomity jednoznačne paleontologicky stratifikoval do stredného triasu.

Vrchný trias krížňanskej jednotky (karpatský keuper) je v priestore ložiska najvyšším mezozoickým členom. Súvrstvie je litologickou skladbou veľmi podobné karpatskému keupru, známemu z iných oblastí Západných Karpát. V oblasti Zlatna ide o veľmi pestré a v podstate evaporitovo-karbonátové súvrstvie s menším zastúpením detritických členov. Prevládajú ilovité-vápencové a anhydritové horniny (konglomeráty a brekie), menej rozšírené sú vápnité bridlice, vápnité dolomity, prachovec a pieskovec. Mocnosť tohto súvrstvia, overená vo viacerých vrtoch, sa pohybuje od 174 m (R-23) do 441 m (R-16).

Anhydrit a anhydritové ilovcovo-karbonátové zlepenca a brekie sú komplexom podstatne zastúpených hornín vo vrchnotriasovom súvrství. Ide o niekoľko typov, na ktorých zložení sa významnou mierou zúčastňuje anhydrit. Najmocnejšie zóny týchto hornín sa vyskytujú v najvrchnejšej časti vrchnotriasového súvrstvia. Dosahujú mocnosť od 26 (R-6) do 62 m (R-10), pričom limitujú rozsah súvrstvia vrchného triasu smerom do nadložia. Môže tu ísť o tektonicky postihnutú zónu (presun chočskej jednotky), kde by mobilizovaný anhydrit zo spodných častí súvrstvia



(primárne sedimentovaný) dokonale homogenizoval tektonicky prepracovanú najvrchnejšiu časť súvrstvia, t. j. viac alebo menej opracované fragmenty hornín z pôvodného súvrstvia (karbonáty, bridlice, ílovec). Iný výklad genézy hornín tohto druhu hovorí v prospech ich intraformačného vzniku v závere karbonátovo-anhydritového detritického sedimentačného cyklu.

Veľmi jemnozrnné až jemnozrnné ílovité a dolomitické vápence (rekryštalizované, metasomaticky zmenené) sú najrozšírenejšou a podstatne zastúpenou litologickou zložkou súvrstvia. Tvoria menšie a väčšie polohy striedajúce sa viacnásobne s ostatnými horninami. Na ich výskyt sa viažu zóny Ca—Mg skarnizácie. Veľmi často pozvoľne prechádzajú do slienitých bridlic a cez prechodné variety s anhydritom aj do polôh anhydritu. Najväčšie polohy dosahujú mocnosť od 29 (R-5) do 65 m (R-24).

Obr. 1. Geologický rez ložiskom Zlatno (zostavil Burian — Smolka in Burian et al., 1980a). Neogénny vulkanicko-intruzívny komplex: 1 — strednoporfyrický až hruboporfyrický slabopropylitizovaný pyroxenicko-amfibolicko-biotitický dacit, 2 — hruboporfyrický propylitizovaný amfibolicko-biotitický dacit, 3 — strednoporfyrický slabopropylitizovaný pyroxenický (hyperstén, augit) andezit, 4 — hruboporfyrický amfibolicko-biotitický granodioritový porfyr, lokálne metasomaticky premenený (kontaminovaný okolitými horninami), 5 — kremenný diorit, 6 — strednoporfyrický až hruboporfyrický propylitizovaný pyroxenicko-amfibolicko-biotitický (± kremeň) andezit, typ Mysia hora, 7 — propylitizované vulkanoklastiká andezitu typu Mysia hora. Podložie neovulkanitov: 8 — bazálny polymiktný zlepenec (eocén?). Chočská jednotka (mladšie paleozoikum): 9 — prachovec, pieskovec, arkózový pieskovec, arkóza, drobový pieskovec, droba, drobový zlepenec, bridlica. Križňanská jednotka: 10 — ílovitý vápenc, vápenc, vápnitý dolomit, slienito-ílovitá bridlica, prachovec a anhydrit (vrchný trias — keuper), 11 — dolomit miestami vápnitý, prevažne rekryštalizovaný (stredný trias). Veporské kryštalinikum (staršie paleozoikum): 12 — kataklázovaný granit (typ „vyhnianska drvená žula“), 13 — migmatit, 14 — predpokladaná zóna kontaktných účinkov intrúzie granodioritového porfyritu (rekryštalizácia, skarnizácia, silicifikácia, asimilácia), 15 — násunová línia, 16 — staršie zlomy, predvulkanické, rejuvenizované, 17 — mladšie zlomy, intervulkanické a postvulkanické, 18 — prieskumný vrt, priemer do roviny rezu, jeho označenie a rok ukončenia, 19 — rudná zóna

Veľmi jemnozrnné až jemnozrnné ílovité a vápnité dolomity (rekryštalizované, metasomaticky zmenené) sa vo väčšine prípadov overovali len v bazálnych častiach vrchnotriasového súvrstvia, kde pozvoľne strácajú ílovitý a vápnitý charakter. Smerom do hĺbky sa stávajú častejšími, a preto pozvoľne prechádzajú do komplexu dolomitov stredného triasu. Preukázalo sa, že tieto dolomity sú nositeľmi vzniku Mg exoskarnov. Najväčšie polohy ílovito-vápnitých dolomitov dosahujú 18–49 m (R-21, R-7). Ich veľmi častým sprievodným znakom býva viacnásobné striedanie s polohami vápnitých bridlíc a anhydritu, ktorý v bazálnych častiach limituje rozsah vrchnotriasového súvrstvia smerom do podložia.

Grafitické vápnité bridlice, prachovité a vápnité ílovce (rekryštalizované, metasomaticky zmenené) tvoria spravidla väčšie monohorninové polohy, najmä vo vrchnej časti súvrstvia, kde ich mocnosť dosahuje 18–71 m (R-21, R-4). V spodnej časti súvrstvia vystupujú už len miestami, pričom tvoria menšie

polohy postihnuté vo viacerých prípadoch metasomatickou premenou, a preto boli vápnité bridlice bez premien overené len niektorými vrtmi.

Prachovce (rekryštalizované, metasomaticky zmenené) patria medzi málo zastúpené horniny v súvrství vrchného triasu. Tvoria polohy mocné 0,2–6,0 m, ojedinele až 65 m (R-10) a vo viacerých vrtoch neboli zachytené. Pokiaľ sú prítomné, zväčša pozvoľne prechádzajú do jemnozrnného pieskovca.

Stredozrnné drobové pieskovce sú najmenej rozšírenou litologickou zložkou vo vrchnotriasovom súvrství. Ich prítomnosť overili iba niektoré vrty. Vo väčšine prípadov tieto horniny postihla intenzívna silifikácia.

Mladšie paleozoikum chočskej jednotky reprezentuje v oblasti Zlatna bazálnu časť tejto jednotky, ktorá leží v presunutej pozícii na križnanskej jednotke (stredný a vrchný trias), majúcej charakter obalového mezozoika. V chočskej jednotke sa s určitou dávkou v vyčlenení dva faciálne rozdielne cykly v sedimentácii, čo sa prejavuje v litologickej skladbe a vo sfarbení zastúpených hornín. Na základe týchto kritérií možno označiť vrchnú časť chočskej jednotky za permskú (fialkasté zafarbenie — Fe pigmentácia a prevaha pieskovcov arkózového zloženia + bridlíc a spodnú časť za karbónsku (tmavosivé zafarbenie — grafitický pigment, prevaha pieskovcov drobového zloženia + grafitických bridlíc). Mocnosť opísaného súboru hornín je veľmi variabilná a pohybuje sa od 369 m do 685 m.

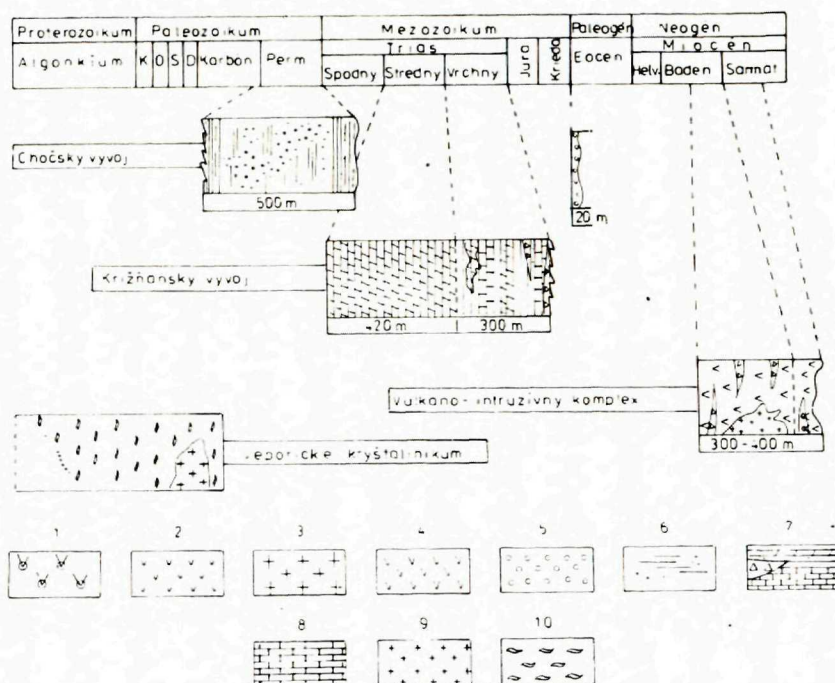
Jemnozrnné pieskovce — sludnaté pieskovce mladšieho paleozoika patria v súvrství do značne rozšíreného litologického typu. Vyskytujú sa najčastejšie v karbónskej časti súvrstvia, často bez možnosti istého ohraničenia. Tvoria väčšie aj menšie polohy, ako aj časté vložky v piesčitych bridlicach, do ktorých najčastejšie pozvoľne cez bridličnaté pieskovce prechádzajú. Najväčšie polohy dosahujú 20–50 m (R-10, R-16).

Jemnozrnné arkóзовé pieskovce vystupujú spolu s arkózami v permskej časti súvrstvia, do ktorých pozvoľne prechádzajú. Majú zvyčajne menšiu zrnitosť a identifikovať ich možno len pod mikroskopom. Najväčšie polohy dosahujú 18–32 m (R-11, R-14).

Jemnozrnné až stredozrnné arkózy sú najmenej rozšírenými horninami. Objavujú sa v asociácii s arkóзовými pieskovecami a polohy dosahujú maximálne 15 m. Často sa niekoľkonásobne striedajú najmä s bridlicami, príp. s drobami. Najčastejšie sú v kontakte s bridlicami. Kontakt býva dosť výrazný a iba zriedkavo pozvoľný. Rovnako sa ich výskyt obmedzuje na permskú časť súvrstvia.

Stredozrnné až hrubozrnné drobové pieskovce majú najhojnejšie zastúpenie a spolu s drobami sa najviac vyskytujú v karbónskej

Fig. 1. Geological profile of the Zlatna porphyry copper deposit (Burian — Smolka in Burian et al., 1980a). *Volcanoplutonic complex of Neogene age*: 1 — medium to coarse porphyritic, pyroxene-amphibole-biotite dacite, slightly propylitized, 2 — coarse porphyritic amphibole-biotite dacite, propylitized, 3 — medium porphyritic pyroxene (hypersthene-augite) andesite, slightly propylitized, 4 — coarse porphyritic amphibole-biotite granodiorite, locally metasomatized or contaminated by the wallrock, 5 — quartz diorite, 6 — medium to coarse grained pyroxene-amphibole-biotite ($\pm$ quartz) andesite, propylitized, the Myšia hora type, 7 — propylitized volcanoclastics of the Myšia hora andesite type, 8 — polymict basal conglomerate (Eocene?). *Choč unit* (Upper Paleozoic): 9 — siltstone, sandstone, lithic arenite, arcose, greywacke, conglomerate, slate. *Križna unit*: 10 — argillaceous limestone, limestone, calcareous dolomite, marly to argillaceous shale, siltstone, anhydrite, Carpathian Keuper, Upper Triassic, 11 — dolomite, at places calcareous, recrystallized, Middle Triassic. *Veporic crystalline* (Lower Paleozoic): 12 — cataclastic granite (Vyhne granite), 13 — migmatite, 14 — presumed outer limit of contact alterations around the granodiorite porphyrite body (recrystallization, skarnization, silicification, assimilation), 15 — overthrust, 16 — fault, pre-volcanic, rejuvenized, 17 — fault, intra- to postvolcanic, 18 — drillhole projected into the profile plane, notation and year of realization, 19 — ore zone



Obr. 2. Stratigrafická schéma hornín ložiska Zlatno (zostavil Burian — Smolka in Burian et al., 1980a). 1 — subvulkanické intrúzie (pyroxenicko-amfibolicko-biotitický dacit a amfibolicko-biotitický dacit), 2 — pyroxenický andezit (hyperstén, augit), slabopropylitizovaný, 3 — intruzívny komplex: aplit, granodioritový porfýrit, granodiorit, kremenný diorit, 4 — pyroxenicko-amfibolicko-biotitický ($\pm$ kremeň) andezit, intenzívne propylitizovaný, typ Myšia hora, 5 — bazálny polymiktný zlepenec, 6 — prachovec, pieskovec, arkóza, drobový pieskovec, droba, drobový zlepenec, bridlica, 7 — šlienitý vápenec, vápenec, vápnitý dolomit, slienito-illovitá bridlica, prachovec a anhydrit, 8 — miestami vápnitý, prevažne rekrystalizovaný dolomit, 9 — kataklázovaná žula (typ „vyhnianska drvená žula“), 10 — migmatit

Fig. 2. Stratigraphic scheme of the Zlatno deposit (Burian — Smolka in Burian et al. 1980). 1 — subvolcanic intrusive body (pyroxene-amphibole-biotite dacite to amphibole-biotite dacite), 2 — pyroxene (hypersthene-augite) andesite, slightly propylitized, 3 — intrusive complex (aplite, granodiorite porphyrite, granodiorite, quartz diorite), 4 — pyroxene-amphibole-biotite ($\pm$ quartz) andesite, strongly propylitized, the Myšia hora type, 5 — basal polymict conglomerate, 6 — siltstone, sandstone, lithic arenite, arcose, greywacke, conglomerate, shale, 7 — argillaceous limestone, limestone, calcareous dolomite, marly to argillaceous shale, siltstone, anhydrite, 8 — dolomite at places calcareous, mostly recrystallized, 9 — cataclastic Vyhne granite, 10 — migmatite

časti súvrstvia, kde sa spolu s nimi niekoľkonásobne striedajú s grafitickými bridlicami, s ktorými tvoria ostré kontakty. Značné rozšírenie drobových pieskopcov pripadá na prechodnú zónu medzi obidvoma časťami súvrstvia. Prechod do drôb býva pozvoľný. Maximálne polohy dosahujú 17–45 m (R-19, R-16).

Hrubozrnné droby sú charakteristické pre karbónsku časť súvrstvia. Ich rozšírenie je však oveľa menšie, z drobových pieskopcov približne len 50 %. Z textúrnej stránky sú to veľmi typické horniny s tendenciou narastania zrnitosti, čím často nadobúdajú charakter drobových zlepenecov. Maximálne polohy drôb dosahujú 16–24 m (R-23, R-21).

Drobnozrnné až strednozrnné drobové zlepenice patria v súvrství spolu s ostatnými horninami drobového zloženia medzi podstatne zastúpené horniny. Najčastejšie sa vyskytujú v karbónskej časti, kde spravidla tvoria veľmi pozvoľný prechod do drôb a drobových pieskovcov. Vyskytujúce sa polohy majú mocnosť od 0,8—42 m (R-24).

Pieskovce a kremence sa vyskytujú v mladopaleozoickom súvrství pomerne často, ale veľká časť ich výskytov súvisí so vznikom kontaktných rohovcov, t. j. s intenzívnymi epigenetickými silicifikačnými účinkami zo strany granodioritovo-porfýritovej intrúzie. Najväčšia mocnosť 73 m bola overená vo vrte R-25, v ktorom majú kremence charakter kontaktných metamorfitov.

Pestrá séria ílovitých prachovitých až piesčitých bridlic patrí medzi najrozšírenejšie horniny v súvrství mladšieho paleozoika. Tvoria v ňom väčšie monohorninové polohy do mocnosti 30 m a tiež sa viacnásobne striedajú s ostatnými sedimentárnymi členmi, v ktorých bridlice tvoria aj časté vložky do mocnosti 20 cm. Vzájomné hranice medzi bridlicami bývajú ostré, ale aj pozvoľné, v intervale niekoľkých cm. Mocnosť polôh bridlic sa pohybuje od 4 do 40 m.

Prachovce a prachovité ílovce tvoria v súvrství mladšieho paleozoika polohy do mocnosti 17 m. Prevládajú prachovce viacnásobne sa striedajúce s bridlicami a pieskovcami. Vzájomný prechod býva úplne pozvoľný. Zastúpenie v obidvoch častiach súvrstvia je veľmi variabilné a obmedzuje sa prevažne na zóny grafitických bridlic v permokarbónskej časti súvrstvia.

Centrálnokarpatský paleogén v priestore ložiska a v jeho blízkosti okoli tvoria bazálne zlepenice eocénu vystupujúce ako denudačné trosky na erodovanom povrchu súvrstvia mladšieho paleozoika chočskej jednotky.

Polymiktné zlepenice overil iba vrt R-1, R-4, R-16 a R-21 na severovýchodnom okraji ložiska. Tu v podloží vulkanitov tvoria monohorninové súvislé polohy dosahujúce mocnosť 6—20 m.

Na povrchu sa z hornín predvulkanického substrátu zistili východy paleogénnych polymiktných zlepeníc a permských bridlic — pieskovcov len v spodnej časti doliny Zlatno.

Neogénny vulkanicko-intruzívny komplex

Neogénny vulkanicko-intruzívny komplex hornín má z hľadiska genézy zrudnenia ložiska Zlatno najväčší význam. Horniny tohto komplexu sa bádali podrobne a okrem najdôležitejších charakteristík sa podal aj ich sukcesný vývoj (Burian — Smolka — Kámen, 1981). Stručne uvedieme charakteristiku všet-

kých hornín tohto komplexu:

Vulkanicko-klastické horniny priestorovo sa viažu na andezity typu Myšia hora majú prevažne charakter intruzívnych autoklastik. V priestore ložiska sa vyskytujú len sporadicky.

Strednoporfýrický až hruboporfýrický propylitizovaný pyroxénicko-amfibolicko-biotitický ($\pm$ kremeň) andezit typu Myšia hora tvorí spolu so svojimi intruzívnymi autoklastikami „andezitový komplex“ vystupujúci na povrch takmer v celej oblasti Zlatna a v centrálnej časti z hľadiska rozličnej úrovne erózneho zrezu povrchu dosahuje mocnosť 95—330 m.

Drobnozrnný hydrotermálne zmenený kremenný diorit s amfibolom tvorí početné silové telesá prenikajúce subhorizontálne horniny mladšieho paleozoika. Na povrchu sú telesá dioritov obnažené najmä v Richnavskej doline. Vo vrte R-9 bol overený najväčší počet žíl (10). Ich zistená mocnosť je až 84 m (R-11).

Hruboporfýrický lokálne metasomaticky zmenený kontaminovaný amfibolicko-biotitický granodioritový porfýrit predstavuje na ložisku materskú intrúziu, s ktorou sa priestorovo a geneticky viaže mednato-porfýrové zrudnenie. Frekvencia prienikov je v priestore ložiska nerovnomerná, ale dosahuje 29 telies v jednom vrte (R-20). Súčet ich nepravej mocnosti dosahuje približne 550 m. Najviac hornín granodioritovo-porfýritového zloženia overil vrt R-5 (777 m), R-12 (688 m) a R-8 (566 m).

Strednozrnný aplit je známy len z jedného vrtu (R-16) a tvorí v ňom jedinú žilu mocnú 1,2 m.

Strednoporfýrický až hruboporfýrický propylitizovaný amfibolicko-biotitický dacit (kremeňový dioritový porfýrit) je v priestore ložiska známy len z niekoľkých miest. Vrt R-17 a R-19 overili po jednom telese s mocnosťou približne 29 m a 55 m. Na povrchu tvorí viaceré východy. Ide o pomerne strmo uložené telesá mocné 50—100 m so severojužným priebehom.

Drobnoporfýrický až strednoporfýrický pyroxénický (hyperstén, augit) slabo propylitizovaný andezit tvorí reliktý lávových prúdov vrchnej stratovulkanickej stavby, ktoré bezprostredne ležia na erodovanom povrchu andezitu typu Myšia hora (spodná stratovulkanická stavba). Vystupujú len na vzdialenejšom západnom, východnom a južnom okraji ložiska.

Strednoporfýrický až hruboporfýrický slabo propylitizovaný pyroxénicko-amfibolicko-biotitický dacit patrí v priestore ložiska najpravdepodobnejšie medzi najmladšie horniny vrchnej stratovulkanickej stavby. Sú veľmi hojné, pričom žilné telesá takmer radiálno-koncentricky presekávajú staršiu geologickú

stavbu a sú prevažne uklonené smerom na perifériu centrálnej zóny. V ich petrogenetickom vývoji sa zistili štyri petrografické variety.

Tektonika ložiska

Na ložisku Zlatno sú zastúpené takmer všetky prvky geologickej stavby typické pre oblasť Štiavnických vrchov. Tektonický vývoj okolia a vlastného ložiska sme uviedli v predchádzajúcej práci (Burian — Smolka — Kámen, 1981), a preto tu uvádzame iba jeho stručnú charakteristiku.

Materská intrúzia granodioritového porfyritu, ktorá spôsobila vznik a lokalizáciu zrudnenia, predstavuje peň cédrovitého typu lokalizovaný 3 km južnejšie od hodrušskej granodioritovej intrúzie umiestnenej v rámci centrálnej vulkanickej zóny. Granodioritový porfyrit preráža horninové komplexy staršieho karpatského substrátu. Zasahuje aj spodnú časť vulkanickej stavby.

Karpatský substrát odspodu nahor je budovaný polymetamorfovaným veporicým kryštalinikom (vrt R-10), v ktorom sa zistila apofýza kontaktne metamorfovej vyhnianskej kataklázovanej žuly (obr. 1). Na ňom leží obalové mezozoikum krížnanskej jednotky zastúpené stredným a vrchným triasom. Vyššie sú v presunutej pozícii prítomné súvrstvia karbónu a permu chočskej jednotky. Komplex hornín substrátu je epizonálne metamorfovaný, vyvrásnený a zošupinovatený. V okolí pňa granodioritového porfyritu je kontaktne metamorfovaný. Na erozívnom reliéfe hornín permu leží bazálne súvrstvie centrálnokarpatského paleogénu (eocén) dislokované v podobe blokovej stavby v smere SZ—JV až Z—V s rozličnou amplitúdou vertikálneho pohybu blokov. Charakter blokovej dezintegrácie je doložený rozličnou hĺbkovou úrovňou peneplenizovaného reliéfu, v ktorom útržky súvrstvia eocénu

vystupujú už len v podobe reliktovej zachovaných pod komplexom neovulkanitov.

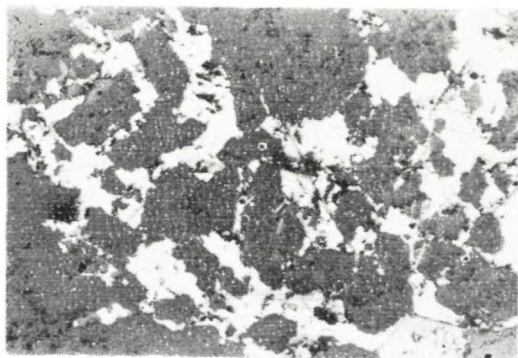
Intravulkanickú etapu tektonického vývoja predstavuje obdobie formovania neovulkanického komplexu. Jeho spodnú stavbu na ložisku zastupujú propylitizované pyroxenicko-amfibolicko-biotitické ($\pm$ kremeň) andezity typu Myšia hora kontaktované granodioritovým porfyritom. Počas tejto etapy sa sformovala aj intrúzia granodioritového porfyritu a ďalšie členy vulkanicko-intruzívneho komplexu. V priestore ložiska Zlatno je teleso granodioritového porfyritu orientované v smere SZ—JV, teda koncentricky na priebeh južnej časti centrálnej vulkanickej zóny. Podobnú smernú orientáciu so sklonom na JZ zaujíma aj mladšia žilná formácia subvulkanických dacitov najmenej dvoch generácií, z ktorých časť telies vyplňa intravulkanické zlomy aj v smere S—J (amfibolicko-biotitický dacit).

Záverečnú etapu tektonického vývoja ložiska reprezentujú postvulkanické zlomy z obdobia vulkanicko-tektonickej konsolidácie regiónu, ktoré sú porudné. Majú smer S—J a SV—JZ. Presekávajú celú ložiskovú štruktúru so smernými amplitúdami najviac do 100 m. Vertikálne posuny týchto zlomov v ložisku možno podľa výsledkov vrtov predpokladať v rozsahu niekoľkých desiatok metrov. Túto otázku bude možno spoľahlivejšie sledovať až počas vyšších etáp prieskumu.

Pozícia a charakter zrudnenia

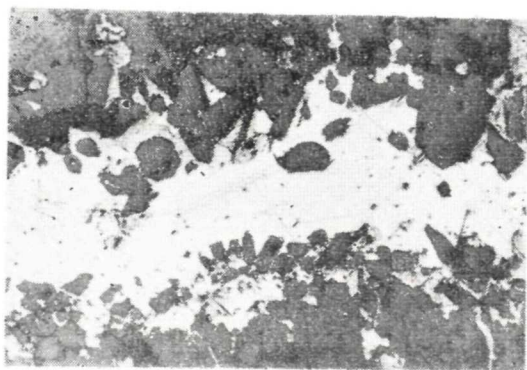
Na žilníkovno-impregnačný charakter (obr. 3 a 4) a paragenetické asociácie zrudnenia vo vrte HDŠ-3 už poukázal L. Rozložník — F. Zábranský (1971). Predpokladali, že granodioritový porfyrit zachytený v tomto vrte je rojom marginálnej žilnej formácie lemujúcej intrúziu hodruš-

ského granodioritu. Poukázali na to, že aj keď je celý profil vrtu zrudnený nerovnomerne, najväčšie koncentrácie sulfidickej mineralizácie sú v medziach súvrstvia vrchného triasu, v prostredí Ca, Mg exo-



Obr. 3. Impregnačný charakter mednatého zrudnenia. V endoskarne chalkopyrit (biely) zatláča miesta najintenzívnejšej rekryštalizácie a metasomatózy. Zväčš. 47 $\times$, nikoly //, nábrus č. R-9/828, 05

Fig. 3. Disseminated character of the copper mineralization. Chalcopyrite replaces the areas of most intense recrystallization and metasomatism in endoskarn host rock. Magn. $\times 47$, parallel nicols, polished section R-9/828.05



Obr. 4. Žilníkový charakter mednatého zrudnenia. V kontaktnom rohovci chalkopyrit (biely) vyplňa jemné žilky mocné 0,1–0,3 mm. Zväčš. 47 $\times$, nikoly //, nábrus č. R-9/885,1

Fig. 4. Stockwork character of the copper mineralization. Chalcopyrite creates fine crevice fillings in host contact hornfels. Magn. $\times 47$, parallel nicols, polished section R-9/885.1

skarnov a endoskarnov granodioritového porfyritu.

Ďalší vývoj prieskumných prác preukázal odlišné poznatky v tom, že vznik zrudnenia spôsobila samostatná malá intrúzia granodioritového porfyritu so značným vertikálnym dosahom až na súčasný povrch. Priemyselne zaujímavé medené zrudnenie predstavuje ohraničené teleso lokalizované v hĺbkovej úrovni súvrstvia vrchného triasu (700 až 1000 m od povrchu), ktoré je v okolí kontaktov s granodioritovým porfyritom metamorfované a kontaktnometasomaticky zmenené na Ca, Mg skarny. Vlastné teleso porfyritu je v týchto podmienkach intenzívne endoskarnizované.

Rudné teleso má tvar pozdĺžnej šošovky v smere Z—V v dĺžke cca 800 m a šírke 170–200 m. Jeho mocnosť overená vrtmi je nepravidelná od 60 do 200 m. Teleso je uložené subhorizontálne, zhodne s uložením súvrstvia vrchného triasu (obr. 1, 5). Aj keď je zloženie rudnej mineralizácie ložiska pomerne pestré, s ohľadom na prevládanie medi má rudná substancia v podstate monominerálny charakter (obr. 6). Priemerná kovnosť rudnej zóny vo vrtoch sa pohybuje od 0,27 do 0,47 % Cu. Najvyšší obsah medi stanovený z 1 m úseku jadra vrtu R-25 je 4,47 %. Rozmiestnenie medeného zrudnenia vo vnútornej skladbe rudného telesa je veľmi variabilné. Koeficient variácie stanovený z 1175 vzoriek reprezentujúcich jednot metrové úseky dosahuje až 95,84 %. Okrem medi je v rude v nepatrnej miere zastúpený zinok (do 0,3 %), olovo (do 0,3 %), striebro (do 4–6 g/t) a zlato (do 0,1 g/t). Tieto kovy majú z hľadiska celkovej bilancie ložiska podradný význam. Ich rozšírenie v rudnej zóne je krajne nepravidelné až sporadické.

Mineralogické bádania ložiska zamerané na vývoj a charakteristiku zrudnenia vykonal F. Zábranský (1971, 1976) a R. Kúšik

(in Burian et al., 1980a).

Podľa F. Zábranského (1976) možno v rámci skarnového vysokotermálneho štádia vyčleniť nerudnú horečnatú a vápenatú etapu, ktoré majú súbežný vznik a vývoj, ďalej magnetitovú a hematitovú etapu a po nich nasleduje hydrotermálne štádium karbonatiko-kremeňovej sulfidickej mineralizácie.

V *nerudnej horečnatej etape* za prínosu SiO_2 , MgO a Al_2O_3 vznikol v karbonátoch forsterit, diopsid alebo fassait a pleonast. Priestorovo sa táto etapa viaže na pôvodné dolomity. V endoskarnoch sa neuplatnila.

Nerudnú vápenatú etapu reprezentoval súbežný vznik granátu (andradit — grossulár) a pyroxénov (rad diopsid — hedenbergit), prevažne v exokontaktoch. Táto asociácia sa uplatnila aj v endoskarnoch. Lokálne s týmito minerálmi skoro súčasne vznikali vezuvián, skapolit a wollastonit. Ku koncu etapy sa po znížení teploty vylúčilo malé množstvo epidotu a zoisitu, ktoré zatlačili granáty a pyroxény. V endokontaktných zónach sa táto etapa prejavila vznikom pyroxénov, granátov, skapolitizáciou plagioklasov a epidotizáciou.

R. Kúšik (in Burian et al., 1980a) skúmal vývoj rudnej mineralizácie ložiska Zlatno na materiáli zo všetkých vrstiev počas celej realizácie prieskumných prác. Zhodne s predchádzajúcimi poznatkami

vyčlenil šesť etáp rudnej mineralizácie — magnetitovú, hematitovú, pyritovú, pyrotínovú, propylitické premeny a polymetalickú. Uplatnili sa počas štyroch vývojových štádií od silikátového cez oxidické, sulfidické po karbonatické štádium zrudňovacieho procesu.

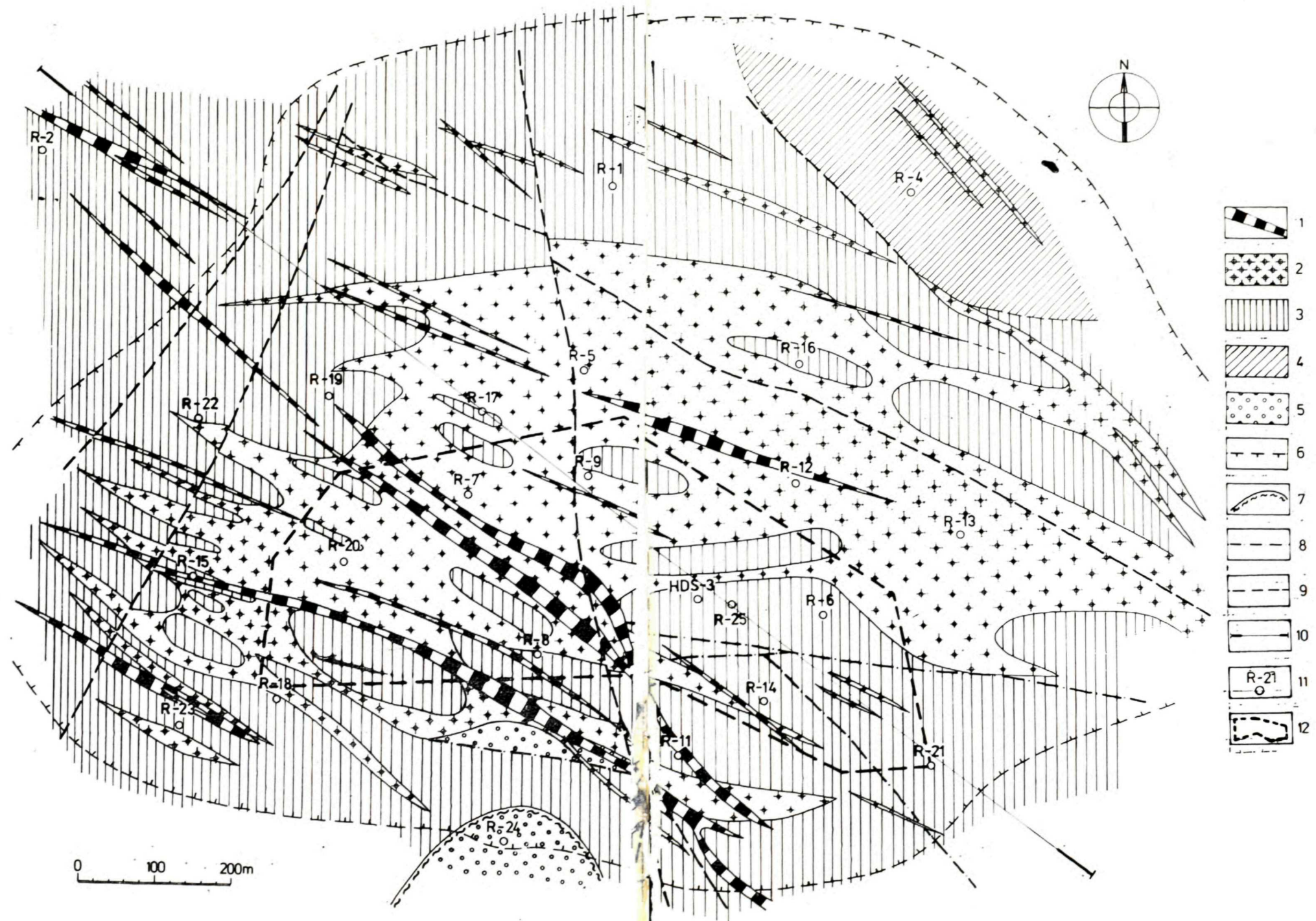
Magnetitová a hematitová etapa predstavujú oxidické štádium skarnovej mineralizácie. Sú zastúpené hlavne v horečnatých exoskarnoch, kde oxidy železa zatlačujú po puklinách forsterit. Jadro je z magnetitu a obvod z hematitu alebo (opačne) až po vznik „hubovitých útvarov“ predstavujúcich pseudomorfozy po forsterite. Magnetitová etapa sa začala tvorbou magnetitu. V jej závere sa vylúčilo menšie množstvo hematitu. Hematitovú etapu charakterizuje hrubolistkový hematit a martitizácia magnetitu.

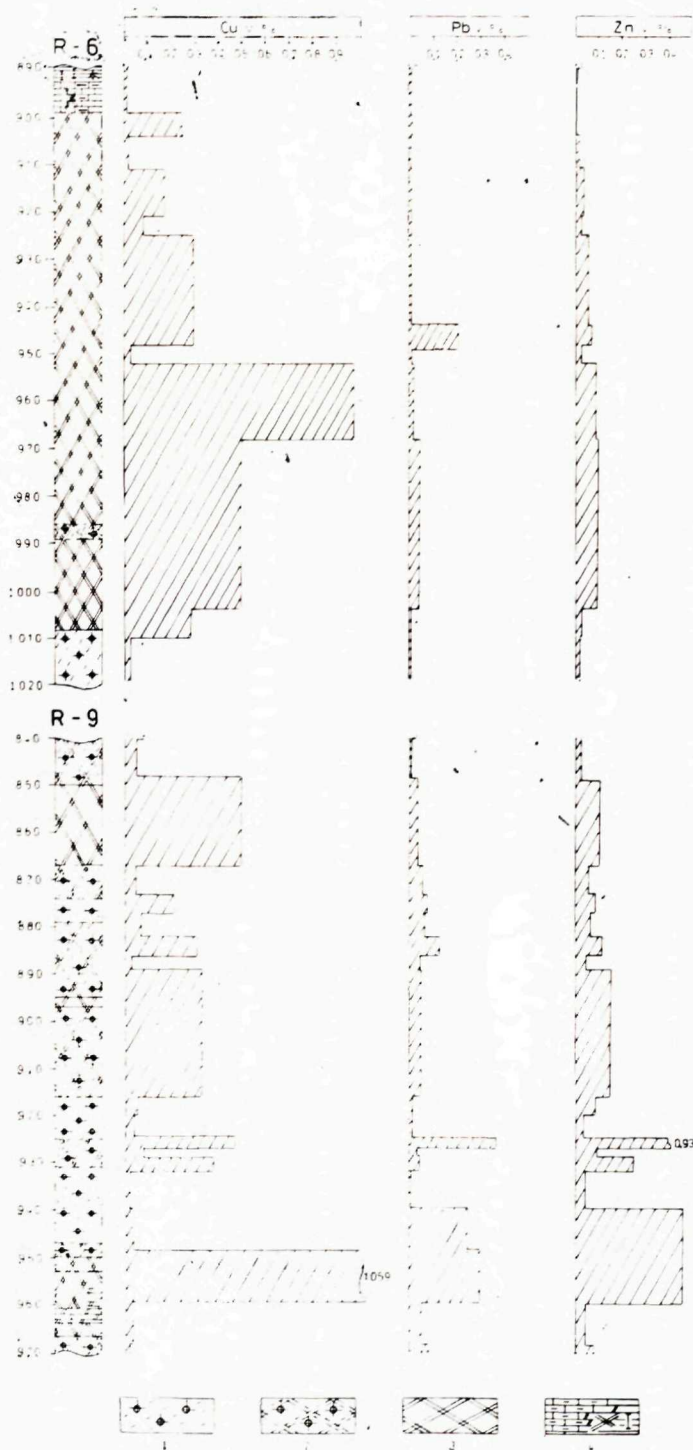
Pyritová etapa vylučovala veľké množstvo pyritu, ktorý v značnej miere zatlačil magnetit. Spolu s pyritom pribúdalo aj flogopitu. Neskôr vznikol chalkopyrit. V závere etapy sa v obmedzenej miere vylúčil magnetit.

Pyrotínová etapa sa začala vznikom magnetitu, ktorý vystupuje spoločne s flogopitom. Po nich vznikol pyrit a chalkopyrit a postupne získaval prevahu nad pyritom a pyrotínom. V horečnatých skarnoch táto etapa vyprodukovala najväčšie množstvo chalkopyritu. V jej závere sa

Obr. 5. Horizontálny geologický rez ložiskovou časťou na úrovni —300 m n. m. (zostavil Burian — Smolka in Burian et al., 1980a). 1 — žilný dacit (neogén), 2 — granodioritový porfyr (neogén), 3 — križňanská jednotka (vrchný trias — karpatský keuper), 4 — dolomit križňanskej jednotky (stredný trias), 5 — mladšie paleozoikum chočskej jednotky, 6 — predpokladaná hranica kontaktných účinkov intrúzie granodioritového porfyritu, 7 — násunová plocha, 8 — staršie, predvulkanické zlomy, 9 — mladšie zlomy, postvulkanické, 10 — línia rezu, 11 — priesečník vrtu s rovinou rezu, 12 — hranice rudného telesa

Fig. 5. Horizontal section of the deposit at —300 m a. s. l. (Burian — Smolka in Burian et al., 1980a). 1 — dacite vein complex, 2 — granodiorite. Križna unit: 3 — Carpathian Keuper, Upper Triassic, 4 — dolomite, Middle Triassic, 5 — Upper Paleozoic rocks of the Choč unit, 6 — presumed outer limit of contact alterations around the granodiorite porphyrite body, 7 — overthrust, 8 — fault, pre-volcanic, 9 — younger fault, 10 — profile line, 11 — drillhole intersection with the section plane, 12 — limit of the orebody





Obr. 6. Kovnatosť rudného telesa vo vrte R-6 a R-9. 1 — granodioritový porfýrit, 2 — endoskarn, 3 — exoskarn, 4 — slaboskarnizovaná hornina vrchného triasu

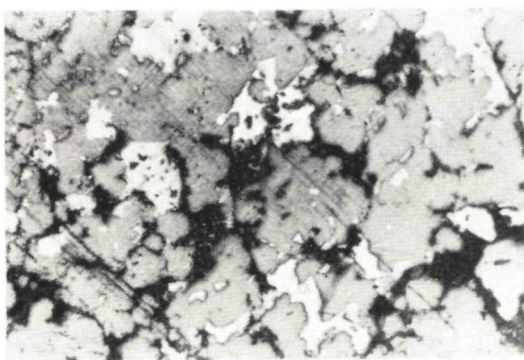
Fig. 6. Metal content in the orebody, drillholes R-6 and R-9. 1 — granodiorite porphyry, 2 — endoskarn, 3 — exoskarn, 4 — slightly skarnized rocks of Upper Triassic age

v malej miere vylúčil sfalerit, ojedinele aj galenit a bornit, ktoré boli predzvestou polymetalickej etapy. Prechod k polymetalickej etape je pozorovateľný aj v podobe žíliek magnetitu prerážaných chalkopyritom. Vo výplni žíliek býva prítomný serpentín, chlorit, anhydrit a kalcit.

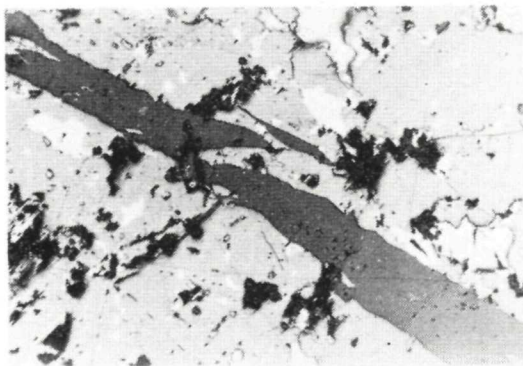
Asociácia nerudných minerálov prenikajúcich po puklinách tvorí prechod k polymetalickej etape. Predstavuje *propylitické premeny* v asociácii s pyrotínovou etapou naložené na horečnaté skarny, kde sa prejavuje najmä serpentinizáciou forsteritu. V začiatku propylitických premien sa vylúčilo malé množstvo magnetitu, pyrotínu a sfaleritu. V silikátovom štádiu táto etapa priniesla ešte aj flogopit, tremolit, mastelec, chryzotil, antigorit, chlorit, epidot, sericit a kaolinit. V karbonátovom štádiu sa vylučoval anhydrit, sadrovec, karbonát, kremeň a kalcit.

Do *polymetalickej etapy* začleňuje R. Kúšik (in Burian et al., 1980a) mineralizáciu naloženú na vápenaté skarny. Charakterizuje ju ako „mineralizáciu vo wolastonitovej fáci“. Zastupuje ju pyrit, chalkopyrit, malý podiel pyrotínu, magnetitu a hematitu, galenit a sfalerit. Vzácné sa v rámci tejto etapy stanovil bornit, tennantit, chalkozin, argentit, arzenopyrit a ojedinele aj kassiterit. V rámci etapy sa zistilo zonálne usporiadanie hlavných minerálov. V ložiskovom telese prevláda chalkopyrit, v okrajových zónach je viac zastúpený galenit a sfalerit (obr. 7 a 8) viažúci sa na žilné štruktúry (vrt R-18) alebo žilnometasomatické prejavy polymetalickej mineralizácie v dolomitoch (vrt R-2, 4, 10, 11). Z nerudných minerálov je prítomný najmä kremeň, epidot, chlorit, anhydrit, siderit, kalcit, fluorit, kaolinit a v závere etapy zeolity — laumontit a jeho odroda leonhardtit, natrolit, analcim, chabazit a desmín.

Vo vývoji rudnej mineralizácie prevláda pyrit, ktorý sa v rámci sulfidického štádia



Obr. 7. Štruktúra polymetalického zrudnenia. Polymetalická etapa zrudnenia spôsobila ojedinelé „liate“ akumulácie sulfidov v kontaktných rohovcoch. Prevládajúci sfalerit (sivý) zreteľne zatláča starší chalkopyrit (biely). Zväčš. 47×, nikoly //, nábrus č. R-9/813.4
Fig. 7. Texture of the base-metal ore. Rare massive ore composed of sulphides originated during the base-metal stage of ore mineralization in hornfels host rock. Sphalerite predominates replacing chalcopyrite. Magn. ×47, parallel nicols, polished section R-9/813.4



Obr. 8. Štruktúra polymetalického zrudnenia v kontaktnom rohovci. Najmladšia kremeňová žilka zatláča asociáciu sfalerit — chalkopyrit — galenit. Prevláda sfalerit. Zväčš. 47×, nikoly //, nábrus č. R-9/813.4
Fig. 8. Texture of the base-metal ore in contact hornfels host rock. Younger quartz vein replaces the sphalerite-chalcopyrite-galenite ore association. Sphalerite predominates in the ore. Magn. ×47, polished section, parallel nicols, sample R-9/813.4

vylúčil v najväčšom množstve. Jeho rozšírenie zasahuje ďaleko za periferiu ložiska až do hornín komplexu neovulkanitov, kde spolu s pyrotínom, sporadickým chalkopyritom, galenitom a sfaleritom (vrt R-2, HDŠ-3 a i.), popri iných prejavoch, vystupuje ako dôležitý indikátor porfýrového zrudnenia. Na druhom mieste je chalkopyrit, ktorý vznikol vo všetkých etapách sulfidického štádia mineralizačného procesu. Obsah medi v rude akcentuje aj prítomnosť malého množstva bornitu a chalcozínu polymetalickej etapy. Ostatné rudné minerály, ako je magnetit, hematit, pyrotín, ale aj galenit a sfalerit, sú v ložiskovom telese zastúpené v malej miere a nemajú praktický význam.

Premeny hornín

Rovnako ako vo všetkých mednatoporfýrových ložiskách vo svete aj na ložisku Zlatno je veľmi dôležitá otázka kvantitatívneho a kvalitatívneho rozsahu premien hornín, ktoré sa všeobecne označujú ako hydrotermálnometasomatické a majúce genetický vzťah k materskej intrúzii, a teda aj k zrudňovaciemu procesu. Výsledky štúdia rudnej mineralizácie ložiska Zlatno poukázali na nepretržitý vývojový proces od vysokotermálneho sulfidického štádia cez hydrotermálne sulfidické štádium s etapou propylitizačných premien až po hydrotermálne kremeňovo-karbonatické štádium. Premeny sú odvodené od aktívneho pôsobenia metalogeneticky špecializovanej intrúzie granodioritového porfýritu.

Výsledkom aktívneho pôsobenia intrúzie granodioritového porfýritu na horniny plášťa sú kontaktné premeny (Burian — Smolka — Kámen, 1981), v dôsledku čoho sa na ložisku sformovala pestrá škála kontaktne metamorfovaných hornín (skarny, rohovce, mramory). Vznikali dlhotrvajúcim

hydrotermálnometasomatickým pôsobením pneumatolyticko-hydrotermálnych roztokov, ktoré postihli nielen široké okolie ložiskového telesa, ale celé okolie intrúzie granodioritového porfýritu. Vrtnými prácami sa zistilo, že intenzita hydrotermálnometasomatických premien so vzdialenosťou od kontaktu materskej intrúzie zákonite pozvoľne klesala, pričom vyššie termálne minerálne asociácie sekundárnych minerálov postupne vystriedali nižšie termálne asociácie.

Premeny typu biotit — muskovit (sericit) — flogopit — K-živce — adulár, zodpovedajúce podmienkam draselnej metasomatózy, sú na ložisku Zlatno typické pre centrálnu zónu. S minerálmi tejto asociácie sa možno stretnúť v zónach endoskarnov a exoskarnov, t. j. v bezprostrednom okolí telies materskej intrúzie. Najkompletnejšie je táto asociácia vyššie termálnych minerálov zastúpená v hĺbkovej úrovni vrchného triasu, kde je flogopit a biotit hlavným metasomaticky vzniknutým minerálom vo flogopitových horečnatých exoskarnoch a v biotitických endoskarnoch. K-živce, adulár a sericit sú bežnou súčasťou týchto metamorfitov. Najvýznamnejšie zastúpenie novovzniknutého K-živca, resp. aduláru z plagioklasov a sericitu pripadá na endokontaktné zóny v materskej intrúzii, čo sa zistilo takmer v rámci celého rozsahu jej vystupovania. Zastúpenie zložky K-živcov a sericitu aj tu závisí najmä od stupňa celkovej rekryštalizácie horniny, ktorej určitým indikačným znakom je silicifikácia sprevádzajúca hydrotermálnometasomatické procesy. Exokontaktné zóny v úrovniach silikátového prostredia hornín mladšieho paleozoika tvorené kontaktnými rohovcami sú rovnako ako mnohé endoskarny typické prítomnosťou sekundárneho biotitu. Ten je zastúpený aj v prostredí rekryštalizovaných andezitov, t. j. v exokontaktných zónach, kde sa prejavili rekryštalizačné a asimilačné

né účinky zo strany materskej intrúzie preniknutej na povrch (Smolka in Burian et al., 1980b). V rekryštalizovaných andezitoch má okrem biotitu významné zastúpenie predovšetkým novovzniknutý sericit, K-živce a adulár z plagioklasov.

Dalšími, ale oveľa rozšírenejšími premenami sú silicifácia, sericitizácia a pyritizácia. Ich distribúcia v priestore okolo materského telesa, resp. v ňom samom, je veľmi nerovnomerná, poväčšine koincidujúca s výskytom draselne metasomovaných hornín. Petrografické štúdium kontaktných rohovcov a rekryštalizovaných andezitov poukázalo na fakt, že ku kremeňu a sericitu do asociácie pristúpil biotit iba tam, kde hydrotermálnometasomatické procesy boli najintenzívnejšie. Z toho vychodí, že premena charakteru kremeň — sericit — pyrit z hľadiska zonálnosti nasledovala po draselnej metasomatóze. Obidva typy premien hornín sprevádzal najintenzívnejší prínos sulfidov, z ktorých pyrit smerom do externejších zón nadobudol prevahu.

Propylitizácia, charakteristická asociáciou epidot — chlorit — kalcit, je v priestore ložiska tou najmenej termálnou premenou hornín, a preto sa v sumarizujúcich prácach často minerály asociácie z tejto lokality považujú za najmladšie, avšak súvisiace s celým zrudňovacím procesom. Postihuje veľmi širokú zónu okolo materského intruzívneho telesa, vlastné teleso nevynímajúc. Z hĺbkových úrovní je málo dát o jej horizontálnom rozšírení, ale podľa mapovacích prác má na povrchu značné rozšírenie, zodpovedajúce najmä zónam intenzívnej rekryštalizácie a asimilačných účinkov v andezitoch. Pri tom stanoví určitú hranicu s areálovou propylitizáciou (okolie centrálnej vulkanickej zóny) je ťažké a v takýchto rajónoch aj problematické.

Argilitizácia je na ložisku zastúpená pozitívne, ale o jej distribúcii je len málo údajov, pretože je pomerne málo zastúpe-

nou premenou, a preto pre ložisko Zlatno nie typickou. Prevažne postihuje iba granodioritový porfyr a okolité andezity. Postihnuté zóny sú typické zvýšeným obsahom sulfidov, najmä pyritu. Preto pyrit možno pokladať za súčasť asociácie kaolinit — montmorillonit, pričom z hľadiska termálnosti tieto premeny najpravdepodobnejšie prebiehali za vyšších termálnych podmienok ako propylitizačné.

Supergénne premeny ani zóny sekundárneho obohatenia sulfidov sa v priestore ložiska Zlatno nezistili. Malé množstvo bornitu a chalkozínu, s ktorým sa možno popri chalkopyrite stretnúť (len mikroskopické množstvá), je výsledkom metasomatického zatláčania relatívne skôr vzniknutých sulfidov, a to v priebehu polymetalickej etapy.

Premeny hornín ložiska Zlatno bude možno dôkladne bádať až pri prípadnom banskom overení ložiska. Ich lepšie poznanie v hĺbkových úrovniach a na povrchu umožní stanoviť nielen kvalitatívne, ale aj kvantitatívne parametre zonálnosti hydrotermálnometasomatických premien hornín v priestore ložiska Zlatno. Z doterajších poznatkov o premenách hornín a ich zonálnosti možno konštatovať, že z hľadiska premien možno ložisko do istej miery porovnávať s Lowellovým a Guilbertovým typovým modelom meďnato-porfýrového ložiska (in Bowen — Gunatilaka, 1977), kde za zónou draselnej metasomatózy nasleduje zóna sľúd, potom zóna argilitizácie a napokon širší priestor ložiska ohraničuje zóna propylitizácie.

Diskusia o genéze, type a veku zrudnenia

Doterajšie výsledky z prieskumu ložiska upozorňujú na úzku súvislosť medzi intrúziou granodioritového porfyritu a vlastným zrudnením. Tento náhľad podporuje niekoľko preukázaných faktov:

1. Mineralizačné procesy majú svoje miesto súbežne s konsolidáciou intrúzie. V štádiu jej tuhnutia vznikli horečnaté a vápenaté exoskarny spolu s endoskarnami. Ďalšie etapy zrudnenia pri znížení termality mali oxidický a neskôr hydrotermálno-sulfidický charakter až do nízkotermálneho štádia charakteristického prítomnosťou zeolitov.

2. Skarnové a kremeňovo-sulfidické zrudnenie je v priestore intruzívneho telesa alebo v jeho bezprostrednom okolí. Najvzdialenejšou aureolou zrudnenia sú impregnácie pyritu s občasným pyrotínom a vzáčne aj s ďalšími sulfidmi, ktoré vystupujú aj na periférii intrúzie a na povrchu v okolitých propylitizovaných andezitoch, kde lemujú jej priebeh.

3. Priemyselne významné koncentrácie zrudnenia sú výlučne v priestore a v okolí intrúzie na úrovni súvrstvia vrchného triasu, kde sú zastúpené všetky vývojové etapy mineralizácie. Predchádzajúci vznik skarnov vytvoril najskôr priaznivé štruktúrne a topominerálne podmienky na väčšie akumulácie sulfidov z nasledujúcich mineralizačných etáp.

4. Ďalším zaujímavým faktom je prínos draslíka. Sprevádzal vyššie termálne štádia mineralizácie, pričom podmienil vznik K-živca, flogopitu, biotitu, sericitu a adularu.

5. Nie menej závažnou je aj otázka intermineralizačnej tektoniky. Jej pulzatívny charakter je dokázaný v období rudo tvorného procesu. Oddeľoval niektoré etapy mineralizácie v podobe drobných puklín, v ktorých vznikali novotvorené minerály. Väčšie pukliny, vhodné na lokalizáciu zrudnenia, sa až do polymetalickej etapy najpravdepodobnejšie nesformovali. Počas trvania tejto etapy sa v priestore a na okrajoch intruzívneho telesa tvorili krátke zlomy a do nich vnikali amfibolicko-biotiticko-kremenné dacity patriace do subvulkanickej intruzívnej formácie. Ide

o horniny, ktoré A. Miháliková (1978) zaraďuje medzi kremenné dioritové porfýry. Tie sú postihnuté propylitickými premenami a v prostredí rudného telesa vzáčne na okrajoch slabo zrudnené minerálmi polymetalickej etapy. Vo vzťahu k predchádzajúcim etapám mineralizácie sú zreteľne mladšie. Do tejto etapy intermineralizačnej tektoniky patria aj polymetalické žily, z ktorých jednu overil vrt R-18 v prostredí vylúhovaných exoskarnov. Žila je krátka, a preto ju susedné vrty nezachytili.

Uvedené poznatky, ale najmä preukázaná spätosť zrudnenia s postmagmatickou etapou vývoja granodioritovo porfyrítovvej intrúzie, sprievodná draselná metasomatóza a charakteristická škála premien určujú genetický typ ložiska Zlatno. Patrí do skupiny meďnatoporfýrových ložísk podobne ako ložisko Recsk v Maďarsku, s ktorým má veľa podobných znakov.

Relatívny vek zrudnenia je v istom zmysle určený stratigrafickým postavením granodioritového magmatizmu vo vývoji vulkanicko-intruzívneho komplexu Štiavnických vrchov. Na ložisku Zlatno je vek tohto magmatizmu určený prvý raz na základe geologicky overeného prieniku cez andezit typu Myšia hora. Ide o pyroxenicko-amfibolicko-biotiticko ($\pm$ kremeň) propylitizovaný andezit zaraďovaný (Konečný, 1969) do prvej etapy vývoja vulkanicko-intruzívneho komplexu (spodný až vrchný bádén). V najnovších prácach sa tento andezit označuje ako andezitový porfýr a pripisuje sa mu intruzívna povaha v rámci spodnej stratovulkanickej stavby (Konečný — Lexa et al., 1979). Intruzívny prienik granodioritového porfýritu preukazuje zóna tektonicky drvených andezitov stmelených na kontakte intrúziou. Charakteristické sú najmä rekryštalizačné účinky porfýritu na andezit so vznikom jemných šupinek biotitu silicifikácia, argilitizácia a adularizácia andezitov (Smolka, 1979).

Do tohto obdobia, ale s istým časovým posunom patrí aj vývoj rudnej mineralizácie. Jej vrchná hranica je daná vznikom skarnov utvorených už pri tuhnutí intrúzie alebo v etape formovania mladších rojov, žíl a dajok tvoriacich okraj intrúzie (Karpova — Ivašencov, 1954). Tento poznatok je potvrdený aj na Zlatne, kde endoskarnizácia prebehla po žilkách v stuhnutom telese granodioritového porfyritu. Vo vrte R-17 majú žilky s endoskarnom mocnosť do 5—8 cm, tvoria s granátom (grossulár) a ďalšími minerálmi Ca skarnov žilné zóny.

Spodnú hranicu veku zrudnenia preukázali žilné prieniky pyroxenicko-amfibolicko-biotitického ($\pm$ kremeň) dacitu s pilotaxitickým vývojom základnej hmoty (dioritový porfýr). Tieto horniny presekávajú rudné teleso, pričom samy nenesú nijaké stopy po zrudnení. Sú takmer nepremené, a preto ich pokladáme za mladšie ako zrudnenie. Ich vek bol stanovený na 16,4—16,9 mil. rokov (Repčok, 1981). Ten istý autor stanovil metódou fission track vek granodioritov zo Štiavnických vrchov na 17,0—17,2 mil. rokov. Ak je vek granodioritového porfyritu rovnaký ako vek granodioritu, potom vek rudnej mineralizácie patrí do obdobia 17,2—16,9 mil. rokov.

K tejto otázke treba ako poznámku uviesť, že zrudnenie ložiska Zlatno geneticky a vekovo späté s intruzívnou formáciou nie je v Štiavnických vrchoch ojedinelé. Okrem známych skarnových ložísk (Gavora — Hruškovič, 1963) možno doň zaradiť aj žilnikovo-impregnačné rudy v nadloží žily Rozália v Hodruši, ako aj podobné zrudnenie na konci prekopy Michal na 12. obzore vedeného z ložiska v Banskej Štiavnici, kde vystupuje v telese kremenného dioritu v podloží systému kremeňových žíl smerne zodpovedajúcich pokračovaniu štruktúry žily Rozália. V oboch prípadoch ide o polymetalickú

etapu mineralizácie podobnú poslednej rudnej etape ložiska Zlatno, s ktorou majú k žilnej formácii porudných dacitov rovnaké vzťahy.

Záver

Ložisko Zlatno je prvým reprezentantom mednato-porfýrových ložísk v stredoslovenských neovulkanitoch. Geologický prieskum priniesol viac nových poznatkov umožňujúcich orientovať vyhľadávacie práce na tento u nás nový typ zrudnenia. Preukázalo sa, že vznik a lokalizácia zrudnenia vrátane vývoja rudnej mineralizácie a okolorudných premien podliehajú niektorým zákonitostiam platným pre ložiská mednato-porfýrových rúd vo svete. V našom prípade je to štruktúrna a genetická súvislosť s vývojom intruzívnej formácie. V rámci nej vystupujú malé intrúzie metalogeneticky aktívnych granitoidov umiestnené v priestore centrálnych vulkanotektonických zón. Vývoj rudnej mineralizácie a charakteristických okolorudných premien je v kauzálnom vzťahu so vznikom a konsolidáciou materskej intrúzie. Hospodársky význam zrudnenia vyhľadávací prieskum nateraz preukázal iba pri jednom rudnom telese, v ktorom sa overilo 66 mil. t zásob v kategórii C_2 s priemernou kovnatosťou 0,34 % medi. Ďalšie vyhľadávanie rudných akumulácií typu mednato-porfýrových rúd v neovulkanických oblastiach Slovenska treba oprieť o súborné bádanie centrálnych vulkanicko-tektonických zón a ich intruzívnych formácií. Vyžaduje si čo v najširšej miere uplatniť metódy geologického mapovania, geofyziky a geochemie s cieľom vymedziť prognózne územia a plochy s pozitívnymi prognózami kritériami indikujúcimi možnú prítomnosť porfýrových rúd. V oblasti stredoslovenských neovulkanitov sú najpriaznivejšie podmienky na vyhľadávanie porfýrových rúd najmä v Štiavnických vrchoch,

kde formácia intruzívnych a subvulkanických hornín vystupuje na súčasný povrch a existencia priemyselných akumulácií takýchto rúd je už dokázaná.

Recenzoval M. Slavkay

LITERATÚRA

- Bowen, R. — Gunatillaka, A. 1977: Copper: Its Geology and Economics. London, Applied science publishers LTD. 366 p.
- Burian, J. et al. 1975: Dielčia záverečná správa z vrtu R-2, lokalita Zlatno Cu—VP. *Manuskript — Geofond Bratislava*.
- Burian, J. et al. 1980a: Záverečná správa a výpočet zásob, Zlatno — VP, Cu rudy, *Manuskript — Geofond Bratislava*.
- Burian, J. et al. 1980b: Záverečná správa z účelového geologického mapovania lokality Zlatno v M = 1:5000. *Manuskript — Geofond Bratislava*.
- Burian, J. — Smolka, J. — Kámen, M. 1981: Vývoj neogénneho magmatického komplexu v oblasti Zlatna a s ním spätých mineralizácií. *Mineralia slov.*, 13, s. 489—508.
- Gavora, S. — Hruškovič, S. 1963: Skarnové ložiská vo vulkanitoch Štiavnického pohoria v oblasti Hodruša—Vyhne. *Geol. práce, Spr. (Bratislava)*, 29, s. 133—142.
- Karpová, E. D. — Ivašencov, A. G. 1954: Skarny. In: *Ismeňonnije okolorudnyje parody i ich poiskovoje značenie*. Moskva, Gosgeoltechizdat, s. 37—45.
- Konečný, V. 1969: Príspevok k metodike tektonickej analýzy neovulkanických komplexov (so zreteľom na širšiu oblasť Banskej Štiavnice). *Mineralia slov.*, 1, 3—4, s. 177—196.
- Konečný, V. — Lexa, J. et al. 1979: Vysvetlivky ku geologickej mape stredoslovenských neovulkanitov v mierke 1:100 000. [Čiastková záverečná správa.] *Manuskript — Geofond Bratislava*, s. 103—189.
- Miháliková, A. 1978: Petrografické typy intruzívnych hornín stredoslovenských neovulkanitov a ich chemická charakteristika, oblasť Štiavnické vrchy a Javorie. [Čiastková záverečná správa.] *Manuskript — Geofond Bratislava*, s. 3—132.
- Repčok, I. 1981: Datovanie niektorých stredoslovenských neovulkanitov metódou stôp po delení uránu (fission track). *Západné Karpaty, sér. miner., petrogr., geoch., metalogen. (Bratislava)*, 8, s. 59—104.
- Rozložník, L. et al., 1966: Záverečná správa výskumu hornín Štiavnického ostrova. *Manuskript — GUDŠ Bratislava*.
- Rozložník, L. — Záborský, F. 1971: O výskyte žilnikovo-impregnačného zrudnenia medzi obcami Banská Hodruša, Vysoká a Uhliská. *Mineralia slov.*, 3, 10, s. 85—94.
- Smolka, J. 1979: Petrografická povaha a vzťah intrúzie granodioritového porfyritu k neovulkanickému komplexu v okolí Zlatna. *Mineralia slov.*, 11, s. 343—353.
- Záborský, F. 1976: Žilnikovo-impregnačné zrudnenie Cu — lokalita Zlatno. [Habilitačná práca.] *Manuskript — Katedra geológie a mineralógie VŠT Košice*, s. 102—112.

Geology of the Zlatno porphyry copper ore deposit

JÁN BURIAN — JÁN SMOLKA

The Zlatno deposit is the first porphyry copper ore accumulation discovered in the volcanic rocks of Miocene age in the Štiavnické vrchy Mts. The discovery is a proof that granodiorite intrusions do occur in the volcanic edifice and have metallogenetic specialization representing active intrusions. Besides this, the finding opens new possibilities for further prospecting.

The granodiorite intrusive body occurs in area where the Veporic crystalline unit creates

the basement to the volcanoplutonic edifice. The crystalline consists of mainly migmatite rocks intruded by the Vyhne granite during the Variscan cycle. Due to repeated deformations, the rocks of the basement are polymetamorphic whereas the Vyhne granite was cataclased during Alpine phases. Over this crystalline basement, Mesozoic rocks of the Križna unit occur (Middle to Upper Triassic) in which the Middle Triassic dolomite attains up to 420 m thickness. Higher up, dolomite

passes into variegated beds of Upper Triassic age composed of evaporitic and carbonate rocks with subordinated clastics and reminding, in the whole, the Carpathian Keuper facies with varying thicknesses (174—441 m). Argillaceous to calcereous rocks prevail in the suite whereas marly slate, calcareous dolomite, siltstone and sandstone is less frequent. Over this unit, a sequence of Carboniferous to Permian age, attaining total thickness of 369—685 m and assigned to the Choč unit, occurs in clear nappe position. In the lower part of the Choč unit, there are dark grey lithic arenite beds with layers of graphitic shale (Carboniferous). The higher violetish arcose to lithic arenite beds with layers of shale, siltstone and claystone are assigned to the Permian. Their reddish colour is due to iron oxidic pigmentation.

Lithological sequences of Upper Paleozoic to Mesozoic age are folded, sliced and metamorphosed in low-grade conditions. These alterations are completed by contact metamorphism around the granodiorite intrusive body.

Erosion remnants of basal sequences of the Central Carpathian Paleogene (Eocene) occur over the penneplained paleorelief of the Choč unit. Subsequent tectonic movements faulted this substratum along a prevailing NW—SE fault system into several blocks.

Upper levels of the structure are built by the neovolcanic complex. In the surroundings of the deposit, pyroxene-amphibole-biotite ($\pm$ quartz) andesite and pyroclastics deposited during the first stage of a polygenic stratovolcanic development. The recent thickness of the „andesite complex“ is 90 to 330 m. Relics of younger pyroxene (hypersthene-augite) andesite lava flows, slightly propylitized, occur farther from the deposit. The intrusive complex is represented by quartz diorite sills, granodiorite stock and rare dykes of medium-grained aplite. The youngest magmatic rocks are the subvolcanic bodies of dacite (quartz diorite to diorite porphyry) some of them even cutting the mineralized body. The age of this dacite is, according to fission track dating by I. Repčok (1981), 16.4—16.9 m. a.

The granodiorite stock has vertical attitude. In the shape of a cedar-tree body, it is known down to 2,000 m depths where the rock has granodioritic composition. In surficial parts, the body is elongated in NW—SE direction (1,000 $\times$ 250 m) passing into E—W

ellipsoid shape depthwards. The granodiorite imposes contact metamorphism on surrounding rocks with frequent disseminated newly formed pyrite, less pyrrhotite and subordinated chalcopyrite, galenite and sphalerite. Higher concentrations of sulphides occur between 700 and 1,000 m depths where the stock penetrates the Upper Triassic beds. There, Ca—Mg skarns and endoskarn rock types originated in the course of the contact metamorphic processes. This newly formed topomineral environment hosts also the later products of mineralization. Ore mineralization developed during gradual temperature decrease and yielded associations from a high-temperature oxidic stage (magnetite-hematite) through a medium-temperature sulphidic one (pyrrhotite—pyrite $\pm$ chalcopyrite) to a final low — temperature quartz-carbonate-sulphide stage (pyrite—chalcopyrite—sphalerite—galenite) closing with zeolites. Hence, temperature decrease involved also gradual changes in the composition of ore forming solutions. Altogether six mineralization stages were distinguished in the deposit two of which predate the deposition of ore.

The deposit itself developed within the limits of the granodiorite host intrusive body and it has a rough subhorizontal elongated and lense-like shape attaining 800 m length in E—W direction, 170 to 200 m breadth and variable thickness (60—200 m). Pyrite and chalcopyrite are the most common ore minerals. Magnetite, hematite, pyrrhotite are less frequent in the ore whereas bornite, chalcocine, tennantite, galenite, sphalerite, argentite and arsenopyrite are subordinated and cassiterite is rare. From the viewpoint of economic value, chalcopyrite is the main ore and, together with bornite and chalcocine, it gives to the deposit a clear monometallic character. Copper concentrations in the orebody are highly variable with an average of 0.34 p. c. The highest concentration is 4.5 p. c. found in core sample of one metre length.

The distribution of the ore and of wall-rock alterations reveal a certain zonality. The central part is occupied by the orebody itself where copper prevails together with pyrite. The periphery of this orebody is characterized by the zone of base metal mineralization. This general pattern is followed even by the alteration processes in the host rock. In the central zone, a well developed potash metasomatic alteration is replaced gradually,

towards the margins, by the zone of mica and farther outwards by the zone of argillization. A propylitized belt occurs in wider surroundings.

The development of the Zlatno porphyry copper deposit is closely related to the volcanoplutonic activity in the central volcanic zone of the Štiavnické vrchy Mts. In the southern part of this central volcanic zone,

a granodiorite porphyrite stock intruded the lower volcanic level as a small intrusive body during the Miocene. In favourable lithological and tectonic environment of contact metamorphic and metasomatized country rocks, the ore mineralization developed in several paragenetic associations of skarn and sulphide ores.

Preložil I. Varga

ZO ŽIVOTA SPOLOČNOSTI

Darina Čabalová: Ťažba, vlastnosti a využitie tufu Arménska (Bratislava 6. 4. 1982)

Územie Arménska prevažne budujú horniny vulkanického pôvodu a z nich je najrozšírenejší tuf. Z geologického hľadiska je tuf Arménska vo väčšine prípadov horninou typu ignimbritov. Vznikol zo žeravých popolových častíc, ktoré ešte v plastickom stave po dopade aglutinovali a vytvorili kompaktné horniny podobné stuhnutej láve — tufolávy.

Zásobu tufu predstavujú dve miliardy m³. V súčasnosti sa tuf exploatuje na 107 lokalitách. Ťažba je plne mechanizovaná. Tuf sa priamo v kameňolomoch reže špeciálnymi strojmi (SM 89a, SM-518) na tvárnice pravidelnej formy. Tie sa vozia na stavby a využívajú sa ako konštrukčný stavebný kameň. Charakter ťažby závisí od úložných pomerov. Tuf tvorí horizontálne príkrovy mocné 2—20 metrov, a preto kameňolomy nie sú stenové, ale jamové. Ťaží sa z povrchových polôh tufu, ktorý má malú objemovú hmotnosť, pomerne značnú pevnosť, je ľahko opracovateľný a voči pôsobeniu exogénnych činiteľov je veľmi odolnou horninou. Nevýhodou pri ťažbe je, že sa odpad vznikajúci pri ťažbe nestačí spracúvať, zostáva na mieste a znehodnocuje podložné polohy tufu, ktorý je rovnako surovinou, ktorú bude možno v budúcnosti exploatovať.

Podľa petrografického zloženia a fyzikálno-mechanických vlastností možno tuf Arménska rozdeliť do piatich skupín: anijský tuf,

artinský tuf, jerevanský tuf, bjurakanský tuf, felzitický tuf.

Okrem felzitického tufu, ktorý vznikol v terciéri, všetky ostatné typy sú kvartérne.

Použitie tufu v technickej praxi vo veľkej miere závisí od charakteru pórov v hornine, a preto pracovní Vedeckovýskumného ústavu kameňa a silikátov vypracovali metodiku na zisťovanie diferencovanej pórovitosti. Podľa rozmerov rozlišujú tri skupiny pórov: makropóry, nebezpečné póry a mikropóry. Percentuálny obsah jednotlivých skupín pórov sa prejavuje v správaní sa tufu za rozličných podmienok (prostredie, silného znečistenia ovzdušia, prostredie bežného zníženia teploty v zimnom období, prostredie možných extrémnych poklesov teploty a pod.). Identifikácia charakteru pórov v hornine, ako aj ostatných dôležitých vlastností tufu umožňuje vybrať najvhodnejší typ tufu na plánované účely.

Vulkanický tuf Arménska sa v značnej miere využíval už v historických dobách. Z tufu sú sakrálné stavby na celom území niekdajšieho Arménska. Najstaršie stavby sú zachované zo IV. a V. stor. a svedčia o vynikajúcej kvalite niektorých druhov tufu. Veľká škála farebnosti predurčuje tufy na dekoratívne účely. Majú výraznú farbu (červenú, čiernu), ale aj rad jemných pastelových odtieňov (fialovej, ružovej, žltej, zelenej farby). Veľmi dobrá opracovateľnosť tufu umožňuje vytvárať v ňom jemné ornamentálne rezby. Tufy Arménska sú vhodným materiálom nielen na konštrukčné a dekoratívne účely, ale aj na vyše 50 spôsobov priemyselného využitia.