

MIROSLAV KODĚRA

STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA PARAGENETICKÝCH POMEROV A CHEMIZMU TERÉZIA ŽILY V BANSKEJ ŠTIAVNICI

(Ruské a nemecké resumé)

Hlavnou úlohou tejto práce bolo štúdium paragenézy a chemizmu uvedenej žily a zrevidovanie, prípadne doplnenie starších názorov na tvorbu štiavnických žíl.

Pre veľkú rozsiahlosť celej oblasti obmedzil som sa len na jednu z hlavných štiavnických žíl, a to na Terézia žilu, pretože táto má pomerne najviac čerstvých dobývok a je prístupná aj v podpovrchových častiach. Nevýhodou tejto žily však je veľká horizontálna a vertikálna vzdialenosť medzi oboma prístupnými časťami žily — južnou hlbokou a severnou podpovrchovou, čo sťažovalo sledovanie primárnych horizontálnych a vertikálnych rozdielov v žilnej výplni.

Geologické pomery

Kremnicko-štiavnické rudohorie je súčasťou venca neogénnych vulkanických pohorí, ktoré na juhu lemuje karpatský oblúk. Kremnicko-štiavnické rudohorie je budované mohutnými masami výlevných hornín, z ktorých prevládajú andezity, najmä pyroxenické. Menej hojné sú dacity, ryolity a čadiče. Vzácné sú hlbinné horniny granodiorit a diorit. V tzv. štiavnickom ostrove sú zastúpené aj kryštálické bridlice a sedimentárne súvrstvia mladšieho paleozoika a triasu.

Rudné ložiská v Kremnicko-štiavnickom rudohorí sú podobne ako v ostatných pohoriach tohto vulkanického venca subvulkanického typu a spolu s ostatnými patria do tzv. mladokarpatskej metalogenetickej provincie. V Kremnicko-štiavnickom rudohorí rudné ložiská sú v troch oblastiach: kremnickej, hodrušskej a štiavnickej. Tieto oblasti majú pomerne dosť odlišný charakter ložísk. Podľa Helkeho klasifikácie ložísk mladokarpatskej metalogenetickej provincie kremnické žily patria k 1. a 3. typu (žily s viditeľným zlatom a bez viditeľného zlata), hodrušské žily ku 4.

typu (zlatostrieborné žily a čisto strieborné žily) a štiavnické k 5. typu, sú to teda oloveno-zinkovo-med'naté žily chudobné na zlato.

Rudné žily v štiavnickom rudnom obvode tvoria viacmenej súvislý zrudnený pás o dĺžke 14 km a o šírke 5 km. Smer tohto pásu je približne SV—JZ a zhoduje sa so smerom hlavných tektonických línií v Slovenskom stredohorí. Sklon žíl 70—90° na severovýchod. Vcelku je tu vyvinutých asi 120 žíl, hlavné z nich sú: Grünerova, Špitálerova, Bieberova a Terézia žila. Sú to v podstate kremenné žily, ktoré obsahujú kolísajúce množstvo sírníkov Pb, Zn, Cu, Fe, zriedka aj Hg. Hlavné rudné minerály tu sú: sfalerit, galenit, chalkopyrit a pyrit.

Terézia žila je jednou z hlavných štiavnických žíl a bola už oddávna takmer po celej dĺžke (asi 5 km) intenzívne ťažená. Dnes Terézia žila je prístupná a ťaží sa len na Maximilián šachte na južnom okraji žily (v dĺžke asi 400 m a v hĺbke 180—250 m pod povrchom) a vo Ferdinand štôlni na severnom okraji žily (v dĺžke asi 500 m a v hĺbke 50—100 m pod povrchom).

Smer Terézia žily je tiež SV—JZ, sklon 70—80° k severozápadu v severnej časti a 70—80° k juhovýchodu v južnej časti. Mocnosť obyčajne kolíše v medziach 0,5 až 2 m.

Minerálne zloženie žilnej výplne značne kolíše a jej celkový charakter závisí od toho, ktoré periódy a v akom vzájomnom pomere sa zúčastňujú v tom-ktorom mieste na žilnej výplni.

Dosť značne sa vzájomne líšia obe nateraz prístupné časti žily. Vzťahuje sa to najmä na minerály jaloviny.

V južnej hlbšej časti žily prevláda vždy kremeň, ktorý je fakticky jediným minerálom jaloviny. Staršie generácie majú charakter cinoplu (kremeň, obsahujúci jemnošupinkovitý hematit). Len v najmladšej perióde sa vo väčšom množstve uplatňuje tiež baryt. Karbonáty sú tu zastúpené len v nepatrnej miere a obmedzujú sa ako posledné produkty jednotlivých periód na drúzové dutiny. Sú to kalcit, dolomit a siderit. Karbonáty s podstatným obsahom mangánu tu neboli zistené. Z rudných minerálov prevládajú sfalerit a galenit, pričom ich vzájomný pomer sa lokálne značne mení. Chalkopyrit je zriedkavejší a len na niektorých miestach v chalkopyritovej perióde prevláda. Pyrit je v žilnej výplni všeobecne rozšírený, nevytvára však väčšie zhľuky ako predošlé. V najmladšej perióde je namiesto pyritu vyvinutý markazit.

V severnej podpovrchovej časti žily ostáva síce kremeň tiež hlavnou zložkou jaloviny, avšak v najstarších periódach je v podstatnej miere zastúpený aj mangánový silikát — rodonit. (Tento minerál z Banskej Štiavnice doteraz nebol opísaný). V mladších periódach sa zase v značnejšom množstve uplatňujú karbonáty, ktoré sa miestami množstvom vyrovnávajú

kremeňu. Popri kalcite, dolomite a siderite sú tu hodne zastúpené aj karbonáty mangánu — manganokalcit a rodochrozit. Cinopel je v tejto časti žily pomerne zriedkavý. Z rudných minerálov opäť prevláda sfalerit a galenit, chalkopyrit a pyrit sú zriedkavejšie. V najmladšej perióde je obdobne pyrit nahradený markazitom. V nepatrnom množstve som tu zistil tiež ďalšie dva rudné minerály, a to tetraédrit a polybázit.

Lokálne sa vyskytuje v kmeni, v oboch častiach žily, malé množstvo chloritu.

Minerály supergénneho pôvodu sú na Terézia žile podobne ako na ostatných štiavnických žilách zastúpené len v malom množstve. Zo supergénnych minerálov je najhojnejší limonit a sadrovec. Velmi zriedkave bol zistený aj malachit a vulfenit (?). Supergénneho pôvodu môže byť tiež čiastka karbonátov, prípadne pyritu a markazitu v drúzových dutinách.

Na štiavnických žilách totiž oxydačná zóna prakticky vôbec nie je vyvinutá. Tento zjav si môžeme vysvetliť jednak neobyčajnou kompaktnosťou žilnej výplne zloženej aj v blízkosti povrchu prevažne z kremeňa a jednak značnou exponovanosťou štiavnických žíl nad miestnou eróznou bázou.

Okolité horniny. Terézia žila takmer v celej svojej dĺžke prebieha v propylitizovanom pyroxenickom andezite. Len severná časť žily (vo Ferdinand štôlni) zasahuje do kremitého dioritu a do rohovcov. V najjužnejšej prístupnej časti žily sa vyskytujú aj dacity.

Podrobne sa zaoberám petrografiou pyroxenického andezitu, dacitu, kremitého dioritu, rohovcov a vápenca. Podrobnosti ich zloženia tu neuvádzam. Pyroxenický andezit, dacit a kremitý diorit sú intenzívne propylitizované, svetlé súčiastky — živce sú sericitizované až kaolinizované, tmavé súčiastky sú postihnuté chloritizáciou a uralitizáciou. Pozdĺž puklín vzniká hodne epidotu. Intenzívnejšie premenené partie hornín sú silne pyritizované a v blízkosti žily často prekremenelé.

Štiavnické rudné žily sú vyvinuté najmä v staršom pyroxenickom andezite a miestami aj v iných horninách, napr. v diorite, granodiorite a dacite. Vývoj žily v dacitoch (napr. Bieberova žila v dĺžke asi 300 m vo Ferdinand štôlni) zvlášť treba zdôrazniť, pretože J. Hettler (v r. 1952) dacity pokladá za horniny, v ktorých sa zrudnenie vôbec nemôže vyskytovať.

Doterajšie názory na tvorbu žilnej výplne štiavnických žíl

Tento otázke bola dosiaľ venovaná veľmi malá pozornosť. Všetky práce tohto druhu sú staršieho dáta a pochádzajú z II. polovice minulého storočia. Spomeniem aspoň niektorých autorov: Wieszner, banský správca v Banskej Štiavnici, na Špitáľerovej žile rozlišuje 3 periódy jej tvorby.

Fessler (1867), ktorého názor je doteraz najuznávanejší, sformuloval svoje názory na základe 17 vzoriek, ktoré získal z Banskej Štiavnice. Fessler celú žilnú výplň štiavnických žíl zadelil podľa rôznych typov kremeňa do 4. periód. Do piatej zaraďuje sekundárne minerály. Szabó (1880) tvorbu žilnej výplne zadeluje do 6. periód, tieto sa však vcelku zhodujú s Fesslerými, len medzi 4. a 5. Fesslerovu periódu Szabó vsúva novú periódu, v ktorej vznikli karbonáty — dolomit a kalcit. Helke, ktorý pracoval nejaký čas v Banskej Štiavnici v dobe prvej ČSR, na tvorbu štiavnických žíl neuvádza svoj vlastný názor.

Všetci spomínaní autori prišli k jednému správne mu uzáveru. Žilná výplň štiavnických žíl sa nevytvorila v jednej etape, ale vo viacerých, časove od seba oddelených periódach. Názory na počet periód a ich celkový charakter sa u jednotlivých autorov líšia. Wiesznierove názory sa týkajú iba Špitáľerovej žily. Hlavným ich nedostatkom je to, že celú časť produktívnej výplne zadeluje do jedinej periódy, čo celkom iste nezodpovedá skutočnosti. Pomerne k veľmi správne mu uzáverom dospel Fessler (a po ňom Szabó) napriek tomu, že neštudoval žilnú výplň priamo na mieste. Dá sa to vysvetliť tým, že väčšina jeho vzoriek boli drúzami s páskovanou textúrou, ktoré sú pre makroskopické štúdium najvhodnejšie.

Fesslerove a Szabóove periódy sa vzťahujú na všetky štiavnické žily. Nie sú pri nich brané do úvahy rozdiely, ktoré vyplývajú z primárnych horizontálnych a vertikálnych zmien na žilách, ani rozdiely medzi jednotlivými žilami. Žiaden z uvedených autorov sa podrobne nezaobrá mineralogickým zložením a sukcesiou minerálov v jednotlivých periódach, a preto je pomerne ťažko porovnávať ich výsledky jednak medzi sebou, jednak aj s vlastnými výsledkami.

Ja som sa podrobne zaoberal štúdiom žilnej výplne jednej z hlavných štiavnických žíl — Terézia žilou. Celkový obraz žilnej výplne tejto žily je jasne m dokladom správne sti názorov o periodickej mineralizácii štiavnických žíl. Veľká horizontálna vzdialenosť a vertikálny rozdiel medzi oboma prístupnými časťami žily spôsobili, že minerálne zloženie oboch častí žily je značne rozdielne. Toto ma nútilo k tomu, aby som periódy v oboch častiach žily rozlišoval osobitne, ako by išlo o samostatné ložiská. Homologizáciu periód som robil až po detailnom štúdiu s prihliadnutím na primárne zmeny minerálnych asociácií v periódach.

Každú periódu tvorby žilnej výplne označujem samostatným názvom, a to najčastejšie podľa prevládajúceho alebo typomorfného minerálu, prípadne podľa charakteristického typu textúry a pod.

V južnej hlbokéj časti žily som rozlíšil 6 periód a do siedmej zaraďujem minerály supergénneho pôvodu, v severnej podpovrchovej časti 7 periód a do ôsmej zaraďujem zase minerály supergénneho pôvodu.

V každej perióde opisujem miesto a spôsob výskytu periódy na žile, charakter styku s okolitými horninami alebo ostatnými periódami, vekový vzťah k ostatným periódam, prípadné tektonické pohyby, ktoré prebiehajú počas tvorby periódy, praktický význam periódy na žile vzhľadom na dobývateľnosť, kvantitatívne a kvalitatívne zloženie periódy, makroskopicky, mikroskopicky a mineralograficky zistené vekové vzťahy jednotlivých minerálov.

Charakteristické vekové vzťahy niektorých minerálov znázorňujem graficky. Pre každú periódu uvádzam tabuľky sukcesie minerálov. V osobitných tabuľkách uvádzam celkovú sukcesiu oboch častí žily.

Uvediem stručnú charakteristiku jednotlivých období v poradí od najstaršej po najmladšiu.

Južná časť žily: 1. Cinoplová I. perióda je v tejto časti žily najstaršia, je tvorená jemnozrnným hnedočerveným cinoplom, s nepatrným množstvom rudných minerálov. V žilnej výplni je pomerne zriedkavá, spravidla vystupuje len vo forme úlomkov v ostatnej mase. Praktický význam nemá.

2. Cinoplová II. perióda. Túto periódu možno rozdeliť na dve časti. Staršia chudobnejšia je tvorená masívnym cinoplom so značným množstvom hematitu a hrubozrnným cinoplom s menším množstvom hematitu. Obsah rudných minerálov je pomerne nízky. Len zriedka môže mať praktický význam. Mladšia bohatšia časť cinoplovej II. periódy obsahuje popri hrubozrnnom cinopli vysoký obsah rudných minerálov, a to galenitu a medovo-hnedého sfaleritu. Z praktického hľadiska je veľmi dôležitá. Cinoplová II. perióda je vyvinutá v premenlivom množstve takmer na všetkých prístupných častiach žily.

3. Kremenná perióda sa skladá v podstate z kremeňa, ktorý má pri svojej báze malé množstvo hematitu. Obsah rúd je veľmi nízky a jej prítomnosť žilnú výplň vždy znehodnocuje. Vystupuje spravidla v spojitosti s predošlou periódou.

4. Chalkopyritová perióda sa skladá z hrubozrnného kremeňa, v ktorom sa nachádza spravidla vysoký obsah rudných minerálov. Z týchto miestami značne prevláda chalkopyrit nad ostatnými rudnými minerálmi. Popri cinoplovej II. perióde je v týchto častiach žily hlavným nositeľom zrudnenia. V žile nie je všeobecne zastúpená ako predošlé, avšak miestami prevláda nad ostatnými periódami.

5. Barytová perióda je vyvinutá len v nepatrnom množstve. Skladá sa z kremeňa a barytu, s malým množstvom rudných minerálov. Praktický význam nemá.

6. Karbonátová perióda tvorí drobné žilky v okolitej hornine aj v samej

žilnej výplni. Prevládajú v nej kalcit a dolomit nad kremeňom. Rudné minerály takmer neobsahuje. Nemá tiež praktický význam.

Severná časť žily: V severnej časti žily boli rozlíšené tieto periódý:

1. Rodonitová I. perióda je tvorená jemnozrnnou zmesou rodonitu a kremeňa, miestami aj malým množstvom cinoplu. Z rudných minerálov obsahuje len niečo pyritu. V žilnej výplni je zastúpená len v malom množstve. Praktický význam nemá. Odpovedá cinoplovej I. perióde v južnej hlbšej časti žily.

2. Rodonitová II. perióda sa skladá z hrubozrnného rodonitu a kremeňa. V žilnej výplni je oveľa častejšie zastúpená ako predošlá, pre nízky obsah rudných minerálov však nemá praktický význam. Zodpovedá staršej časti cinoplovej II. periódy.

3. Rudná perióda sa skladá z hrubozrnnnej masy rudných minerálov a z malého množstva kremeňa, prípadne aj hematitu. V tejto časti žily je hlavným nositeľom zrudnenia a tvorí podstatnú zložku rudných stĺpov. Je vyvinutá len na niektorých úsekoch žily. Zodpovedá mladšej časti cinoplovej II. periódy.

4. Kokardovitá perióda je tvorená kremeňom, karbonátmi, hematitom a malým množstvom rudných minerálov. Vylučovanie minerálov tu prebiehalo rytmicko, a preto má spravidla páskovanú alebo kokardovitú textúru. Je vyvinutá len na málo miestach, spravidla v nevelkom množstve. Obvyčajne nemá praktický význam. Zodpovedá kremennej perióde.

5. Kremenno-karbonátová perióda tvorí v tejto časti žily hlavnú zložku žilnej výplne. Popri kremeňi sa v nej v podstatnej miere vyskytujú aj karbonáty, najmä manganokalcit, dolomit a dialogit. Obsah rudných minerálov je spravidla nízky a len ojedinele dosahuje hranicu dobývateľnosti. Zodpovedá chalkopyritovej perióde.

6. Dolomitová perióda je vyvinutá len zriedka vo forme drobných žiliiek v ostatnej žilnej výplni. Skladá sa prevažne z dolomitu. Nemá praktický význam. Zodpovedá snáď karbonátovej perióde.

7. Barytová perióda je tu tiež zriedkavá a zložením zodpovedá barytovej perióde v južnej hlbkej časti žily. Ani táto perióda nemá praktický význam.

Porovnajme tieto zistené periódý tvorby žilnej výplne Terézia žily s periódami, ktoré stanovili Fessler a Szabó pre všetky štiavnické žily. Porovnanie je možné iba s periódami z južnej hlbšej časti Terézia žily, ktoré majú obdobné minerálne zloženie, aké uvádzajú autori pre svoje periódý.

Prvé tri periódý Terézia žily, ktoré som stanovil, vcelku sa zhodujú s prvou až treťou Fesslerovou periódou. Zvyšnú časť žilnej výplne hypogénneho pôvodu, mladšiu ako tretia perióda, Fessler zhrnul do jedinej periódy.

Žilná výplň Terézia žily na Maximilián šachte však nasvedčuje tomu, že tu treba rozlišovať dve, prípadne tri zreteľne diferencované periódy. Šiesta karbonátová perióda zodpovedá zrejme piatej Szabóovej perióde, ktorou doplnil Fessler. Siedma „perióda“, do ktorej zahrňujem minerály supergénneho pôvodu, zodpovedá piatej Fesslerovej (šiestej Szabóovej) perióde.

Kritériá pre odlišovanie a porovnávanie periód na rudných ložiskách

Pri štúdiu žilnej výplne Terézia žily, ako aj pri laboratórnom spracovávaní materiálu, stanovil som nové kritériá pre odlišovanie a porovnávanie periód na rudných ložiskách. Stručne ich vymenujem.

Každá perióda tvorby minerálnej výplne sa vyznačuje:

1. Stále rovnakým vekovým vzťahom k mladším a starším periódam.

A. Kritériá pri diskordantnom vývoji voči ostatným periódam:

- a) žilky vo vlastnej výplni žily,
- b) samostatne vyvinuté periódy v okolitej hornine,
- c) brekciovitá alebo kokardovitá textúra,
- d) metasomatické zatlačovanie minerálov starších periód minerálmi mladších periód.

B. Kritériá pri konkordantnom (páskovanom) vývoji voči ostatným periódam:

- a) určitá zmena chemizmu niekedy veľmi výrazná,
- b) termálny skok — nová perióda sa začína vysokotermálnejším minerálom než akým sa končí staršia perióda,
- c) známky metasomatického zatlačovania minerálov staršej periód, d) idiomorfný vývoj posledných minerálov staršej periód voči najstarším minerálom mladšej periód.

2. Určitou stálosťou kvantitatívneho zloženia.

3. Určitou stálosťou kvalitatívneho minerálneho zloženia.

4. Stálosťou sukcesie všetkých minerálov, prípadne aj ich generácií.

5. Určitou stálosťou stopových prvkov v niektorých mineráloch.

6. V niektorých prípadoch sa perióda vyznačuje tiež určitým typom textúry.

Nakoniec treba poznamenať, že väčšina týchto kritérií sa môže uplatňovať len pri štúdiu na takom veľkom úseku určitej žily alebo ložiska, kde sa ešte podstatnejšie neuplatňovali primárne horizontálne a vertikálne zmeny paragenetických asociácií minerálov jednotlivých periód.

V tom prípade, ak je ložisko prístupné na veľkom úseku, je nevyhnutne potrebné tieto primárne zmeny sledovať, stanoviť ich charakter a na základe

toho si zistené kritériá prispôbiť k týmto zmenám. Súčasne nám toto štúdium poskytne cenné informácie o zákonitostiach vertikálnej a horizontálnej zmeny paragenetických asociácií minerálov na danom ložisku, čo má aj veľký praktický význam.

Spektrálne analýzy

Pre upresnenie a doplnenie celkového chemizmu minerálov Terézia žily podrobil som väčšinu minerálov a ich generácií kvalitatívnej a približnej kvantitatívnej spektrálnej analýze. Výsledky spektrálnych analýz mi umožnili za 1. sledovať rozdiely v chemizme medzi južnou hlbokou a severnou podpovrchovou časťou žily, 2. stanoviť rozdiely v chemizme jednotlivých periód a za 3. sledovať rozdiely v chemizme jednotlivých minerálov rôznych generácií.

Všetky generácie toho-ktorého minerálu boli pre ľahšie porovnávanie kvantitatívneho obsahu jednotlivých prvkov nafotografované za sebou na jedinú dosku za tých istých podmienok.

Vcelku bolo vykonaných 87 spektrálnych analýz týchto minerálov: chalkopyrit, sfalerit, galenit, markazit, pyrit, rodonit, „cinopel“, baryt, dolomit, siderit, manganokalcit, dialogit, kalcit, kremeň.

Diskusia o forme výskytu jednotlivých prvkov v mineráloch bola vykonaná na základe výsledkov mineragrafického a mikroskopického štúdia za použitia citovanej literatúry, najmä: Betchin: Mineralógia, Ramdohr: Die Erzminerale und ihre Verwachsungen, Dana: System of Mineralogy.

Pyrit: Vo forme izomorfných prímiesí obsahuje As a najmladšie generácie aj Sb a Tl. Výrazný je nedostatok Ni a Co. Nikel nebol vôbec zistený a kobalt len v jedinom prípade. Stopový obsah Ag prítomný heterogénne. Jednotlivé generácie pyritu sa navzájom len málo líšia.

Markazit: Zo spektrálneho hľadiska je blízky pyritu, častejšie však obsahuje izomorfnú prímes Sb a Tl.

Galenit: Obsah striebra v galenite (0,12 %) presahuje hranice možnej izomorfie (0,01 %). Prevažná časť Ag je prítomná heterogénne, pravdepodobne vo forme Ag_2S (obsah As a Bi nebol bezpečne dokázaný a obsah striebra je vysoký aj v tom prípade, ak vzorka neobsahuje Sb). Na heterogénne prímеси nezistených minerálov je pravdepodobne viazaný obsah Sb a Sn. Prítomnosť Mo v najmladšej generácii galenitu z drúzovej dutiny sa viaže pravdepodobne na jemný povlak sekundárneho vulfenitu. Jednotlivé generácie galenitu sa líšia málo, iba obsah Sb postupne stúpa s klesajúcou termalitou.

Chalkopyrit: Z izomorfných prímiesí bezpečne dokázaný arzén. Stopový obsah striebra stúpa za prítomnosti Sb a je viazaný pravdepodobne na ušľachtilé strieborné minerály.

Sfalerity: Spektrálne analýzy sfaleritov z Terézia žily vykazujú prítomnosť týchto prvkov: Zn, Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Cu, Fe, Ge, Hg, Mg, Mn, Pb, Si, Sn, Te. Z nich vo forme izomorfnej prímеси je prítomné Cd, čiastka Fe, Mn, Mg, Ge a pochybne Ga. Cu a časť Fe je viazaná na zistené odmiešaniны chalkopyritu. Stopový obsah Ag, Sb, Sn a Te pochádza zo submikroskopických prímiesí nezistených minerálov týchto prvkov. Ostatné zistené prvky sú viazané na stanovené heterogénne prímеси rudných aj nerudných minerálov.

Zo spektrálneho hľadiska študované sfalerity sú neobyčajne zaujímavé. Spektrálnej analýze boli podrobené sfalerity z väčšiny periód oboch častí žily, čo umožnilo sledovať zákonitosti zmeny obsahu stopových prvkov v nich počas tvorby celej žilnej výplne.

Obsah stopových prvkov vo sfalerite závisí od niekoľkých faktorov. Najväčší význam z nich majú teplota, pri ktorej daný sfalerit vzniká, a chemická povaha rudonosných roztokov tej-ktorej metalogenetickej provincie. V menšej miere vplývajú na stopový obsah sfaleritov okolité horniny, textúra sfaleritov a iné. Obsah stopových prvkov z Terézia žily závisí najmä od teploty a len v nepatrnej miere od chemizmu roztokov. Túto závislosť badať pri Fe (nízky obsah pri svetlých, nízkotermálnych sfaleritoch), pri Sn a Mn (klesanie obsahu s klesaním teploty) a pri Sb a Hg (stúpanie obsahu s klesaním termality). Obsah Cd (priemer 0,35 %) nevykazuje závislosť od teploty. Len prítomnosť Bi možno vysvetľovať chemizmom roztokov.

Tieto výsledky sa dobre zhodujú s údajmi v literatúre, kde sa hovorí o závislosti sfaleritov od teploty.

Stoiber, ako aj niektorí iní autori pri štúdiu závislosti obsahu stopových prvkov od teploty sa často uspokojujú s tým, že zadeľujú ložiská s výskytom sfaleritu do troch typov — nízkotermálnych, strednotermálnych a vysokotermálnych, pričom často neberú do úvahy tú skutočnosť, že na mnohých ložiskách počas ich tvorby dochádzalo k značným zmenám teploty (najmä k poklesom). Z tohto dôvodu jednotlivé generácie sfaleritu na tom istom ložisku môžu byť spektrálne dosť odlišné. Výsledky spektrálnych analýz sfaleritov z ložísk, ktoré neboli z tohto hľadiska zhodnotené, len ťažko možno pri úvahách o závislosti stopových prvkov od teploty zovšeobecňovať.

Baryt: Vo forme izomorfnej prímеси prítomné Sr a snád' čiastka Pb; ostatné prvky viazané na heterogénne prímеси.

Rodonit: Vo forme izomorfnej prímеси zo zistených prvkov môže prísť

do úvahy Mg, Al, V, Na a Ge. Obsah Sb a Sn viazaný na submikroskopickú prímies minerálov týchto prvkov.

„Cinopel“: Vo forme izomorfnej prímеси môže byť prítomná čiastka Ti, Mg a V (v hematite). Zistený obsah W sa viaže pravdepodobne na nezistené submikroskopické prímеси podobne ako Sn a Bi; obdobným spôsobom je zastúpené pravdepodobne aj zlato.

Karbonáty: Pri karbonátoch badať najmä izomorfné zastupovanie medzi týmito základnými prvkami: Ca, Mg, Fe a Mn.

Niektoré kalcity obsahujú izomorfnú prímies Ba, Sr a Ni, ktorý je však hojnejší v dolomitoch. Siderit zo študovaných karbonátov obsahuje najčastejšie stopový obsah berýlia, ktorého forma prítomnosti je nejasná. Stopy Sn zistené v siderite a v dialogite sa viažu pravdepodobne na submikroskopickú prímies niektorého Sn minerálu.

Kremeň — všetky prvky stanovené v kremeni sú viazané na zistené heterogénne prímеси.

Geochemický vývoj Terézia žily

Schémy sukcesí minerálov stanovené v periódach a aj pre žilu ako celok dávajú nám jasný obraz o minerálnych asociáciách, ktoré vznikali v jednotlivých periódach, o postupnosti vylučovania minerálov, aj o kvantitatívnom zastúpení toho-ktorého minerálu v jednotlivých periódach. Schémy chemizmu zostavené na základe známej sukcesie a na výsledkoch spektrálnych analýz zase poskytujú prehľad o kvantitatívnom uplatňovaní prvkov počas tvorby celej žilnej výplne.

Minerály nie sú ničím iným ako pevným produktom chemických reakcií, ktoré sa odohrávali v hydrotermálnych roztokoch vždy vtedy, keď bol z nejakých dôvodov porušený ich rovnovážny stav (B e t e c h t i n). Na tvorbu žilnej výplne vplýva veľké množstvo rôznych faktorov, ako je napr. teplota, tlak, chemizmus roztokov, najmä režim síry a kyslíka, stav pH v roztokoch, okolité horniny, vadózna voda a iné. Zmena hociktorej z týchto podmienok vedie k narušeniu rovnovážneho stavu hydrotermálnych roztokov, čo spôsobuje vypadávanie určitých minerálov z roztokov, prípadne rozpúšťanie prv vzniknutých minerálov, ktoré sú za nových podmienok nestále. Podrobný rozbor minerálnych asociácií, ich zmena v priestore a v čase, ako aj detailný chemizmus jednotlivých minerálov v nich, môže nám poskytnúť názornú predstavu o tých fyzikálno-chemických podmienkach, za ktorých tieto minerály vznikali.

Vývoj Terézia žily prebiehal v nevelkých hĺbkach, za silnej tektonickej činnosti, čo spôsobilo častú zmenu fyzikálno-chemických podmienok vzniku minerálov. Hydrotermálne roztoky mali zreteľne pulzačný charakter, v dô-

sledku čoho môžeme v žilnej výplni odlišiť niekoľko zreteľne diferencovaných období.

Pre veľkú vzdialenosť oboch prístupných častí žily bolo možné detailne študovať iba časové zmeny vo vývoji rudnej žily na jej nevel'kom úseku, kým o horizontálnych a vertikálnych zmenách minerálnych asociácií možno usudzovať len nepriamo.

Jedným z hlavných činiteľov v geochemickom vývoji Terézia žily bola teplota. Na Terézia žile sa stretneme s niekoľkými druhmi zmeny teploty, a to:

1. pokles teploty v horizontálnom smere od juhu k severu,
2. pokles teploty vo vertikálnom smere.

Okrem toho sa tu stretneme aj so zmenami teploty na tom istom mieste. Najstaršie periódny vznikali pri oveľa vyššej teplote ako najmladšie. Tento pokles teploty nebol však plynulý, lebo sukcesia minerálov v jednotlivých periódach svedčí o veľmi silnom poklese teploty na konci období. Najstaršie minerály v periódach vznikali vždy pri vyššej teplote ako najmladšie minerály v predchádzajúcej perióde.

Stanovenie absolútnej teploty nebolo možné, lebo sa tu nestretávame s minerálmi, ktoré by bolo možné použiť ako geologické teploměry. Prítomnosť alebo neprítomnosť odmiešanií chalkopyritu vo sfalerite nemôže byť spoľahlivým kritériom, lebo je nepravdepodobné, aby sfalerity s odmiešatinami chalkopyritu, ktoré sa nachádzajú v podpovrchovej časti žily v mase karbonátov, vznikli pri teplote nad 350 °C.

Uvedenými zmenami teploty možno vysvetľovať mnohé zjavy, ako napr. zvýšený obsah karbonátov v severnej podpovrchovej časti žily oproti južným hlbokým častiam, prítomnosť rodonitu len v severnej podpovrchovej časti žily, stúpajúci obsah cinoplu smerom do hĺbky, vznik karbonátov ako posledných produktov v jednotlivých periódach, prítomnosť barytu len v najmladších periódach, zákonité rozmiestenie stopových prvkov v niektorých sfaleritoch a mnohé iné zjavy.

Vznik sírníkov závisí od množstva rozpusteného H_2S v roztokoch, pretože množstvu rozpusteného H_2S je priamo úmerné aj množstvo disociovaných iónov S^{2-} , prípadne $[S_2]^{2-}$, ktoré môžu vstupovať do reakcií. Rozpustnosť H_2S stúpa so stúpajúcim tlakom a s klesajúcou teplotou a klesá so stúpajúcou kyslosťou roztokov. Preto sírniky nevznikajú z roztokov prvé, v prvých fázach tvorby žilnej výplne tej-ktorej periódy, ktoré nasledujú bezprostredne po znovuo tvorení puklín, lebo znovuo tvorenie puklín spôsobilo značný pokles tlaku, čím sa rozpustnosť H_2S v roztokoch znížila. Hlavná masa sírníkov vo všetkých periódach vznikala v dôsledku toho až neskoršie.

Akúsi výnimku tvorí len pyrit, ktorého prvé generácie sú takmer vo všet-

kých periódach, najmä však v hlbšej časti žily najstarším minerálom v sukcesii a spočívajú spravidla bezprostredne na okolitej hornine alebo na jej úlomkoch. Ich vznik možno vysvetliť tým, že nové dávky hydrotermálnych roztokov pri styku s chladnou okolitou horninou sa v prvých okamihoch náhle ochladili a tak pri vysokej koncentrácii Fe v roztokoch mohlo dôjsť k vzniku pyritu. Okolité horniny sa však rýchle zohriali, teplota roztokov stúpila a vylučovanie pyritu bolo prerušené. Teplota roztokov potom už pozvoľna klesala.

Vznik hematitu v hlbších častiach žily (a nie magnetitu) možno vysvetliť jednak značne vysokým, oxydačno-redukčným potenciálom aj v týchto hĺbkach a jednak slabou alkaličnosťou roztokov (niektoré prvky, najmä železo, v alkalických roztokoch sa veľmi ľahko oxydujú na vyššiu valenciu). Na alkaličnosť roztokov v starších periódach poukazuje napr. prítomnosť chloritu v starších periódach, zákonitý vznik dvoch generácií FeS_2 pyritu a markazitu, neprítomnosť síranov v starších periódach, prítomnosť nepatrného množstva karbonátov v starších periódach, ktoré v alkalických roztokoch tvoria skôr ľahko rozpustné bikarbonáty a iné.

Roztoky, z ktorých vznikali najmladšie periódy, boli zreteľne kyslé aj vo väčších hĺbkach. (Prítomnosť síranov, markazitu, zvýšený obsah karbonátov a iné.) Kyslosťou roztokov možno tiež vysvetľovať časté prevládanie galenitu nad sfaleritom v najmladších periódach (Pb aj v kyslejšom prostredí je schopné vytvárať sírniky, kým Zn tvorí ľahko rozpustný síran ZnSO_4).

Sevrná podpovrchová časť žily vznikala pri značne nižšej teplote. To platí tiež pre najstaršie periódy. Prejavilo sa to najmä na mineráloch jaloviny, v ktorých sa v podstatnej miere uplatňuje Mn, ktorý často prevláda nad Fe, kým v hlbších častiach žily je to naopak. Prejavuje sa to tým, že tu miesto cinoplu (kremeň — hematit) vzniká rodonit a v karbonátoch prevládajú manganokalcit a dialogit.

Záver

Makroskopickým štúdiom na žile, ako aj štúdiom vzorkov, v oboch častiach žily som rozlíšil jednotlivé periódy tvorby žilnej výplne. Makroskopickým a mikroskopickým štúdiom jednotlivých minerálov som stanovil sukcesiu minerálov v jednotlivých periódach aj pre žilu ako celok. Kvalitatívne spektrálne analýzy väčšiny minerálov poskytujú presný obraz o chemizme jednotlivých periód. Schémy geochemického vývoja, zostrojené na základe známej sukcesie a na základe výsledkov spektrálnych analýz jednotlivých minerálov, umožnili mi sledovať celkový geochemický vývoj žily.

Z praktického hľadiska je veľmi dôležité zistiť, ktoré periódy sú na tejto žile hlavným nositeľom zrudnenia. V hlbších častiach žily dosahuje hranice dobyvateľnosti cinoplová II. perióda a chalkopyritová perióda, pričom najvyššie zrudnenie vykazuje mladšia časť cinoplovej II. periódy. V podpovrchových častiach prevažná časť rudného obsahu je sústredená v rudnej perióde, kým ostatné periódy hranicu dobyvateľnosti dosahujú len lokálne.

Ak sa na väčšom úseku rudnej žily zistí, že sa na tvorbe jej žilnej výplne zúčastňujú len periódy mladšie ako perióda, ktorá je v týchto miestach hlavným nositeľom zrudnenia, to znamená, že žilná puklina v čase jej tvorby ešte neexistovala. Takúto žilu alebo jej časť preto možno považovať za neproduktívnu a treba ju z ďalšieho prieskumu vylúčiť.

Naopak, aj keď na určitej žile alebo jej úseku je žilná výplň málo zrudnená, avšak nachádzame tu staršie periódy, ako je perióda, ktorá je hlavným nositeľom zrudnenia, alebo dokonca ak táto perióda je tu zastúpená, ale len v nepatrnom množstve vzhľadom na ostatnú žilnú výplň, takúto žilu alebo jej časť musíme pokladať za nádejnú a musíme ďalší výskum zamerať na ňu.

Predmetom ďalšieho štúdia ložísk v tejto oblasti bude teraz podrobne spracovať po stránke paragenetickej a geochemickej aspoň hlavné štiavnické, prípadne aj hodrušské žily, aby bolo možné stanoviť v hlavných rysoch geochemický vývoj celej bansko-štiavnickej rudnej oblasti. Takto bude možné zistiť, ktoré periódy sa zúčastňujú na stavbe tej-ktorej žily a pri veľkých žilách aj na jednotlivých ich úsekoch. Je veľmi pravdepodobné, že hlavné periódy, zistené na Terézia žile, uplatňujú sa aj na ostatných žilách, čo som zistil už za orientačnej prehliadky Špitáľerovej a Bieberovej žily.

Nie je však vylúčené, že na týchto žilách sa vyskytujú tiež také periódy, ktoré sa nezúčastňujú na tvorbe žilnej výplne Terézia žily.

Na základe priestorového rozmiestenia hlavných rudonosných períod v celej rudnej oblasti bude možné vyhraničiť nenádejné oblasti od nádejných a ďalší prieskum usmerniť predovšetkým na tieto oblasti.

*Katedra mineralógie a petrografie
Fakulty geologicko-geografických
vied Univerzity Komenského,
Bratislava*

МИЛОСЛАВ КОДЕРА
ПАРАГЕНЕЗИС И ХИМИЗМ ЖИЛЫ „ТЕРЕЗИЯ“
В БАНСКОЙ ШТИАВНИЦЕ

В настоящей работе дается обзор геологических отношений Кремниcko-штиавницких рудных гор и краткая характеристика парагенезиса жилы „Терезия“. Нельзя согласиться со старшими взглядами некоторых авторов об образовании пустой породы штиавницких

жил. В южной, более глубокой части „Терезия“ жилы можно различать шесть, и в под-
поверхностной части семь периодов образования минералов. Автор приводит новые
критерии для распознавания периодов образования минералов, которые он нашел при
исследовании этой жилы. Большую часть минералов автор исследовал спектральным
анализом. На основании последовательности в образовании минералов в отдельных
периодах и результатов спектральных анализов отдельных минералов, можно устано-
вить геохимическое развитие „Терезия“ жилы в целом. При этом автор принимает во
внимание разные факторы, главным образом температуру, давление, химизм раство-
ров, изменение режима серы и кислорода, величины pH в растворах, влияние боковых
пород и другие.

В заключении автор приводит возможности практического использования достигну-
тых результатов во всей банско-штиавницкой рудной области.

Перевод со словацкого Л. Микушки.

*Кафедра минералогии и петрографии
геолого-географического факультета
Университета им. Коменского, Братислава*

MIROSLAV KODĚRA

PARAGENESE UND CHEMISMUS DES THERESIENGANGES IN BANSKÁ ŠTIAVNICA

In dieser Arbeit, welche als Referat auf der wissenschaftlichen Konferenz der
Komensky-Universität vorgebracht wurde, gebe ich eine Übersicht der geologischen
Verhältnisse des Gebirges Kremnicko-štiavnické Rudohorie (Kremnitz-schemnitzer
Erzgebirge) und eine kurze Charakteristik der paragenetischen Verhältnisse am The-
resien-Gang. Es werden die Ansichten der älteren Autoren hinsichtlich der Bildung
der Gangaufüllung der štíavnicer (schemnitzer) Gänge erörtert. Am Theresiengang
unterschied ich in dessen südlichem, tieferem Teil sechs und im nördlichen Teil, unter
der Erdoberfläche, sieben Perioden und führe hier deren kurze Charakteristik an. Nach
eingehendem Studium der Verhältnisse auf dem Gang fand ich neue Kriterien zur
Unterscheidung und für den Vergleich der Perioden auf den Erzlagerstätten.

Auf Grund der durchgeführten Spektralanalyse der meisten Minerale wird über die
Form diskutiert, in welcher sich die einzelnen Elemente in ihnen befinden. Auf Grund
der bekannten Sukzession der Minerale in den einzelnen Perioden und auf Grund der
Ergebnisse der Spektralanalysen der einzelnen Minerale werden Betrachtungen über
die ganze geochemische Entwicklung des Theresien-Ganges gemacht, wobei verschie-
dene Faktoren in Betracht gezogen werden und zwar Temperatur, Druck, Chemismus
der Lösungen, Veränderungen im Regim von Schwefel und Sauerstoff, pH der Lösun-
gen, Einfluß des umgebenden Gesteins u. a. Abschließend werden die Möglichkeiten
einer praktischen Verwertung der erreichten Resultate im ganzen Erzgebiet von
Banská Štiavnica angeführt.

Übersetzt von V. Dlabačová.

*Lehrstuhl für Mineralogie und Petrographie
der Fakultät der geologisch-geographischen
Wissenschaften der Komensky-Universität,
Bratislava*