38/3/2006
ISSN 0369 - 2086

Mineralia Slovaca

Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava

16. - 18. 11. 2006

5. ROČNÍK MEDZINÁRODNEJ VÝSTAVY KAMEŇOPRIEMYSLU A GEOLÓGIE

Záštita
Ministerstvo životného prostredia SR

Odborní garanti
Slovenský živnostenský zväz, Cech kamenárov Slovenska,
Slovenská akadémia vied, Slovenské združenie výrobcov kameniva

Sprievodný program
odborný seminár • súťaž o najkrajšiu expozíciu • súťaž o najlepší výrobok
• súťaž žiakov kamenárskych škôl

NOMENKLATÚRA

- Nerudné stavebné suroviny /minerály, drahé kamene, dekoračný a stavebný kameň, tehlárske a keramické suroviny, zeminy pre špeciálne účely/
- Stroje a zariadenia pre ťažbu kameňa
- Stroje a zariadenia pre spracovanie kameňa /náradie a nástroje na rezanie, opracovanie a leštenie dekoračného kameňa/
- Kamenárske výrobky /dlažbové kocky, obrubníky, bloky, dlažbové dosky, obkladové dosky/
- Tesané dekoračné výrobky z kameňa /portály, pomníky, zábradlia, sochárske práce/
- Umelecko-priemyslové práce z kameňa /stoly, vázy, fontány, svietniky, popolníky, ťažítka, šperky/
- Kovotepectvo /spracovanie kovu, urny, umelecká liatina a pod./
- Fotokeramika
- Pietne svietidlá a príslušenstvo
- Kvetinové dekorácie
- Motorové a špeciálne vozidlá
- Ochrana, konzervovanie, reštaurovanie
- Organizácie, spolky, odborná literatúra

Výstavisko TMM, a.s., Pod Sokolicami 43, 911 01 Trenčín
tel.: +421 - 32-743 23 84, 651 51 84, fax: +421 - 32 - 743 23 88, e-mail: os51@tmm.sk, www.tmm.sk

ČLÁNKY – ARTICLES

Knésl, J. & Knéslová, A.
Perspektívy typov Au mineralizácie na Slovensku
Perspectives of Au mineralization types in Slovakia 187

Morávek, P.
České zlato na počátku 3. tisíciletí
Czech gold at the beginning of the 3rd millenium 193

Franzen, J.
Vyhľadávanie zlata na Slovensku v posledných siedmich rokoch z prostriedkov štátneho rozpočtu
Gold exploration in Slovakia funded by state budget during the previous seven years 197

Knésl, J., Knéslová, A., Koděra, P., Lexa, J. & Michňová, J.
Výsledky vyhľadávania zlata na lokalite Píla, rázdielska časť Tribeča
Results of exploration for gold at the locality Píla, the Rázdiel part of the Tribeč mountain range 202

Ďurove, J., Kondela, J. & Slavkovský, J.
Svetová ťažba zlata a trendy jeho ceny na prahu tretieho tisícročia
World gold production and trends of its price at the beginning of the 3rd millenium 215

Baláž, P. & Hanas, P.
Aktuálny vývoj svetovej ceny a ťažby zlata, stav prieskumu a využívanie ložísk zlata na Slovensku
Actual development of the gold world price and exploitation, the state of exploration and use of gold deposits in Slovakia 219

Ferenc, Š. & Bakos, F.
Au-Bi-Te mineralizácia v sineckej strižnej zóne (Kokava nad Rimavicou) – nový typ mineralizácie v Západných Karpatoch
Au-Bi-Te mineralization in the Sinec shear zone, Kokava nad Rimavicou: New type of mineralization in the Western Carpathians 223

Bakos, F., Ferenc, Š. & Hraško, Ľ.
Nový výskyt hydrotermálnej Au-Bi-Te mineralizácie v oblasti Krokavy (Slovenské rudohorie, veporikum)
New occurrence of hydrothermal Au-Bi-Te mineralization in the vicinity of Krokava (Slovenské rudohorie Mts., Veporic tectonic unit) 241

OBÁLKA. Zlato s tetradymitom z Bohatého, Kokava nad Rimavicou (veľkosť agregátu 5 mm). Zbierka: Š. Ferenc. Foto: F Bakos
COVER: Gold and tetradymite from Bohaté deposit, Kokava nad Rimavicou (the size of aggregate 5 mm). Collection: Š. Ferenc. Photo: F Bakos

Žitňan, P. & Chovan, M.
Mineralogická charakteristika aluviálneho zlata z okolia Zlatník v Považskom Inovci
Mineralogical characteristic of alluvial gold from the Zlatníky surroundings in Považský Inovec Mts. 253

Lalinská, B. & Chovan, M.
Hydrotermálna mineralizácia na lokalite Medzibrod a Sopotnická dolina
Hydrothermal mineralization in Medzibrod deposit and Sopotnická dolina valley 261

Tuček, Ľ. & Derco, J.
Technológia úpravy hornín s obsahom zlata v závislosti od ich mineralogických vlastností
Dressing technology of gold-bearing ore in relation to their mineralogical properties 273

ABSTRAKTY – ABSTRACTS

Bartalský, B., Finka, O., Stupák, J., Veľký, P. & Štepiga, J.
Výpočet zásoby Au-Ag rúd ložiska Kremnica-Šturec so stavom k 31. máju 2006
Reserves computation of Au-Ag ore from the Kremnica-Šturec deposit with the state to 31 May 2006 279

Zachariáš, J.
Nové poznatky o genezi Au mineralizace ve středočeské oblasti Českého masívu
New knowledge about the Au mineralization genesis in the Middle Bohemian area of the Bohemian Massif 279

Chovan, M., Bakos, F. & Makovický, E.
Problematika „horčicového" zlata na príklade lokality Kriváň (Tatry) so stavom k 31. máju 2006
The "mustard" gold characteristic in the case of Kriváň locality (Tatry Mts.) with the state to 31 May 2006 280

GeoVestník

Mineralia Slovaca, 38 (2006), 187–192

Perspektívy typov Au mineralizácie na Slovensku

JURAJ KNÉSL a ALŽBETA KNÉSLOVÁ

KKÁ-DSGC – Disseminated Slovak Gold Consulting, Šalgotarjánska 3, 974 04 Banská Bystrica

Perspectives of Au mineralization types in Slovakia

The article presents the review of the most important Slovakian gold deposits according their types. It deals with perspectives of Slovakian gold deposits, occurrences and anomalies. The gold deposits have been divided into four types (gold placers, Pretertiary gold veins and veinlets, gold veins connected with Tertiary volcanic activity and disseminated-types of gold mineralization). From these types, the gold and gold and silver-bearing veins connected with Tertiary volcanic activity, represent by far the most important and the best known source of Slovakian gold. In spite of fact, that the majority of the Slovakian gold deposits is exhausted, according to the authors, there exist in Slovakia further perspectives of discoveries of until unknown gold deposits.

Key words: vein-type gold mineralization, disseminated-type gold mineralization, gold deposits, gold occurrences, exploration activities, exploration targets

Úvod

Baníctvo, osobitne Au a Ag, je jedným z najdôležitejších vkladov Slovenska do európskej a svetovej histórie. S týmito drahými kovmi sú úzko späté aj dejiny súčasného Slovenska. Pred objavením Ameriky v 14. a 15. stor. patrilo územie terajšieho Slovenska medzi popredných producentov drahých kovov v Európe a centrá slovenského baníctva, hlavne Banská Štiavnica a Kremnica, boli veľmi dobre známe v celej stredovekej Európe. Druhý raz sa slovenské baníctvo preslávilo v 18. stor., a to najmä rozvojom banskej techniky a baníckeho školstva. Banská akadémia, založená v roku 1762 v Banskej Štiavnici, bola jednou z prvých baníckych vysokých škôl na celom svete. Baníctvo nesporne patrí medzi najväčšie duchovné a materiálne hodnoty slovenskej histórie.

Tento príspevok je krátkym súhrnným prehľadom o najdôležitejších ložiskách, výskytoch a indíciách Au mineralizácie z hľadiska súčasných poznatkov a osobitná pozornosť sa v ňom venuje možným perspektívam nájsť nové ekonomicky využiteľné zlatonosné ložiská. Výskyty Au mineralizácie na Slovensku sú opísané v zmysle metalogenetického rajónovania SR, ktoré spracoval Ilavský a Sattran (1980). Aj keď ide o prácu, ktorá vznikla pred viac ako dvadsiatimi piatimi rokmi, jej závery sú stále aktuálne a najprehľadnejšie vyjadrujú topografiu metalogenetických pomerov Slovenska.

Hlavné typy Au mineralizácie

Slovenské ložiská a výskyty Au možno s prihliadnutím na ich morfológiu rozdeliť do štyroch základných typov (Knésl a Knéslová, 1999). Sú to zlatonosné rozsypy, predterciérne žilné a žilníkové typy, terciérne žilné typy a impregnačné typy.

Zlatonosné rozsypy sa na území terajšieho Slovenska nepochybne ťažili už od keltských čias a niektoré z nich – Zlatníky v Považskom Inovci, Malinová v Malej Magure (Polák, 1971; Knésl a Knéslová, 1998) – boli významným producentom Au, ale v súčasnosti z hľadiska perspektív nemajú ekonomický význam (malá zásoba, environmentálne problémy).

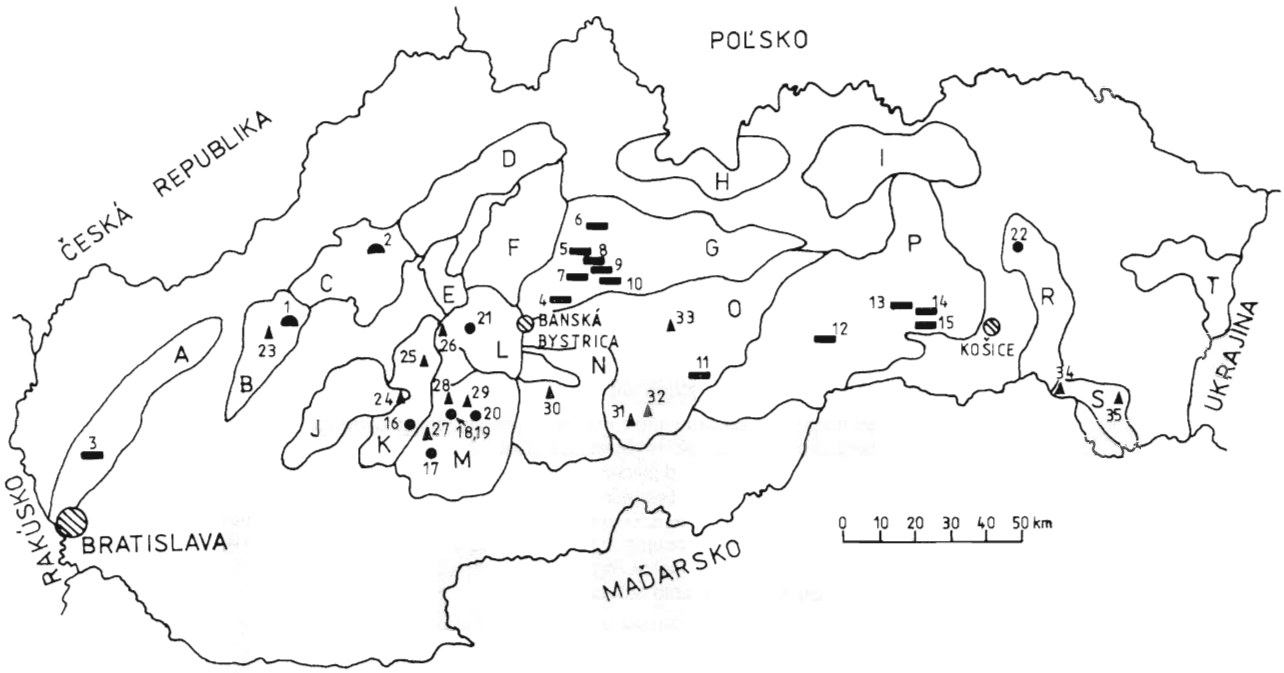
Predterciérne žilné a žilníkové typy sa vyvinuli v kryštalických a granitoidových komplexoch a spravidla sú priestorovo späté hlavne s Sb, často i s Cu mineralizáciou. Výskyty Au tohto typu sa v poslednom období zistili aj v asociácii s W (Blaha a Vitásek, 1998) a U mineralizáciou (Novotný et al., 2000).

Terciérne žilné typy boli najproduktívnejším typom Au mineralizácie v histórii Slovenska a sú aj v súčasnosti. Vyvinuli sa v neogénnych vulkanických horninách a geneticky sú úzko späté s neogénnou vulkanickou činnosťou (Lexa, 2004).

Impregnačné typy Au rúd (porfýrový typ vo vulkanitoch, carlinský v alterovaných sedimentoch a zlatonosné zóny v kryštalických komplexoch) sa na Slovensku zistili iba nedávno (Knésl a Knéslová, 1995; Knésl, 2004; Marlow et al., 1998). Ich perspektívy sa v súčasnosti skúmajú vo viacerých rudných rajónoch.

Perspektívy zlatonosnosti rudných rajónov SR

V súlade s metalogenetickou rajonizáciou Ilavského a Sattrana (1980) je na Slovensku rajonizovaných 25 rudných rajónov (obr. 1). Niektoré z nich v súčasnosti z hľadiska možnej prítomnosti Au mineralizácie z environmentálnych



Obr. 1. Ložiská a výskyty jednotlivých typov Au mineralizácie na Slovensku. *1 – rudné rajóny/ore districts:* A – Malé Karpaty, B – Považský Inovec, C – Suchý-Malá Magura, D – Malá Fatra, E – Žiar, F – Veľká Fatra, G – Nízke Tatry, H – Vysoké Tatry, I – Levočské vrchy, J – Tribeč, K – Nová Baňa-Kľak, L – Kremnické vrchy, M – Štiavnické vrchy, N – Poľana-Javorie, O – veporikum, P – Spišsko-gemerské rudohorie + Gemer – Rimava, Branisko – Čierna hora, Slovenský kras, R – Slanské vrchy, S – zemplínsky ostrov, T – Vihorlat; *2 – rozsypy/placers:* 1 – Zlatníky, 2 – Malinová; *3 – predterciérne žilné typy/pretertiary vein-types:* 3 – Pezinok – Pernek, 4 – Medzibrod, 5 – Magurka, 6 – Dúbrava, 7 – Jasenie – Kyslá, 8 – Lomnistá, 9 – Dve vody, 10 – Lom nad Rimavicou, 11 – Hnúšťa, 12 – Čučma, 13 – Prakovce-Zimná voda, 14 – Zlatá Idka, 15 – Poproč; *4 – terciérne žilné typy/tertiary vein-types:* 16 – Nová Baňa, 17 – Pukanec, 18 – Hodruša-Rozália (Svetozár), 19 – Hodruša, 20 – Banská Štiavnica, 21 – Kremnica, 22 – Zlatá Baňa; *5 – impregnačné typy/disseminated-types:* 23 – Panská Javorina, 24 – Píla, 25 – Prochot, 26 – Remata, 27 – Rudno – Brehy , 28 – Vyhne, 29 – Sklené Teplice – Bukovec, 30 – Klokoč-Podpolom, 31 – Uderiná, 32 – Cinobaňa – Ozdín, 33 – Pohronská Polhora-Krátke, 34 – Byšta, 35 – Brehov.

Fig. 1. Deposits and occurrences of individual types of Au mineralization in Slovakia. For designation see explanation above.

príčin (Vysoké Tatry) alebo preto, že o výskyte Au v nich nie je dosť relevantných dôkazov (Malá Fatra, Veľká Fatra, Žiar, Levočské vrchy, Vihorlat), nemožno pokladať za perspektívne.

Pre *malokarpatský rudný rajón* je charakteristický výskyt Sb mineralizácie (známe ložisko Pezinok a Pernek), ktorej ťažba sa skončila iba začiatkom 90. rokov 20. stor. V niektorých častiach pezinského ložiska sa zistilo Au do 6 g/t. V rokoch 1994–1996 zlatonosnosť tohto ložiska prehodnocovala kanadská spoločnosť Belmont resources (LaPraire et al., 1996), no výsledky neboli jednoznačné. V rajóne bol známy aj výskyt Au mineralizácie Staré Mesto (Bakos et al., 1992). Au mineralizácii ložísk Sb rúd v oblasti sa venoval Andráš et al. (1990), Chovan (1994), Polák a Rak (1979) a i. Aj keď rajón dáva isté prieskumné možnosti, z hľadiska výskytu Au (najmä vo vzťahu k čiernym bridliciam) sú perspektívy nízke, a to hlavne z environmentálnych príčin (ťažko upraviteľná Au ruda viažuca sa na arzenopyrit, blízkosť hlavného mesta SR, rekreačná oblasť).

Rudný rajón Považský Inovec a Suchý – Malá Magura sú charakteristické nielen do istej miery analogickou geologickou stavbou, ale aj najväčšmi slovenskými zlatonosnými ryžoviskami (Zlatníky v Považskom Inovci a Malinová v Malej Magure). Primárne zdroje týchto rozsypov sa napriek opakovanému vyhľadávaniu nepodarilo objaviť (Knésl a Knéslová, 1998; Polák, 1968, 1969, 1987; Mikoláš et al., 1993) V obidvoch oblastiach sú prognózne možnosti výskytu Au mineralizácie v podobe mineralizovaných zón. Vylúčené nie sú ani porfýrové typy Au viažuce sa na intruzívne telesá v kryštaliniku, ale preskúmanosť rajónov je pomerne nízka.

Tribečský rudný rajón sa skúmal z hľadiska zlatonosnosti iba v posledných tridsiatich rokoch. Indície Au tam ako prvý zistil Polák (1971) a Polák et al. (1985). V rokoch 2002–2004 sa v rajóne vykonal vyhľadávací prieskum zameraný na vyhľadávanie carlinského typu Au mineralizácie a výsledkom bolo objavenie a kvantifikácia ekonomicky bezvýznamnej Au mineralizácie porfýrového typu (lokalita Píla-Mačací vrch) a malého ložiskového výskytu Au carlinského typu viažuceho sa na hydrotermálne silicifikované dolomity v okolí Konského vrchu na Z lokality Píla (Knésl, 2004). Výsledky prieskumu nenaznačili prítomnosť ekonomicky významnejšej akumulácie Au v rajóne.

Nízkotatranský rudný rajón sa vyznačuje početnými predterciérnymi zlatonosnými žilami a žilníkmi, v ktorých sa Au vyskytovalo v priestorovej spojitosti s Sb mineralizáciou. Jediným ložiskom, z ktorého sa Au spočiatku ťažilo samostatne, bola Magurka, kým na ďalších ložiskách sa ťažila takmer výhradne Sb ruda (Chovan et al.,

1994) Zo samostatných výskytov Au mineralizácie sa v poslednom období skúmal výskyt Au polysulfidickej mineralizácie Dve vody (Michálek a Chovan, 1999). I keď v tomto rajóne je možnosť nájsť analogické typy Au mineralizácie v asociácii s Sb, ale aj s W v okolí Jasenia (Blaha a Vitásek, 1998), prognózna hodnota rajónu je nízka, lebo všetky výskyty sú v Nízkotatranskom národnom parku a v jeho ochrannom pásme. Prieskum tam s istými obmedzeniami je možný, ale exploatácia prípadných objavených ložísk nie.

Vo *veporickom rudnom rajóne* (západná časť Slovenského rudohoria) sú početné malé opustené ložiská a výskyty hlavne Cu rudy, prevažne v asociácii s Au mineralizáciou. Výskyty sú hlavne v južnej časti rajónu pozdĺž tzv. margecianskej tektonickej zóny. Poznatky z rokov 1990–1998, keď v rajóne pracovali poväčšine zahraničné spoločnosti, oprávňujú predpokladať, že táto časť rajónu môže byť perspektívnym prieskumným námetom (možný výskyt zlatonosných zón v komplexe kryštalinika). Jeden z takýchto perspektívnych prieskumných cieľov, lokalitu Uderiná, charakteristickú vysokým obsahom Au v oxidačnej zóne, v 90. rokoch 20. stor. skúmala kanadská spoločnosť Golden Regent Resources hustou sieťou povrchových vrtov v kombinácii s banskými prácami a podzemnými vrtmi, ale výsledky boli negatívne (Knésl a Knéslová, 2000a). Čiastočne pozitívne výsledky sa získali na lokalite Pohronská Polhora-Krátke v strednej časti rajónu, kde sa Au mineralizácia (okolo 2 g/t v priemere) vyskytuje v intenzívne limonitizovaných a tektonicky porušených rulových telesách výlučne v oxidickej zóne (v dosahu 0–40 m od povrchu). Vrtný program spoločnosti Golden Regent Resources sa v roku 1998 pre prudký pokles svetovej ceny Au prerušil (Knésl a Knéslová, 2000b).

Spišsko-gemerský rudný rajón (východná časť Slovenského rudohoria) spolu s priľahlými rajónmi Gemer – Rimava a Slovenský kras bol v minulosti najväčším slovenským producentom viacerých typov rudy, hlavne Fe, Cu, Hg a Sb. V rajóne sú v minulosti významné Sb ložiská, poväčšine sprevádzané ekonomickým obsahom Au, ktoré sa často získavalo ako vedľajší produkt z ložiska Čučma, Poproč a Zlatá Idka (Pecho, 1987). Au sa vyskytovalo i na niektorých ložiskách Cu (Kopráš, Smolník a Slovinky). V uplynulých pätnástich rokoch sa zistila aj Au mineralizácia v asociácii s U (Prakovce-Zimná voda – Novotný et al., 1999, 2000). Napriek tomu, že Spišsko-gemerské rudohorie bolo najdôležitejším slovenským rudným rajónom a zoznam prác o jeho geológii a metalogenéze je obrovský, súčasné poznatky o Au mineralizácii v ňom sú na nízkom stupni, lebo s výnimkou prác Uranpresu Spišská Nová Ves (Novotný et al., 2000) sa tu v posledných päťdesiatich rokoch 20. stor. nijaké práce zamerané na vyhľadávanie resp. overovanie Au mineralizácie prakticky nevykonali. Za perspektívne možno považovať (Novotný et al., 2000) napr. sekundárne silicifikované horniny charakteru čiernych bridlíc na JV od Zlatej Idky (možnosť výskytu zlatonosných zón v horninách gelnickej a rakoveckej série), okolie mladých granitových telies na V od Poproča (možnosť výskytu kremenných žíl s Sb a Au), ako aj rad ďalších lokalít.

Rudný rajón Kremnických vrchov leží v severnej časti stredoslovenských neovulkanitov a nachádza sa v ňom historicky najväčšie a najznámejšie slovenské ložisko zlata Kremnica. Banská činnosť sa v rajóne skončila v roku 1970 a v 80. rokoch 20. stor. sa plnil rozsiahly prieskumný program (Knésl et al., 1990; Veľký et al., 1992). Od roku 1993 ložisko skúmala kanadská spoločnosť Argosy Mining Corporation (Lexa a Bartalský, 1999) a od roku 2003 ho prevzala kanadská firma Tournigan Gold Corporation, ktorá vykonala ďalší vrtný prieskum včítane kontrolných prác (Einsiedel et al., 2006). V súčasnosti sa pripravuje predbežná bansko-ekonomická štúdia, ktorej výsledky rozhodnú o prípadnom znovuotvorení ložiska. Celková kapacita ložiska je okolo 30 t povrchovo ťažiteľného Au pri priemernej kovnatosti 1,6 g/t Au a 12,58 g/t Ag (Einsiedel et al., 2006) V kremnickom zlatonosnom poli je rad ďalších prieskumných námetov vrátane 2. žilného systému.

Rudný rajón Štiavnických vrchov sa rozkladá v južnej časti stredoslovenských neovulkanitov. Najväčším bohatstvom rajónu (banskoštiavnické, hodrušské a pukanecké rudné pole – Lexa et al., 2002) boli predovšetkým striebronosné žily (neskôr sa ťažila aj Pb-Zn-Cu ruda). Au bolo hlavne v pripovrchových, hypergénne obohatených častiach niektorých žíl, ale sú známe aj prípady, keď ťažiteľná Au mineralizácia pokračovala do väčšej hĺbky. V súčasnosti sa v rajóne Au ťaží na ložisku Hodruša-baňa Rozália zo žily Svetozár, kde sa Au mineralizácia zistila v 80. rokoch 20. stor (Gavora et al., 1984). Au ťaží spoločnosť Slovenská banská Hodruša od roku 1994 (Kaňa, 2002; Šály a Lepeň, 1993). V súčasnosti sa dotažuje zvyšková zásoba a prebieha podrobný podzemný prieskum s cieľom objaviť ďalšiu zásobu Au. Perspektívy rajónu sú nielen v možnosti nájsť analogické zlatonosné žily typu Svetozár, ale aj v možnosti nájsť impregnačné typy Au rudy, ktorých indície sa zistili v posledných rokoch (Lexa et al., 2002; Štohl et al., 1990).

Novobansko-kľacký rudný rajón, situovaný na západnom okraji stredoslovenských neovulkanitov, možno charakterizovať ako oblasť s nízkym stupňom poznatkov o Au mineralizácii (Lexa et al., 2002). Výnimkou je azda v minulosti ťažené Au-Ag ložisko Nová Baňa a výskyt sulfidov v jeho okolí. Perspektívnym námetom v rajóne by mohli byť telesá dioritov a kremenných dioritových porfýrov, ktoré v rámci vulkanitov rajónu vystupujú na viacerých miestach (Prochot, Malá Lehota). Ich prípadná zlatonosnosť sa bližšie neskúmala.

Rudný rajón Poľana-Javorie sa rozkladá na východnom okraji stredoslovenských neovulkanitov. Za perspektívnu možno považovať jeho južnú časť v okolí stratovulkánu Javorie, kde austrálska spoločnosť Rhodes v druhej polovici 90. rokov 20. stor. objavila a preskúmala ložisko Au rúd porfýrového typu Klokoč-Podpolom (Štohl et al., 1999) v prostredí úplne silicifikovaných a limonitizovaných vulkanitov. I keď zásoba ložiska je veľmi malá (okolo 500 000 t rudy priemernej kovnatosti cca 1,0 g/t Au), ložisko je modelovým typom na vyhľadávanie ložísk analogického charakteru, ale väčších rozmerov.

Rudný rajón Slanské vrchy zaberá väčšiu, severnú časť východoslovenských neovulkanitov. Ťažili sa v ňom

hlavne Sb a Hg rudy. V 80. rokoch 20. stor. v rajóne prebiehal rozsiahly vyhľadávací prieskum zameraný na Pb-Zn-Cu rudy v okolí Zlatej Bane (Divinec et al., 1989, 1992; Kaličiaková et al., 1991). I keď sa pri ňom čiastočne sledoval aj obsah Au (Bačo et al., 1994, 1999), súčasné poznatky o zlatonosnosti rajónu nie sú dostatočné na hodnotenie jeho perspektív. V rajóne sú predpoklady na možný výskyt Au mineralizácie žilného a porfýrového typu.

Rudný rajón Zemplínske vrchy je v južnej časti východoslovenských neovulkanitov a geomorfologicky je severnou okrajovou časťou maďarských Tokajských vrchov. Au mineralizácia porfýrového (?) typu sa zistila na lokalite Brehov a Byšta (Bacsó, 1993; Bačo et al., 1999), ktoré možno považovať aj za perspektívne prieskumné námety v tomto rajóne.

Záver

Stručný prehľad prospekčných možností zlatonosnosti rudných rajónov SR jednoznačne ukazuje, že na Slovensku napriek dlhoročnej ťažbe Au a značnej vyčerpanosti známych ložísk je stále perspektíva nájsť ekonomicky využiteľné zlatonosné ložiskové akumulácie. Tento predpoklad podporujú aj výsledky prác spoločnosti Tournigan Gold Corporation na kremnickom ložisku, kde sa intenzívnym prieskumom podarilo overiť až okolo 30 t prognóznych zdrojov Au (Ag) rúd. Táto spoločnosť uvažuje o ich povrchovej veľkokapacitnej ťažbe.

Vysoká cena Au, ktorá krátkodobo dosiahla až 722,30 USD/tr. oz (11. 5. 2006) a v súčasnosti je okolo 580 USD/tr. oz (586,90 USD/tr. oz 29. 6. 2006), ako aj vysoké ceny Ag, Cu a ďalších kovov – i keď ťažko predikovať, či ide o dlhodobý jav – už ovplyvnili opätovný rast ložiskovo-geologických prác v mnohých krajinách, ako aj na Slovensku, kde v súčasnosti vďaka činnosti zahraničných spoločností prebieha renesancia ložiskovej geológie. Treba veriť, že sa to odrazí aj vo zvýšenom štátnom rozpočte na geologické práce. S veľkou pravdepodobnosťou možno predpokladať, že sa svetová cena zlata bude v najbližších rokoch pohybovať nad 500 USD/tr. oz, čo azda vyvolá potrebu opätovne prehodnotiť niektoré nevyťažené časti slovenských žilných ložísk aj z hľadiska obsahu ďalších kovov, hlavne Ag, Sb a Cu.

Doterajšie poznatky ukazujú, že pokiaľ ide o impregnačné typy Au mineralizácie, najperspektívnejšie sú ložiská porfýrového typu (v porovnaní s overeným ložiskom Klokoč-Podpolom o rád väčšie). Doteraz sa nenašlo ekonomicky zužitkovateľné ložisko carlinského typu v alterovaných sedimentoch ani ložisko charakteru zlatonosných zón v kryštalických komplexoch, aj keď sa zistil rad indícií týchto typov. Prospekčné možnosti týchto ložísk sú hlavne v okrajových častiach neovulkanitov a v oblastiach budovaných kryštalinikom s granitoidmi.

Kampaň proti obnovovaniu baníckej činnosti (napr. občianske združenie Kremnica nad zlato) potvrdzuje rastúcu averziu časti slovenskej spoločnosti proti baníctvu. Aj v tomto smere bude treba vyvinúť väčšiu aktivitu a v spolupráci s odborníkmi aj verejnosťou hľadať spôsoby, ako minimalizovať prípadný negatívny vplyv banskej činnosti na životné prostredie, ale nie za každú cenu hľadať dôvody, pre ktoré by sa nerastné bohatstvo Slovenska nemalo využívať.

Literatúra

ANDRÁŠ, P., JELEŇ, S. & CAŇO, F., 1990: Parageneticke vzťahy zlato-kremenného zrudnenia s antimónovými rudami ložiska Pezinok. *Mineralia Slov., 22, 5, 429–436.*

BAČO, P., BACSÓ, Z., DIVINEC, Ľ., KOŠÁRKOVÁ, M. & REPČIAK, M., 1994. Zlato v neovulkanitoch východného Slovenska. Materiály z odbornej konferencie, Hodruša, 43–49.

BAČO, P., JELEŇ, S., KODĚRA, P., ĎUĎA, R., KOŠÁRKOVÁ, M. & REPČIAK, M., 1999: Zlato na ložisku Zlatá Baňa a ďalších výskytoch v Slanských vrchoch. *Mineralia Slov., 31, 3–4, 203–206.*

BACSÓ, Z., 1993: Precious and base metal deposit of Brehov. Trip guide. Field conference on plate tectonic of Alpine metallogeny, Budapest, 30–34.

BAKOS, F , PRŠEK, J. & TUČEK, P., 2002: Variscan granitoid hosted hydrothermal gold deposit Pezinok-Staré Mesto. Mineralogy, paragenesis, fluid inclusions study. *Slov. geol. mag., 8, 1, 37–48.*

BLAHA, M. & VITÁSEK, A., 1998: Au-W ložisko Jasenie. *Mineralia Slov., 30, 1, 89.*

DIVINEC, Ľ., ĎUĎA, R., KALIČIAKOVÁ, E., KOTULÁK, P & REPČIAK, M., 1989: Záverečná správa z úlohy Kapušany – Slanec. *Manuskript – archív GP Spišská Nová Ves, 150.*

DIVINEC, Ľ., VOLKO, P., KALIČIAKOVÁ, E., REPČIAK, M. & KOŠÁRKOVÁ, M., 1992: Zlatá Baňa-okolie, záverečná správa. *Manuskript – archív GP Spišská Nová Ves, 122.*

EINSIEDEL, P., et al., 2006: Revised mineral resource estimate. Kremnica Gold project, prepared for Tournigan Gold Corporation. *Manuskript – archív Tournigan Gold Corporation, 92.*

GAVORA, S., et al., 1984: Hodruša-okolie – VP, Pb-Zn-Cu rudy. Záverečná správa. *Manuskript – GP Spišská Nová Ves, 232.*

CHOVAN, M., 1994. Pezinok-Kolársky vrch – Sb-As-Au mineralization in the Malé Karpaty Mts. *International conf. Variscan metallogeny in the Alpine orogenic belt. Stará Lesná, 143–147.*

CHOVAN, M., SLAVKAY, M. & MICHÁLEK, J., 1994: Ore mineralization of the Nízke Tatry Mts., Western Carpathians. *International conf. Variscan metallogeny in the Alpine orogenic belt. Stará Lesná, 31.*

ILAVSKÝ, J. & SATTRAN, V., 1980: Vysvětlivky k metalogenetické mapě Československa. *Praha, Český geologický ústav, 48.*

KALIČIAKOVÁ, E., et al., 1991: Zlatá Baňa, SZ časť – polymetalické rudy. Záverečná správa, stav k 30. 11 1991 *Manuskript – archív GP Spišská Nová Ves, 129.*

KAŇA, R., 2002: Hodrušské baníctvo na prelome tisícročí. *Zbor. prednášok SBS, Demänová, 202–209.*

KNÉSL, J., et al., 1990: Záverečná správa z úlohy Kremnica – VP, Au-Ag rudy, stav k 30. 6. 1990. *Manuskript – archív GP Spišská Nová Ves, 214.*

KNÉSL, J. & KNÉSLOVÁ, A., 1995: Slovensko – impregnačné Au rudy v silicifikovaných horninách. Štúdia, stav k 31. 3. 1995. *Manuskript – archív AuREX Trade Banská Bystrica, 227.*

KNÉSL, J. & KNÉSLOVÁ, A., 1998: Perspektívy Au mineralizácie v Považskom Inovci (venované pamiatke RNDr. Stanislava Poláka). *Mineralia Slov., 30, 6, 413–422.*

KNÉSL, J. & KNÉSLOVÁ, A., 1999: Typy Au mineralizácií na Slovensku a možnosti ich využívania. *Mineralia Slov., 31, 3–4, 171–178.*

KNÉSL, J. & KNÉSLOVÁ, A., 2000a: Uderiná. Záverečná správa, VP – Au-Ag rudy, stav k 31. 3. 1998. *Manuskript – slovenská verzia pre MŽP, ETC Bratislava, 77.*

KNÉSL, J. & KNÉSLOVÁ, A., 2000b: Pohronská Polhora-Krátke. Záverečná správa, VP – Au rudy, stav k 30. 6. 2000. *Manuskript – slovenská verzia pre MŽP, GRRS Bratislava, 53.*

KNÉSL, J., 2004: Dva typy Au mineralizácie na lokalite Píla v tribečskom rudnom rajóne. *Zbor. prednášok SBS, Demänová, 162–172.*

LaPrairie, R. G., Eng, P. & Adamec, J., 1996: Pezinok II gold-antimony property, Slovak Republic. Geological report and property evaluation for Belmont Resources Ing. *Manuskript – Vancouver, Canada, 20.*

Lexa, J. & Bartalský, B., 1999: Low-sulfidation epithermal gold deposit at Kremnica. *In: Epithermal mineralization of the Western Carpathians, Guidebook. Prepared for the Society of Economic Geologists Field conference, 4–13. 9. 1999.*

Lexa, J., et al., 2002: Metalogenetické hodnotenie územia Slovenskej republiky. Záverečná správa. *Manuskript – archív ŠGÚDŠ Bratislava.*

Lexa, J., 2004. Ložiskové modely rudných mineralizácií Slovenska. *Geol. Práce, Spr., 110, 27–32.*

Marlow, A., et al., 1998: Status report on the Javorie Licence 33/294-96, Slovakia. *Manuskript – archív Rhodes Slovakia, s. r. o., Bratislava.*

Michálek, J. & Chovan, M., 1999: Ložisko Au polysulfidickej mineralizácie Dve vody-Karol v Dumbierskych Tatrách. *Mineralia Slov., 31, 3–4, 317.*

Mikoláš, S., et al., 1993: Malá Magura-Suchý – VP na rudné suroviny. Záverečná správa. *Manuskript – archív GP Spišská Nová Ves.*

Novotný, L., Háber, M., Križáni, I., Rojkovič, I. & Mihál, F., 1999: Zlato v staršom paleozoiku v centrálnej časti SGR. *Mineralia Slov., 31, 3–4, 201–216.*

Novotný, L., Donát, A. & Mihál, F., 2000: Vyhľadávanie zlata v staršom paleozoiku SGR. Záverečná správa. *Manuskript – archív Uranpres Spišská Nová Ves, 208.*

Pecho, J., 1987: Niektoré nové informácie o výskytoch zlata v gemeriku. *In: Zbor. Zlato v Západných Karpatoch. GÚDŠ Bratislava, 123–130.*

Polák, S., 1968: Príspevok k dejinám ťažby zlata na Slovensku. I. – Zlatníky, okres Topoľčany (Považský Inovec) *Zbor. Slovenského banského múzea IV., Banská Štiavnica, 69–81.*

Polák, S., 1969: Orientačné poznatky o zlate v recentných náplavoch a mladých fosílnych sedimentoch na východnom úbočí Považského Inovca. *Mineralia Slov., 1, 1.*

Polák, S., 1971: Zlatá mineralizácia pri skýcovskom zlome na SZ svahoch Tríbeča v Klížskom Hradišti. *Mineralia Slov , 3, 6, 63–65.*

Polák, S. & Rak, D., 1979: Zlato v antimonitovom ložisku v Pezinku. *Mineralia Slov., 11, 6, 553–554.*

Polák, S., Hanas, P. & Rak, D., 1985: Regionálna geochémia Západných Karpát – pohorie Tríbeč. Čiastková správa, stav k 31. 12. 1985. *Manuskript – archív GP Spišská Nová Ves, 84.*

Polák, S., 1987: K prognózam primárneho Au zrudnenia v pohorí Považský Inovec. *Mineralia Slov., 19, 1, 61–68.*

Šály, J. & Lepeň, I., 1993: Informatívna správa o Au-Ag zrudnení v Hodruši-Hámroch. *Manuskript – archív GP Spišská Nová Ves.*

Štohl, J., et al., 1990: Zhodnotenie prognóznych zdrojov Cu, Pb-Zn a Au-Ag rúd centrálnej zóny štiavnického stratovulkánu. *Manuskript – archív GSSR Bratislava.*

Štohl, J., et al., 1999: High-sulfidation epithermal gold deposit Klokoč-Podpolom. *Guidebook for SEG field conference, Littleton, 203–212.*

Velký, P., et al., 1992: Kremnické Bane – Šturec-sever, záverečná správa z VP a výpočet zásob Au-Ag, stav k 31. 7. 1992. *Manuskript – archív GP Spišská Nová Ves.*

Rukopis doručený 5. 7. 2006
Revidovaná verzia doručená 19. 7. 2006
Rukopis akceptovaný 21. 2. 2006

Perspectives of Au mineralization types in Slovakia

Article deals with perspectives of the individual types of Au mineralization in Slovakia according to the present knowledge. The introductory part contents the brief mention of the history about Slovakian gold.

Generally, there are described four types of Au mineralization in Slovakia: gold placers, Pretertiary vein and veinlet-types, Tertiary vein-types connected with Tertiary volcanic activity and disseminated-types (i. e. porphyry--types, Carlin-types and gold bearing zones). The perspectives of individual types of Au mineralization are described in accordance with the individual ore districts (the districts, considered as unperspective, were excluded).

The Malé Karpaty Mts. Ore district is characterized by the presence of Sb (Au) mineralization (Pezinok Sb deposit, mined until the 1990s). In some parts of this deposit, there have been found out the interesting Au contents (up to 6 g/t). At present time, however, the district is not considered as very promising because of very complicated environmental problems.

The Považský Inovec and Suchý-Malá Magura ore districts, where the biggest Slovakian gold placers (Zlatníky, Malinová) are located, can be considered as possible sources of the presence of mineralized gold-bearing zones hosted by crystalline complexes. However the presence of porphyry-types of gold mineralization connected with amphibolite bodies, cannot be excluded here.

The Tribeč Mts. Ore district was investigated and explored for Au mineralization during last years, nevertheless, only non economic Au occurrences have been discovered here at Píla locality (Carlin-type hosted by strongly silicified Triassic dolomites and very small mineralogical occurrence of porphyry-type, hosted by small quartz diorite-porphyries body).

The Nízke Tatry Mts. Ore district is characterized by the presence of Pretertiary vein and veinlet-types of Sb (Au) mineralization, which was mined at past on several deposits, the biggest ore deposit (Dúbrava) was mined until the 1990s. From metallogenetic point of the view, this district can be considered as perspective. Nevertheless, because this area is included into National park, the exploration activities are not recommended here.

The Veporidy ore district, i. e. Western part of the Slovenské rudohorie Mts., is characterized mainly by the presence of many small Cu occurrences, mostly associated with Au. These localities are located mainly at Southern parts, along the significant Margecany tectonic line. The latest informations from exploration activities, which have been carried out here mostly by the foreign companies, enable to suppose the ore district as the promising target for the presence of gold bearing zones, hosted by rocks of crystalline complexes. However, the until now discovered and explored localities are developed only within the oxidized zones and the primary zones contain subeconomical Au only.

The Spišsko-gemerské rudohorie Ore district, i. e. Eastern part of the Slovenské rudohorie Mts., was at past the Slovakian biggest source of many ores, mainly Fe, Cu, Sb and Hg. The Sb veins were often characterized by mineable Au contents. The Au was obtained here during the first half of 20th century as important by-product

(Čučma, Poproč, Zlatá Idka Sb deposits). Some Au was present also in Cu deposits (Kopráš, Smolník, Slovinky). During last 15 years there has been found out in this district also the presence of Au mineralization associated with U (Prakovce-Zimná voda). Generally, the present knowledges about the Au mineralization in this important and biggest Slovakia an ore district are low, because no attention has been devoted to this topic in thet past. In at this district some promising targets (silicified gold--bearing black shales SE from Zlatá Idka, gold soil anomalies vicinities of young granite bodies E from Poproč and others) exist, where the suppositions exist for the presence of economical gold deposits.

The Centralslovakian Neovolcanic area (CNA), where the Kremnica Au deposit is located, have been, without doubts, by far the biggest and most important source of Slovakian Au and at the same time, it represents the most promising targets for further discoveries.

The Kremnické vrchy Mts. Ore district, with the Kremnica deposit itself is situated at northern part of CNA. In the past it unambiguously was the biggest Slovakian gold deposit. Mining here was closed in 1970, in the 1980s the big exploration programme financed by state has been carried out and since 1993 the deposit was in detail explored by Canadian company Argosy. Since 2003 the Kremnica deposit has been transferred to the another Canadian company Tournigan Gold Corporation. This company carried out here the further exploration programme and at present time the prefeasibility study is prepared and it is considered with reopening of mining here. The total capacity of Kremnica deposit is estimated for about one milion tr. oz of Au (average Au content about 1.6 g/t, Ag content about 12.58 g/t). It is supposed that the deposit will be mined by big open-pit.

The Štiavnické vrchy Mts. Ore district, situated at southern part of CNA, was during the past the Slovakian main source of silver (later also Pb-Zn and Cu ores were mined), also the gold was mined here, mostly from the upper, secondary enriched parts of the veins. At present time the small Hodruša-Rozália gold mine operates here, where the gold ore is mined from Svetozár vein (owner Slovenská banská Hodruša-Hámre share company). Because the amount of mineable ores is already very low, at present time the underground exploration programme is carried out at this deposit. Within the ore district exist many exploration opportunities, not only as regards the discoveries of typical Ag (Au) veins, but also as regards the presence of disseminated types of gold mineralization (mainly at marginal parts of the district).

The Nová Baňa-Kľak ore district can be characterized as the area with the low knowledge about Au mineralization. At past, there was mined here the small vein-type Au deposit Nová Baňa. The perspective targets for gold exploration could be the intrusive bodies of neovolcanics (diorites, quartz diorite porphyries), which have been not investigated until present as regards the gold presence.

The Poľana-Javorie Mts. Ore district at the eastern marginal part of CNA is important, because within this district the very small Au deposit of Au porphyry has been discovered (Klokoč-Podpolom, discovered and explored by Australian Rhodes company). The main perspectives of this district consist in possibilities, that the analogical bigger gold deposits can be present here, hosted by totally altered (silicified) volcanic intrusive rocks, apparently within the oxidized zone.

The Slanské vrchy Mts. Ore district is situated in northern part of the East Slovakian Neovolcanic area (ENA). The gold was mined here occasionally only, the present knowledges about gold mineralization are low. The presence of vein-type Au-Ag mineralization can be supposed within the district, some geological suppositions of the presence of porphyry-types of Au also exist in this area.

The Zemplínske vrchy Mts. Ore district is situated at Southern part of ENA, at northern marginal part of the Hungarian Tokaj Mts. The presence of porphyry? type Au mineralization has been found out here (Brehov and Byšta localities), where the Au mineralization is hosted by strongly silicified and altered volcanics. These types of mineralization represent the most promising Au exploration targets in this ore district.

Mineralia Slovaca, 38 (2006), 193–196

České zlato na počátku 3. tisíciletí

PETR MORÁVEK

Aurea, 1. máje 296, 254 01 Jílové u Prahy, Česká republika

Czech gold at the beginning of the 3rd millenium

No gold mining and exploration is currently taking place in the Czech Republic. Extensive gold exploration, financed by the Government, verified several new gold deposits with a potential up to 100 tons of gold (the Mokrsko deposit, Kašperské Hory, etc.) in eighties and nineties of the 20th century. However, their possible exploitation was prevented by the principal opposition from some civic associations and ecological organizations. By the governmental decree in the late nineties, the Czech Government declared its disinterest in further gold exploration and mining. The current gold price increase makes the most gold resources to be the attractive target for mining entrepreneurs, however their exploration and/or mining is still blocked by the State.

At the end of the 20th century, several museums and civic foundations in some gold mining districts established educational trails, often connected with underground tours to historical workings. These trails, connecting together their educational contents with recreational facilities, became an important element in the preservation of gold mining heritage. However, these trails do not only look back, but they also present the information about geology of gold deposits and enable the visitors to form their own opinion about "Czech golden paradoxes of today" Paradoxes such as: in the country with a historical tradition of precious metal mining and in which gold resources were not yet exhausted, the gold has become a symbol of natural devastation and "an ecological nightmare"; a view confirmed by the State administration. Europeanism, so much needed programme of today, is already influencing many spheres of human activities. However, when does this also happen in the mining sector, into which history the educational trails of the Czech gold districts let us look ?!

Key words: gold exploration and mining, ecology, state administration, educational trails of gold mining districts

Úvod

České zlato se na přelomu 2. a 3. tisíciletí dostalo do pozice bájných rytířů, ukrytých v hoře Blaník u Vlašimi – spí v podzemí a zdá se, že je zatím nic neprobudí: v případě zlata ani současný růst jeho světové ceny, a ani pro blanické rytíře situace v Čechách zatím není taková, aby se probudili a přišli na pomoc. Přece jen je však mezi nimi rozdíl – zatímco rytíři Blaníku jsou projevem bájesloví a nikdo je nikdy nikde nespatřil, zlato v podzemí zkoumal stát v 80. a počátkem 90. let minulého století nemalými finančními prostředky a jeho množství bylo stanoveno výpočty podloženými výsledky desetisíců analýz.

V České republice se v současné době zlato netěží, jeho domácí spotřebu 3–4 t/rok zajišťují recyklace, výkup od občanů a dovoz ze zahraničí. Je tomu tak přesto, že statistické údaje České geologické služby – Geofondu k roku 2004 vykazují 240,677 t zlata v celkových zásobách rud netěžených ložisek, z toho 84,51 t v bilanční kategorii. Jako důvod nevyužívání těchto zásob jsou uváděny střety zájmů s ochranou životního prostředí. Řešení ekologické problematiky případné těžby konkrétních ložisek bylo znemožněno široce medializovaným odporem účelově vzniklých občanských sdružení a řady ekologických organizací s využíváním domácích surovinových zdrojů zlata vůbec – název zastřešujícího sdružení „Čechy nad zlato" je dostatečně výmluvný. Občanům, často frustrovaným špatnými zkušenostmi s těžbou surovin z doby totalitní minulosti, se většinou nedostávalo objektivních informací – často však o ně nebyl zájem. Jak jinak lze hodnotit názor kultivované ženy, která neviděla žádný zlatodůl, a přesto byla donedávna přesvědčena, že *„...těžba zlata je po komunismu to nejhorší, co by nás mohlo potkat".*

Průzkum a těžba zlata pohledem státní exekutivy

Dnešní letargický stav českého zlata je již po řadu let udržován nejen aktivitami ekologických organizací a řady občanských sdružení, ale i politickou reprezentací a státní exekutivou:

– usnesením vlády České republiky z května 1999 *„těžba zlata na území České republiky minimálně do doby schválení Surovinové politiky není žádoucí a vláda proto nemá zájem na povolování geologických prací na jeho vyhledávání a průzkum...";*

– Surovinová politika, vypracovaná Ministerstvem obchodu a průmyslu a schválená vládou ČR v prosinci 1999 sice uvádí *„...u ložisek zlata může být v budoucnosti uvažováno o jejich využití při splnění požadavků ekonomie a ochrany životního prostředí, srovnatelných se situací v zemích EU"*, nicméně navazující zpráva Kvantifikace externalit vzniklých těžbou, vypracovaná podle zadání Ministerstva životního prostředí v roce 1999, je ve svých závěrech konkrétnější: *„...nepovažujeme za vhodné připustit za stávajících ekonomických a legislativních podmínek vytěžení ložisek zlata. Za problematické zejména považujeme vytěžení ložisek zahraničními společnostmi, které by realizovaly zisk a ekologická újma by připadla ČR."*

Kroky státní exekutivy v posledních letech – bez ohledu na výrazný růst ceny zlata na světových trzích a s tím související zájem o průzkum jeho ložisek ve světě vč. Slovenska – směřují k tomu, aby deklarovaná „možnost budoucího využití ložisek zlata" byla co nejvzdálenější:

– poslaneckou iniciativou současného ministra životního prostředí Ambrozka byl v roce 2000 do Horního zákona včleněn z hlediska světového hornictví ojedinělý „antikyanidový" paragraf, zakazující používání kyanidů při zpracování zlatonosných rud. Žádný projekt v tomto smyslu nebyl tehdy předložen, zatímco výroba kyanidů v Kolíně a jejich používání v jiných průmyslových oborech nebyly v tom čase na závadu;

– součástí rebilance surovinových zdrojů ČR v roce 2004 bylo převedení zásob Au-W rud ložiska Kašperské Hory do nebilanční kategorie, ačkoli podle výsledků nedokončeného průzkumu z roku 1998 je v nich obsaženo nejméně 60 t zlata v rudě s 8–10 g/t, čili hodnota zlata v 1 t rudy dosahuje v dnešních cenách 4000–5000 Kč; hodnota wolframu v scheelitových rudách (při obsazích nad 1 % W) je ještě vyšší;

– podnikatelské společnosti, která v roce 2005 žádala o povolení průzkumných prací na dořešení tzv. zlatého sloupu na ložisku Zlaté Hory-západ pro případnou podzemní těžbu, Ministerstvo životního prostředí tento záměr odmítlo, a to přes souhlasná stanoviska místních občanů i městského zastupitelstva.

Poznávání historie pro pochopení současnosti

V historii hornictví 19. a 20. století se vícekrát střídaly údobí útlumu s obdobími aktivity. V dobách, kdy nepracovali horníci, pracovali alespoň prospektoři a vědci. Současná Česká republika se nachází právě v tomto údobí – ovšem bez prospektorů, jeho aktéry jsou pouze vědci. Bez nových dat z průzkumu a nových vzorků mohou dnes alespoň využívat bohaté dokumentace, shromážděné z doby extenzívního průzkumu v 80. a počátku 90. let 20. století, a s pomocí moderních laboratorních metod přispívat k lepšímu poznání dříve zkoumaných ložisek. Pozornost se také obrací k historii těžby a průzkumu zlata. V tomto ohledu mají nezastupitelnou úlohu regionální muzea a účelová občanská sdružení a nadace, vzniklé v mnoha oblastech historických důlních revírů. Pro zlato jsou to Regionální muzeum v Jílovém u Prahy (se specializací na zlato v Čechách), Muzeum těžby a zpracování zlata na Novoknínsku (pobočka Hornického muzea v Příbrami), Městské muzeum ve Zlatých Horách (spolu s Montanisticko-geologickou nadací), Muzeum Šumavy v Kašperských Horách a Oblastní muzeum v Písku. Tato muzea se zázemím místních odborníků i neprofesionálních zájemců mají vhodné podmínky pro studium a uchování dědictví hornické minulosti ve svých regionech. A nejlepším prostředkem prezentace pro veřejnost jsou specializované naučné stezky, které ukazují hornickou minulost v jejím přírodním prostředí a umožňují tak skloubení jejich naučné náplně s rekreačně – turistickým vyžitím občanů.

Návštěvy těchto míst mohou přinést i překvapení v tom, že mnohá území, v minulosti „devastovaná" hornickou činností, jsou dnes přemětem ochrany – a to nejen z hlediska historie hornictví, ale i z krajinných a přírodovědných hledisek. Hornické naučné stezky obsahují vedle historie dolování i geologické a ložiskové informace s výsledky novodobého průzkumu, takže v jejich vnímavých návštěvnících zůstane nejen obdiv a ocenění práce a důvtipu našich předků, ale mohou si i udělat vlastní názor – z hlediska minulosti, současnosti, a možná i budoucnosti.

Jílovské zlaté doly

Jílovský zlatonosný revír patřil k nejvýznamnějším oblastem těžby zlata v Čechách. Tradice rýžování zlata tu sahá až do období keltského osídlení. Ve 13.–14. století, kdy zlato bylo získáváno převážně hlubinnou těžbou, byl pravděpodobně nejvýnosnějším revírem v tehdejším Českém království s celkovou produkcí cca 10 t zlata. Naposled byl rozsáhle báňsky otevřen v letech 1938–1968 s produkcí 1,1 t zlata v závěru tohoto období. Věhlas jílovského zlata, značná hloubka středověkých dolů a opakované pokusy o jejich obnovu mohly vycházet ze skutečnosti, že zlato tu bylo často nalézáno v hrubozrnné formě. Rovněž ve 20. století se těžba občas pohybovala v bohatých úsecích žil s obsahy zlata ve stech g/t. Nově ověřené zásoby žilníků s 2–3 g/t a celkovým potenciálem cca 7 t zlata nejsou dnes podzemním způsobem těžitelné.

Naučná stezka Jílovské zlaté doly byla zřízena Regionálním muzeem v roce 1988 a je postupně doplňována a rozšiřována. Její dvě trasy začínají v památkové zóně města s dominantami staveb ze 13.–14. století (dům „Mince" – dnes sídlo muzea, kostel a radnice). Stezka prochází oblastí starých prací na historickém Šlojířském a Kocourském žilném pásmu, dvě stanoviště připomínají těžbu ve 20. století – důl Pepř s úpravnou a rekultivované odkaliště. Jedinečnou příležitostí pro poznání práce starých havířů je prohlídka historické štoly sv. Josefa ve Studeném, s dovrchními dobývkami a zatopenými úpadními hloubeními. Součástí těžební činnosti byla v minulosti i blízká rekreační oblast Žampach na břehu Sázavy – tamní mlýny a puchýrny ještě v polovině 18. století zpracovávaly vytěženou zlatonosnou rudu, a v polovině 19. století

tu byl zřízen 1,5 km dlouhý náhon pro odvodnění dolů. V současné době je připravována další naučná stezka ve východní části revíru s prohlídkou podzemí Halířské štoly.

Zlato na Novoknínsku

Oblast Nového Knína patří mezi historicky významná zlatonosná území Čech. Množství zlatodolů mezi středním tokem Vltavy a řekou Kocábou učinilo z Nového Knína po několik století správní centrum se sídlem horního úřadu v domu Mince, který je dnes sídlem Muzea těžby a zpracování zlata. Zlato tu rýžovali již Keltové – dodnes jsou na východním břehu Vltavy patrné zbytky keltských oppid. Rozvoj podzemní těžby spadá do 13.–14. století, v omezeném rozsahu přetrval do 17. století. Celková produkce zlata je odhadována do 4 t. Pokusy o obnovu těžby počátkem 20. století nebyly příliš úspěšné – a to přesto, že hrabě Sylva Tarrouca otevřel u Libčic historicky významný zlatonosný couk a postavil na tehdejší dobu moderní důl a úpravnu. Nový pohled na celou oblast přinesly průzkumné práce v 80. letech 20. století, kdy v dávno opuštěném historickém revíru Psí hory byla ověřena nová ložiska, z nichž ložisko u obce Mokrsko svým obsahem téměř 100 t zlata je jedním z největších současných ložisek zlata v Evropě.

Naučné stezky v novoknínské oblasti byly spolu s expozicí zlata v domu Mince zřízeny v roce 1999 Českým klubem zlatokopů při příležitosti světového mistrovství v rýžování zlata, konaného na říčce Kocábě v blízké Malé Lečici. Zahrnují tři trasy v dílčích revírech:

– stezka v okolí Nového Knína seznamuje s historickým centrem města, s geologií a pozůstatky dolování na Chvojenském a Sudovickém pásmu a v údolí říčky Kocáby. Počátkem 20. století tu byly na základě mylné interpretace historické mapy raženy dvě nové průzkumné štoly, ovšem s negativním výsledkem. Dnes jsou tyto štoly využívány jako výzkumné pracoviště Ústavu termomechaniky Akademie věd ČR;

– další stezka vede do oblasti starých zlatokopeckých prací u obcí Kozí Hory a Borotice, kde v 1. polovině 20. století byly štolami a šachticemi ověřovány žíly a žilníky s místy zajímavými obsahy zlata, avšak malých rozměrů. Stezka dále seznamuje s nejdůležitějším objektem z počátku 20. století – zlatodolem Libčice. Tento na svoji dobu moderní důl s úpravnou se stal příkladem nevyváženosti investice k rozsahu ložiska;

– stezka Zlaté Psí hory seznamuje s historií těžby a geologií zlatonosných ložisek oblasti, která přes rozsah starých prací byla od 16. do 80. let 20. století mimo zájem prospektorů. Obrat nastal, když v rámci regionálního Jílovského pásma tu byly půdní geochemií zjištěny plošně rozsáhlé anomální obsahy zlata. Během 10 let tu bylo provedeno 36 km průzkumných vrtů do hloubky až 600 m a v nové štole vyraženo 8 km sledných chodeb a překopů. Výsledkem těchto prací bylo ověření geologických zásob s potenciálem až 130 t zlata. Charakter nejvýznamnějšího ložiska Mokrsko-západ s téměř 100 t zlata vyžaduje povrchový způsob těžby, který však z důvodu ochrany životního prostředí není v současné době akceptovatelný. Zásoby tohoto ložiska proto zůstávají konzervovány v podzemí.

Stezka zlatokopů v Kašperských Horách

Území Šumavy mezi Kašperskými Horami a Rejštejnem mělo v historii těžby zlata v Čechách tak výjimečné postavení, že pro jeho ochranu nechal císař Karel IV. postavit hrad Karlsberg – dnešní Kašperk. Prvními zlatokopy tu byli Keltové – zvětráváním primárních zdrojů se zlato dostávalo do náplavů vodotečí a dalo věhlas rýžovištím na řece Otavě. Hlubinné dolování ve 13. a 14. století se soustředilo do několika pruhů, z nichž nejdůležitější je situovaný na severních svazích údolí Zlatého potoka. Historické doly tu nedosahovaly velkých hloubek, rozsah jejich zbytků v několika paralelních řadách je však dosud impozantní. Celková produkce zlata té doby je odhadována na cca 4 t. Pokusy o obnovu dolování v 15.–19. století nebyly ve větších hloubkách úspěšné. Neúspěšný byl i pokus s ražbou 400 m dlouhé štoly Kristíny počátkem 20. století – dnes slouží jako seismická stanice Geofyzikálního ústavu Akademie věd ČR. Přehodnocení geologické situace této štoly počátkem 80. let 20. století vedlo k rozsáhlému programu vrtného a báňského průzkumu celého revíru a ověření významných zásob zlatonosných a scheelitových rud. Podrobnější průzkum, prováděný od roku 1993 zahraniční společností, nebyl z administrativních důvodů dokončen, podle ocenění z roku 1998 potenciál zdejších žil s obsahy 8–10 g/t přesahuje 100 t zlata. Problém jejich využití je situování v ochranné zóně Národního parku Šumava.

Naučnou stezku zlatokopů v Kašperských Horách zřídilo město Kašperské Hory spolu s Muzeem Šumavy a Správou NP a CHKO Šumava v roce 2002. Stezka vede do údolí Zlatého potoka a zahrnuje místa starých štol a těžebních jam hlavního žilného pásma na Liščím a Suchém vrchu. Jedno z jejích zastavení je u nedávno uzavřeného ústí průzkumné štoly Naděje. Součástí naučné stezky je rovněž místo se středověkou úpravnou zlatonosné rudy, rekonstruovanou podle výsledků záchranného archeologického výzkumu Národního technického muzea v Praze a Muzea Šumavy Geologii zdejších ložisek a těžbě zlata je rovněž věnována expozice v Muzeu Šumavy v Kašperských Horách.

Hornická naučná stezka Zlatohorským rudním revírem

Zlatohorský revír byl vedle zlata významným producentem mědi, zinku a olova – tyto kovy zejména ve 2. polovině 20. století hrály významnější úlohu než zlato. Zlatem tu ale vše začalo a také skončilo. Na rozdíl od jiných revírů tu podstatné větší význam mělo rozsypové zlato, koncentrované ve svahovinách, říčních a fluvioglaciálních sedimentech o mocnostech až několika desítek metrů. Rýžování a tzv měkké dolování bylo ve 12.–16. století hlavním zdrojem zlata v oblasti od Zlatých Hor až po polské Glucholazy. Celková produkce zlata z těchto sekundárních zdrojů je odhadována na nejméně 1 t. Z křemenných žil bylo zlato se střídavými úspěchy těženo již od 14. století,

hlavní rozvoj těžby polymetalických rud nastal až ve 2. polovině 20. století. Pro nízké obsahy kovů byla tato těžba dotována státem, a po roce 1990 byla ukončena. V rámci útlumového programu byly do roku 1994 těženy zlatem nejbohatší části ložiska z tzv. zlatého sloupu, s celkovým ziskem 1,2 t zlata. Toto zlato zvyšuje odhady historické produkce z primárních zdrojů (cca 1,5 t) na celkem 2,7 t.

Naučnou hornickou stezku zlatohorským rudním revírem zřídila Montanisticko-geologická nadace ve Zlatých Horách v roce 1993, později byla doplněna Klubem přátel Zlatých Hor s přispěním prostředků z fondu Phare o hornický skanzen s replikou zlatorudného mlýna a stoup. Začíná u Hornického muzea – za návštěvu v něm stojí nejen expozice geologie a hornictví, ale také expozice „zlatokopa Henryho" v přízemí a podzemí jeho budovy, při které na vás dýchne nefalšovaná atmosféra dávných zlatých horeček. Stezka prochází nejen hlavními místy historické těžby zlata, ale i místy novodobé těžby polymetalických rud. Návštěva funkčních replik historického zlatorudného mlýna a stoup v „Údolí ztracených štol" a tamní hornické hospůdky může příjemně završit putování zlatohorským revírem.

Zlaté české paradoxy

Naučné stezky historických zlatonosných revírů nejsou jen důležitým článkem úsilí o uchování tradic hornictví a těžby zlata v povědomí současnosti a nepředstavují pouhý nostalgický návrat do minulosti, ale poskytují také dostatek informací o ložiscích zlata, aby si jejich návštěvníci mohli udělat svůj vlastní názor na zlatý paradox české současnosti: v zemi, která kdysi dala pevný legislativní základ hornictví v Evropě, která po staletí byla zdrojem drahých kovů a jejíž zlaté zdroje dosud nebyly vyčerpány – v této zemi hornictví ztratilo svůj plnohodnotný význam a zlato se pro její obyvatele stalo synonymem ničitele přírody a strašákem, proti kterému je třeba bojovat a který je třeba stvrzovat usneseními státní exekutivy. Když dr. Neil Phillips z australské organizace CSIRO na své přednášce v Praze v srpnu 2002 nazvané „Golden controversies" hodnotil průzkum zlatonosných ložisek větou *„Good gold deposits make money"*, českým současným podmínkám by odpovídala její parafráze *„Czech gold deposits make problems"*. Od roku 2002 se nic nezměnilo. Evropanství, tolik potřebný program dneška, začíná ovlivňovat mnoho oborů lidské činnosti – kdy se tak v Česku stane i v oboru, do jehož dávné i nedávné minulosti dávají nahlédnout naučné stezky zlatonosných revírů?!

Príspevok nebol jazykovo upravený.

Literatura

LHOTSKÝ, P., MORÁVEK, P & ŠTĚDRÁ, V., 2003: Zlato na Novoknínsku – historie a současnost. Průvodce naučnými stezkami. *Český klub zlatokopů, Praha.*

MORÁVEK, P., ed., 1996: Gold deposits in Bohemia. *Czech geol. Survey, Prague.*

MORÁVEK, P & LITOCHLEB, J., 2002: Jílovské zlaté doly. *Regionální muzeum v Jílovém u Prahy.*

SKÁLA, P., ed., 1996: Čechy nad zlato. *ZO ČSOP Louňovice pod Blaníkem.*

VEČEŘA, J., 1994: Zlatohorský rudní revír Průvodce naučnou hornickou stezkou. *Montanisticko-geologická nadace, Zlaté Hory.*

WALDHAUSER, J., 1998: 2200 zlatých let Kašperských Hor Praha – Kašperské Hory.

JÍLOVSKÉ ZLATÉ DOLY – NAUČNÁ STEZKA, 2003. *Regionální muzeum v Jílovém u Prahy.*

SUROVINOVÉ ZDROJE ČESKÉ REPUBLIKY – NEROSTNÉ SUROVINY (stav 2004). *Česká geologická služba – Gefond, Praha.*

ŠUMAVOU PO STOPÁCH ZLATOKOPŮ. STEZKA ZLATOKOPŮ V KAŠPERSKÝCH HORÁCH, 2002. Správa NP a CHKO Šumava ve Vimperku, Muzeum Šumavy a město Kašperské Hory.

ZLATOHORSKÝ RUDNÍ REVÍR – MINULOST, SOUČASNOST, BUDOUCNOST Sborník přednášek z mezinárodní konference, 2004. *Česká geologická služba, Jeseník.*

ZLATOHORSKO – KRAJ POKLADŮ. STRUČNÝ PRŮVODCE, 2002. Město Zlaté Hory.

Rukopis doručený 27. 4. 2006
Revidovaná verzia doručená 22. 5. 2006
Rukopis akceptovaný 21. 2. 2006

300 USD za tr. oz, čo znamená, že 1 kg Au stál cca 9645 USD a pri vtedajšom kurze 40 : 1 to znamenalo 385 800 Sk za 1 kg Au. Dovtedy vyťažených 2,5 t zlata predstavovalo hodnotu 964,5 miliónov Sk. Bolo to podstatne viac ako 424 233 000 Sk/Kčs, ktoré sa dovtedy na vyhľadávanie a prieskum zlata v SR vynaložili. Je známe, že takto jednoducho a optimisticky celú vec hodnotiť nemožno, lebo azda 90 % z hodnoty získaného Au pohltili náklady na ťažbu a úpravu rudy. Ak bol čistý zisk z vyťaženej 2,5 t Au okolo 100 mil. Sk, je to iba štvrtina až pätina z nákladov vynaložených na vyhľadávanie a prieskum zlata na Slovensku v rokoch 1979–1999. Treba dodať, že doterajšiu úvahu o efektívnosti podstatne neovplyvňuje niekoľko desiatok kg Au vyťaženého povrchovo z ložiska Kremnica-Šturec do roku 1992 ani Au získané ako vedľajší produkt pri ťažbe polymetalických ložísk v 80. rokoch 20. stor. Takto získané Au je v porovnaní s 2,5 t z Hodruše iba malým percentom v štatistike.

Významnou položkou v našich úvahách predstavuje produkt ťažby zlata v Hodruši od roku 1999. Od začiatku ťažby v roku 1992 do konca roku 2005 získala Slovenská banská, s. r. o., Hodruša-Hámre zo žilného systému Svetozár 3554 kg Au. Podľa ústnej informácie Ing. Richarda Kaňu bolo na to treba vyťažiť 571 500 t rudy s priemernou kovnatosťou 7,33 Au/t. Teoreticky je to až 4189 kg Au (rozdiel 635 kg je strata pri úprave). Vedľajším produktom je aj 2513 kg Ag, ale to naše úvahy o ekonomickej efektívnosti významne neovplyvňuje.

Do týchto úvah vstupuje aj veľmi vážny faktor – pohyb ceny Au na svetových trhoch. Uviedli sme už, že v roku 1999 bola cena za 1 tr. oz Au okolo 300 USD, ale potom ešte klesla až na 250 USD. Posledné roky sú však – na našu radosť – v znamení vzostupu cien Au, a to až vyše 700 USD za 1 tr. oz. Aj keď je tento vzostup čiastočne spôsobený poklesom cien USD k euru a Sk, predsa len ide o zreteľný cenový rast, ktorý je veľkým impulzom na vyhľadávanie, prieskum a ťažbu zlata vo svete. Vcelku sa očakáva, že sa súčasná vysoká cena Au na svetových trhoch udrží dlhý čas, alebo aj ďalej porastie. Výhodu teraz majú predvídavé spoločnosti a štáty, ktoré vykonávali vyhľadávanie a prieskum zlata aj v rokoch charakteristických nízkou cenou Au, lebo teraz majú ložiská pripravené do ťažby.

Pohybom ceny Au v ostatných siedmich rokoch sa nezaoberám, lebo je predmetom iných príspevkov.

V diskusii na konferencii Zlato na Slovensku, ako aj po nej sa ustálil názor, že Au vyťažené v Hodruši v rokoch 1992–1999 zaplatilo tretinu až polovicu nákladov na vyhľadávanie a prieskum zlata na Slovensku. Odvtedy sa z hľadiska porovnávania položiek „dal – dostal" situácia zlepšila. Od roku 1999 sa v Hodruši získalo o niečo viac ako 1 t Au, ale náklady na vyhľadávanie a prieskum zlata v tom období vzrástli iba o 38,5 mil. Sk (tab. 2). V súčasnosti možno odhadovať, že Au z Hodruše zaplatilo asi polovicu nákladov na vyhľadávanie a prieskum zlata na Slovensku v rokoch 1979–2005.

Vyhľadávací prieskum od roku 1979 priniesol aj iné pozitívum – dostatok údajov na ďalšie prieskumné akcie, ktoré sa vykonávajú už nie za prostriedky zo štátneho rozpočtu, ale súkromných firiem, často aj zahraničných. V geologickej legislatíve SR sa od 1. januára 1993 zaviedol pojem prieskumné územie, ktoré určuje Ministerstvo životného prostredia SR, a držiteľ prieskumného územia odvádzal v rokoch 1993–1999 zákonom určené poplatky do ŠR. Od 1. januára 2000, keď nadobudol účinnosť tzv. geologický zákon 313/1999 Z. z., sa jedna polovica takto získaných prostriedkov odvádza do environmentálneho fondu a druhá sa rozdeľuje medzi obce, v ktorých katastri sa prieskumné územie nachádza.

Prehľad prostriedkov odvedených za určené prieskumné územia ukazuje tab. 3. Aj v nej uvedené finančné prostriedky sú aktívom získaným vďaka vyhľadávaniu a prieskumu zlata za prostriedky štátneho rozpočtu SR.

Na záver uvádzam ďalšie perspektívy a prieskumné zámery.

Naše úsilie limituje pohyb svetovej ceny Au. V roku 1999, keď sa konferencia *Zlato na Slovensku* konala, bola cena Au cca 300 USD za 1 tr. oz. Vtedy sa pri očakávanej

Tab. 2
Úlohy zo štátneho rozpočtu začaté po 28. februári 1999
Projects from the state budget stated after 28 February 1999

Názov úlohy	Obdobie plnenia	Náklady v tis. Sk	Zodpovedný riešiteľ/organizácia
Komplexné zhodnotenie zatvoreného Au-Ag ložiska Hodruša	10/01–07/03	2450	Šály/SB Hodruša
Vyhľadávanie telies s drahokovovým zrudnením v okolí ložiska Hodruša-Svetozár	11/04–12/07	10 135	Šály/SB Hodruša
Registrácia starých ryžovísk zlata Považský Inovec-Tribeč	11/99–12/99	50	Hvožďara
Registrácia ryžovísk zlata Slovenské rudohorie-gemerikum-západná časť	06/01–11/01	96	Hvožďara
Registrácia ryžovísk zlata Slovenské rudohorie-gemerikum, východná časť	08/03–03/04	97	Hvožďara
Registrácia ryžovísk zlata vo východoslovenských neovulkanitoch	11/99–12/99	50	Sasvári/Geostruktur
Metalogenéza ložiska Au Banská Hodruša	08/02–01/03	246	Koděra/ŠGÚDŠ
Zlatonosné štruktúry v metamorfitoch kryštalinika jz. časti Slovenského rudohoria	11/01–05/05	9268	Maťová/Aurex
Rudné uzly na styku kryštalinika a stredoslovenských neovulkanitov	02/03–11/05	5768	Michálek/Envigeo
Tribeč-Rázdiel, Au mineralizácia	10/01–06/04	10 350	Knésl/Geo-Technic-Consulting
Spolu 9 ukončených 1 rozpracovaná		38 510	

Tab. 3
Platby za prieskumné územia (Zostavila RNDr. Jana Antošová)
Payments for exploration area (Compiled by RNDr. Jana Antošová)

Názov prieskumného územia	Držiteľ prieskumného územia	Platnosť od/do	Uhradené/neuhradené v Sk
Kokava nad Rimavicou – Au, Ag	Dr. Stanislav Kříž	1994/1998	114 000, -
Banská Hodruša	Keylock Resources Inc., Banská Bystrica	1994/2000	49 000,-/84 000,-
Podrečany – Au	Dr. Stanislav Kříž	1994/1998	114 000,-
Uderiná II – Au, Ag	Eco Trends Consulting, Bratislava	1994/1998	45 000,-
Kopanice – Au, Ag	Keylock Resources Inc., Banská Bystrica	1996/2000	78 000,-/30 000,-
Turčok – Au, Hg, W, Pb	RNDr. Obernauer, Bratislava	1994/1996	126 000,-
Cinobaňa – Au, Ag, Sn, Sb	RNDr. Obernauer, Bratislava	1994/1999	229 500,-
Rimavské Brezovo – Au	doc. RNDr. Pavol Hvožďara, Bratislava	1994/1998	78 000,-
Kalinovo-Breznička – Au	RNDr. Obernauer, Bratislava	1994/1997	36 000,-
Banský Studenec – Au	Keylock Resources Inc., Banská Štiavnica	1995/1999	513 000,-
Cinobaňa – Au	doc. RNDr. Pavol Hvožďara, Bratislava	1995/1998	27 000,-
Michalová – Au	doc. RNDr. Pavol Hvožďara, Bratislava	1995/1996	12 000,-
Točnica – Au	Transworld Exploration and Mining, spol. s r. o., Bratislava	1995/1998	45 000,-
Lovinobaňa – Au	Transworld Exploration and Mining, spol. s r. o., Bratislava	1995/1998	40 500,-
České Brezovo – Au	doc. RNDr Pavol Hvožďara, Bratislava	1995/1996	48 000,-
Uhorské – Au	doc. RNDr Pavol Hvožďara, Bratislava	1995/1996	66 000,-
Banská Hodruša III – Au, Ag	Slovenská banská spoločnosť, spol. s r. o., Hodruša-Hámre	1995/1999	6 000,-
Prochot – Au, Ag	Golden Regent Resources Slovakia, spol. s r. o., Banská Bystrica	1995/1998	49 500,-
Pukanec I – Au	Hell, spol. s r. o., Banská Štiavnica	1995/1997	90 000,-
Zemplín – Au, Ag	Mindev Slovakia, spol. s r. o., Košice	1996/1998	1 341 000,-
Pohronská Polhora – Au, Ag, Pb, Zn, Cu	Golden Regent Resources Slovakia, spol. s r. o., Banská Bystrica	1995/2000	126 000,-
Nová Baňa – Au, Ag	Argosy Slovakia, spol. s r. o., Banská Bystrica	1996/1997	141 000,-
Zlatá Baňa – Au, Ag	Argosy Slovakia, spol. s r. o., Banská Bystrica	1996/1998	1 776 000,-
Prenčov – Au, Ag	Keylock Resources Inc., Banská Bystrica	1996/2000	166 500,-/18 000,-
Ruská Bystrá – Au, Ag	RNDr. Dušan Obernauer, Bratislava	1996/1999	310 500,-
Bartošova Lehôtka – Au, Ag	EnviGeo, spol. s r. o., Banská Bystrica	1996/1997	6 000,-
Veľké Pole – Au	Golden Regent Resources Slovakia, spol. s r. o., Banská Bystrica	1996/1997	36 000,-
Kremnica-juh – Au, Ag, Pb, Zn, Cu	Mindev Slovakia, spol. s r. o., Košice	1996/1998	933 000,-
Vlachovo – Au	Takama Gold, spol. s r. o., Valaská	1996/1999	54 000,-/18 000,-
Vígľašská Huta-Kalinka – Au	Rhodos Slovakia, spol. s r. o., Bratislava	1996/2000	162 000,-
Stará Huta – Au, Ag	Keylock Resources Inc., Banská Bystrica	1996/2000	192 000,-/12 000,-
Teplá – Au, Ag	Keylock Resources Inc., Banská Bystrica	1996/2000	43 500,-/45 000,-
Píla-Veľké Pole – Au, Ag	Golden Regent Resources Slovakia, spol. s r. o., Banská Bystrica	1996/1999	66 000,-
Vysoká – Au, Ag	Slovenská banská, spol. s r. o., Hodruša-Hámre	1996/1999	103 500 -
Čučma – Au, Ag, Sb	Gram Gold, spol. s r. o., Valaská	1996/2000	639 000,-/213 000,-
Pliešovce – Au, Ag	Keylock Resources Inc., Banská Bystrica	1996/2000	115 500,-/19 500,-
České Brezovo – Au	Tatran Minerals, spol. s r. o., Valaská	1996/2000	48 000,-/48 000,-
Uhorské – Au	Tatran Minerals, spol. s r. o., Valaská	1996/2000	66 000,-/66 000,-
Píla – Au, Ag, Pb, Zn, Cu	Takama Gold, spol. s r. o., Valaská	1996/2000	240 000,-/240 000,-
Klenovec – Au, Ag, Pb, Zn, Cu	Takama Gold, spol. s r. o., Valaská	1996/2000	147 000,-/147 000,-
Tužina – Au, Ag	Gram Gold, spol. s r. o., Valaská	1996/2000	369 000,-/369 000,-
Pezinok-Trojárska – Au	EnviGeo, spol. s r. o., Banská Bystrica	1996/2001	25 500,-
Divín – Au, Ag, Pb, Zn, Cu	Takama Gold, spol. s r. o., Valaská	1996/1999	12 000,-/12 000,-
Katarínska Huta – Au, Ag, Pb, Zn, Cu	Takama Gold, spol. s r. o., Valaská	1996/1999	21 000,-/21 000,-
Kociha – Au, Ag, Pb, Zn, Cu	Takama Gold, spol. s r. o., Valaská	1996/1999	343 500,-
Kunešov – Ag	Argosy Slovakia, spol. s r. o., Banská Bystrica	1996/2000	79 500,-
Remetské Hámre – Au, Ag, Pb, Zn, Cu	Argosy Slovakia, spol. s r. o., Banská Bystrica	1996/1997	534 000,-

Kalinovo I – Au, Ag	Tatran Minerals, spol. s r. o., Valaská	1996/1999	24 000,-/24 000,-
Uhliská – Au, Ag, Pb, Zn, Cu	Takama Gold, spol. s r. o., Valaská	1996/1999	105 000,-/120 000,-
Hnúšťa-Likier – Au, Ag	Golden Regent Resources Slovakia, spol. s r. o., Banská Bystrica	1997/1998	75 000,-
Sklené – Au, Ag, Pb, Zn, Cu	Slogold – Slovakia, spol. s r. o., Spišská Nová Ves	1997/2000	60 000,-/28 500,-
Rimavica – Au, Ag	Golden Regent Resources Slovakia, spol. s r. o., Banská Bystrica	1997/1998	60 000,-
Nová Baňa – Au, Ag	Slogold – Slovakia, spol. s r. o., Spišská Nová Ves	1997/1999	370 000,-
Beluj – Au, Ag, Pb, Zn, Cu	Slogold – Slovakia, spol. s r. o., Spišská Nová Ves	1997/1999	121 500,-
Petrovce – Au, Ag, Pb, Zn, Cu	Slogold – Slovakia, spol. s r. o., Spišská Nová Ves	1997/1999	114 000,-/57 000,-
Čierny Balog – Au	Geo-Technic-Consulting, spol. s r. o., Banská Bystrica	1997/1998	15 000,-
Partizánska Lupča – Au, Ag, Sb	Golden Regent Resources Slovakia, spol. s r. o., Banská Bystrica	1997/1999	180 000,-
Liptovské Kľačany – Au, Ag, Sb	Golden Regent Resources Slovakia, spol. s r. o., Banská Bystrica	1997/1999	15 000,-
Banská Belá-Teplá – Au	Geo-Technic-Consulting, spol. s r. o., Banská Bystrica	1997/1999	22 500,-
Nižná Boca – Au	AuRex Trade, spol. s r. o., Banská Bystrica	1997/1998	15 000,-
Slivník – Au, Ag	Argosy Slovakia, spol. s r. o., Banská Bystrica	1997/1998	373 500,-
Osrblie-Jamešná – Au, Ag	ETC, spol. s r. o., Banská Bystrica	1997/1998	30 000,-
Hradište – Au	AuRex Trade, spol. s r. o., Banská Bystrica	1997/1999	36 000,-
Handlová – Au, Ag	AuRex Trade, spol. s r. o., Banská Bystrica	1997/1999	33 000,-
Repište – Au	Rhodos Slovakia, spol. s r. o., Banská Bystrica	1997/1999	42 000,-
Zlatníky – Au	Rhodos Slovakia, spol. s r. o., Banská Bystrica	1997/1999	60 000,-
Župkov – Au	Geo-Technic-Consulting, spol. s r. o., Banská Bystrica	1997	31 500,-
Turček – Au	AuRex Trade, spol. s r. o., Banská Bystrica	1997/1999	204 000,-
Zlatá Idka – Au, Ag, Pb, Zn	Slogold – Slovakia, spol. s r. o., Spišská Nová Ves	1997/2000	498 000,-/249 000,-
Bunetice – Au, Ag, Pb, Zn	Slogold – Slovakia, spol. s r. o., Spišská Nová Ves	1997/2000	159 000,-/30 000,-
Prakovce – Au, Ag, Pb, Zn	Slogold – Slovakia, spol. s r. o., Spišská Nová Ves	1997/2000	60 000,-/28 500,-
Detva – Au, Ag, Pb, Zn	Geológia, spol. s r. o., Spišská Nová Ves	1997/2001	322 500,-/127 500,-
Močiar – Au, Ag, Pb, Zn, Cu	EnviGeo, spol. s r. o., Banská Bystrica	1997/2001	426 000,-
Jasenie – Au, Ag, W, Sb	Prvá Kanadsko-Slovenská banská spoločnosť, spol. s r. o., Banská Bystrica	1997/2001	300 000,-
Rožňava – Au, Ag, Sb, Zn, Cu	Slogold – Slovakia, spol. s r. o., Spišská Nová Ves	1997/2001	42 000,-
Horná Ves – Au, Ag, Pb, Zn, Cu	Kremnica Gold, a. s., Banská Bystrica	1997/2000	36 000,-
Krompachy – Au, Ag, Cu	Geológia, spol. s r. o., Spišská Nová Ves	1997/2001	6 000,-
Švedlár – Au, Ag, Pb, Zn, Cu	Slogold – Slovakia, spol. s r. o., Spišská Nová Ves	1998/1999	82 500,-/82 500,-
Kremnica-okolie – Au, Ag, Pb, Zn, Cu	Kremnica Gold, a. s., Banská Bystrica	1998/2000	180 000,-
Selec – Au, Ag	AuRex Trade, spol. s r. o., Banská Bystrica	1998/1999	55 000,-
Jarabá – Au a polymetalické rudy	EnviGeo, spol. s r. o., Banská Bystrica	1998/2002	42 000,-
Horná Lehota – Au, Ag, Sb	Prvá Kanadsko-Slovenská banská spoločnosť, spol. s r. o., Banská Bystrica	1998/2002	42 000,-
Kremnica-okolie – Au, Ag, Pb, Zn, Cu	Kremnica Gold, a. s., Banská Bystrica	1998/2002	378 000,-
Medzibrod – Au, Sb	EnviGeo, spol. s r. o., Banská Bystrica	1998/2002	168 000,-
Brehov – Au, Ag, Pb, Zn, Cu	RNDr Dušan Obernauer – Eco Trends Consulting, Bratislava	1999/2002	9 000,-
Pukanec – Au-Ag	Golden Regent Resources Slovakia, spol. s r. o., Bratislava	2000/2004	36 000,-
Vígľašská Huta-Kalinka – Au	Rhodos Slovakia, spol. s r. o., Rajecké Teplice	2000/2004	162 000,-
Hnilec – Au, Ag, Pt, Pd, Ta, vzácne zeminy a polymetalické rudy	Dom Steiner, spol. s r. o., Bratislava/Juraj Adamec, Gašparovo	2001/2005	12 000,-
Hnúšťa – Au, Ag, Pt, Pd, Ta, vzácne zeminy a polymetalické rudy	Dom Steiner, spol. s r. o., Bratislava/Geo, spol. s r. o., Nitra/Juraj Adamec, Gašparovo	2001/2005	24 000,-
Kokava nad Rimavicou – Au, Ag, Pt, Pd, Ta, vzácne zeminy a polymetalické rudy	Dom Steiner, spol. s r. o., Bratislava/Juraj Adamec, Gašparovo	2001/2005	228 000,-
Čierny Balog – Au, Ag, Pt, Pd, Ta, vzácne zeminy a polymetalické rudy	Dom Steiner, spol. s r. o ., Bratislava/Juraj Adamec, Gašparovo	2001/2005	36 000,-
Hnilec I – Ta, Au, Ag, Pt, Pd, vzácne zeminy a polymetalické rudy	Dom Steiner, spol. s r. o., Bratislava	2001/2005	72 000,-
Lúčky – Au-rudy	KREMNICA GOLD, a. s., Banská Bystrica	2002/2006	180 000,-
České Brezovo – Ta, Au, Ag, Pt, Pd, vzácne zeminy a polymetalické rudy	RNDr František BALIAK, Gašparovo	2002/2006	216 000,-

Pohronská Polhora-Krátke – Ta, Au, Ag, Pt, Pd, vzácne zeminy a polymetalické rudy	RNDr. František BALIAK, Gašparovo	2003/2007	84 000,-
Klokoč – Au, Ag, Pt, Pd, Ta, vzácne zeminy a polymetalické rudy	Jozef ADAMEC, Beňuš	2003/2007	84 000,-
Oravská Polhora – Au, Ag, polymetalické rudy	WHARF PLC RESOURCES SLOVAKIA, s. r. o., Bratislava/ Slogold – Slovakia, spol. s r. o., Spišská Nová Ves	2003/2007	2 976 000,-
Brehov – Au-Ag, Pb-Zn-Cu rudy	Geo-Technic-Consulting, spol. s r. o., Bratislava	2004/2007	18 000,-
Banská Belá-Teplá – Au, Ag rudy	Geo-Technic-Consulting, spol. s r. o., Bratislava	2004/2007	45 000,-
Lutila – Au, Ag, Cu, Zn, Pb, Sb, Hg rudy	Kremnica Gold, a. s., Banská Bystrica	2004/2008	783 000,-
Novosad – Au, Ag a Cu, Zn, Pb, Sb, Hg, Ba rudy	Kremnica Gold, a. s., Banská Bystrica	2004/2008	621 000,-
Ružiná-Stará Halič – Au rudy	RNDr. František BALIAK, Gašparovo	2005/2009	126 000,-
Prochot – Au, Ag a polymetalické rudy	RNDr. František BALIAK, Gašparovo	2005/2009	78 000,-
Ruská Bystrá – Au rudy	BELLMIN, s. r. o., Spišská Nová Ves	2005/2009	228 000,-
Zlatá Baňa – Au, Ag rudy	BELLMIN, s. r. o., Spišská Nová Ves	2005/2009	336 000,-
Zlatníky-Myslíkov vrch – Au-Ag rudy	Ing. Knésl, Banská Bystrica/ Eastern Mediterranean Resources Slovakia, s. r. o., Bratislava	2005/2006	270 000,-
Hodruša-Hámre – Banská Štiavnica – Au-Ag, Pb-Zn-Cu rudy	Ing. Knésl, Banská Bystrica/ Eastern Mediterranean Resources Slovakia, s. r. o., Bratislava	2005/2009	642 000,-
Vyšný Medzev – Au-Sb-Ag, U-Mo-Cu rudy	Eastern Mediterranean Resources Slovakia, s. r. o., Bratislava	2005/2009	600 000,-
Detva – Au-Ag, Mo-Cu rudy	Eastern Mediterranean Resources Slovakia, s. r. o., Bratislava	2005/2009	555 000,-
Dobšiná – Au rudy	G. B. E., s. r. o., Spišská Nová Ves	2005/2009	60 000,-
Smolník – Au, Sb rudy	G. B. E., s. r. o., Spišská Nová Ves	2005/2009	108 000,-
Turček – Au rudy	G. B. E., s. r. o., Spišská Nová Ves	2005/2009	138 000,-
Ráztočno-Remata – Au, Ag rudy	G. B. E., s. r. o., Spišská Nová Ves	2005/2009	78 000,-
Vyhne – Au, Ag a Cu, Zn, Pb, Sb, As, Hg rudy	Kremnica Gold, a. s., Banská Bystrica	2005/2009	222 000,-
Býšta-Skároš – Au, Ag rudy	St. Stephan GOLD, s. r. o., Bratislava	2005/2009	384 000,-
			24 058 500,- / 2 089 500,-

hlbinnej ťažbe z ekonomických dôvodov pokladal za potrebný minimálny obsah Au 6 g v 1 t horniny, pri pripovrchových ložiskách bez hlbinného dobývania 3 g Au/t a pri najľahšie ťažiteľných rozsypových ložiskách aj výrazne pod 1 g/t. Keď svetová cena Au klesala až na 250 USD/tr. oz, ekonomika diktovala vyhľadávať rudu s obsahom 7–8 g Au/t. Dnes pri vyššej cene Au by už mohla stačiť aj ruda s obsahom 4–5 g Au/t. Cieľové množstvo rudy sa v našich podmienkach nemení a vyhľadávaný objekt by jej mal obsahovať aspoň pol milióna t.

Pre menší prísun finančných prostriedkov zo ŠR po roku 1990 na geológiu, a najmä na vyhľadávanie rudných ložísk je nevyhnutné využívať podľa možnosti lacnejšie vyhľadávacie metódy. Nepochybne medzi ne patrí aj šlichová metóda. V rokoch 1998–2004 sa plnil projekt *Reinterpretácia šlichového prieskumu na území Slovenska*. Jeho riešiteľom bol P. Bačo zo ŠGÚDŠ a v jeho rámci sa reinterpretovali výsledky šlichového prieskumu SR za predchádzajúcich 40 rokov. Keďže sa za štyri desaťročia niektoré metodické postupy menili a iné len vytvorili, nie všetky šlichy sa zhodnotili na rovnakej úrovni poznania. Predmetom prehodnotenia bol celý šlichový materiál, nie iba zlato, a preto úlohu v tab. 2 ani neuvádzame, no jej výsledky nesporne doplnili naše poznatky o distribúcii zlata v šlichoch na celom území Slovenska. To nám dáva nové podnety na hodnotenie metalogenézy v zdrojových oblastiach šlichového materiálu a ponúka aj úvahy o prípadnej ekonomickej nádejnosti niektorých rozsypových ložísk. Pred siedmimi rokmi sme spomenuli aj úlohu *Registrácia ryžovísk Au na území SR*, ktorú riešil P. Hvožďara z Prírodovedeckej fakulty UK Bratislava. Išio o úvodný projekt venovaný hlavne metodike prác. Územie SR sa rozčlenilo do trinástich celkov, ktoré sa majú riešiť samostatne. Z tab. 2 vidno, že sa zatiaľ riešili štyri, kým ostatné sa budú zadávať postupne.

História banskej činnosti jednotlivých ľudských spoločenstiev prezrádza, že sa obdobia rozvoja baníctva periodicky striedajú s obdobiami úpadku. Rast svetovej ceny Au v poslednom období, ako aj zvýšený záujem investorov o vyhľadávanie a prieskum zlata na Slovensku azda naznačujú, že po slabších rokoch môže prísť znova obdobie rozvoja. Buďme na to pripravení doterajšími poznatkami, ako aj pružnosťou a ochotou použiť a využiť na to nové aktivity.

Literatúra

Bačo, P., et al., 2004: Reinterpretácia šlichového prieskumu na území Slovenska. *Manuskript – archív Geofond Bratislava, 119.*

Bohmer, M. & Knésl, J., 1987: Hlavné metalogenetické typy Au zrudnenia v Západných Karpatoch. *In: Zlato v Západných Karpatoch. Bratislava, GÚDŠ, 11–16.*

Franzen, J., 1999: Vyhľadávanie zlata na Slovensku v posledných dvadsiatich rokoch z prostriedkov štátneho rozpočtu. *Mineralia Slov., 31, 3–4, 157–160.*

Hvožďara, P., 1988: Registrácia ryžovísk zlata na území Slovenska. *Manuskript – archív Geofond Bratislava, 27.*

Knésl, J. & Knéslová, A., 1991: Súčasný stav poznatkov o geológii, metalogenéze a prognózach rudného rajónu Kremnických vrchov. *Mineralia Slov., 23, 4, 283–294.*

Mineralia Slovaca, 38 (2006), 202–214

Výsledky vyhľadávania zlata na lokalite Píla, rázdielska časť Tribeča

JURAJ KNÉSL[1], ALŽBETA KNÉSLOVÁ[1], PETER KODĚRA[2], JAROSLAV LEXA[3] a JANA MICHŇOVÁ[4]

[1]KKÁ-DSGC – Disseminated Slovak Gold Consulting, Šalgotarjánska 3, 974 04 Banská Bystrica, jurajknesl@orangemail.sk
[2]Štátny geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava, kodera@geology.sk
[3]Geologický ústav SAV, Dúbravská 9, P. O. Box 106, 845 05 Bratislava, geoljalx@savba.sk
[4]Katedra mineralógie a petrológie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského, 842 15 Bratislava, janamichnova@yahoo.com

Results of exploration for gold at the locality Píla, the Rázdiel part of the Tribeč mountain range

The Píla license area is situated in the northeastern Rázdiel part of the Tribeč mountain range, close to the contact of sedimentary basement units with Neogene volcanites. Exploration during the years 2002–2004 confirmed the presence of the Carlin-type Au mineralization and of the previously unknown porphyry-type gold mineralization.

Diorite porphyry stock hosting the porphyry-type gold mineralization is strongly altered. The high temperature potassic alteration was followed by the retrograde stage hydrothermal alteration with quartz, sericite and pyrite as the main alteration minerals. Mineralization occurs as disseminated grains as well as a dense network of quartz, quartz-adularia and quartz-carbonate veinlets with minor sulphides. Pyrite is accompanied by minor chalcopyrite, molybdenite and gold of high fineness. Late stage quartz-adularia and quartz-carbonate veinlets were formed by the low salinity fluids at temperatures 200–270 °C. The average gold contents at the richest intervals reach values 1.0–1.5 gt^{-1} Due to a small extent the explored mineralization it is classified only as a mineralogical occurrence.

The Carlin-type Au mineralization is hosted by the Middle Triassic limestones and dolomites affected by dissolution and silicification that resulted in formation of silicified breccias and jasperoids. These are locally ore-bearing with pyrite and minor arsenopyrite, scorodite and gold. Chemical analyses imply also the presence of minor Ag, Cu, Pb and Sb. Fe oxides and hydroxides appear as products of sulfide oxidation. Mineralization was caused by low salinity fluids at temperatures 150–210 °C. Boiling of fluids has been observed locally. Calculated average metal contents of the richest mineralized intervals reach 1.86 gt^{-1} Au and 56.6 gt^{-1} Ag at the average thickness 1.5 m. Due to a small extent the explored mineralization is classified only as a sub-economical small Au-Ag deposit.

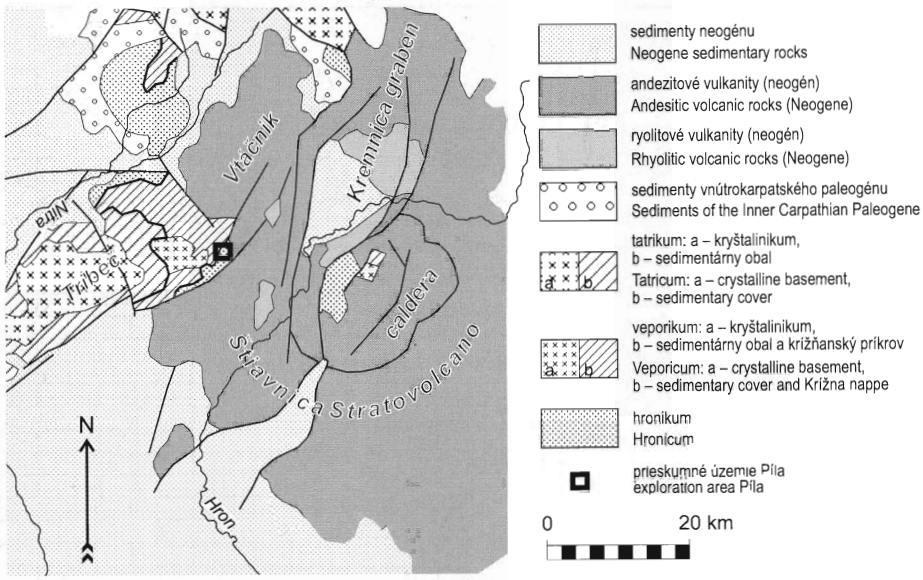
Key words: Carlin-type gold mineralization, porphyry-type gold mineralization, petrology, mineralogy, fluid inclusions

Úvod

Prvé poznatky o Au mineralizácii v tribečskom rudnom rajóne sú až zo začiatku 70. rokov 20. stor. (Polák, 1971). Oružinský et al. (1994) podrobne zhodnotili jej povrchové prejavy v oblasti Sokolca v rázdielskom bloku Tribeča a s odkazom na analogické znaky priradili mineralizáciu ku carlinskému typu. V nadväznosti na to a na pozitívne výsledky regionálnych geochemických prác (Polák et al., 1985; Knésl a Knéslová, 1995) vykonala kanadsko-slovenská spoločnosť Golden Regent Resources Slovakia v rokoch 1996–1998 v okolí Píly a Veľkého Poľa-Sokolca vyhľadávacie práce vrátane orientačných vrtov, ale tie sa pre veľký pokles ceny zlata v roku 1998 skončili predčasne (Knésl a Knéslová, 2002). Na lokalite Píla, odkiaľ sa získali najnádejnejšie čiastkové výsledky, sa v rokoch 2002–2004 urobil vyhľadávací ložiskový prieskum (obstarávateľom bolo Ministerstvo životného prostredia SR a vykonávateľom spoločnosť Geo-Technic Consulting Bratislava), ktorého hlavné závery uvádzame v tomto príspevku. Hlavným cieľom geologickej úlohy (geologicko-mapovacie, geochemické, vrtné, analytické a špeciálne mineralogicko-petrologické práce) bolo vyhľadať pripovrchovú akumuláciu impregnačných Au rúd ekonomických parametrov a charakterizovať genézu zistených mineralizácií. Metodiku prieskumných a výskumných prác uvádza Knésl a Knéslová (2004), Koděra a Lexa (2004).

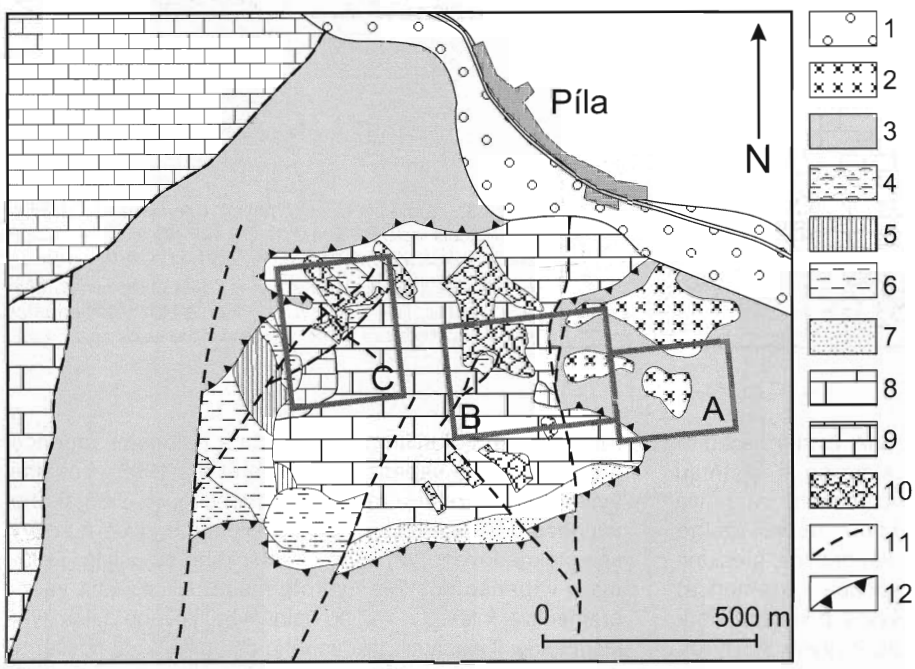
Geologická stavba

Prieskumné územie Píla je pri sv. okraji rázdielskej časti Tribeča (obr. 1) a budujú ho sedimenty hronika, krížňanského príkrovu a terciérne magmatity (obr. 1, 2). Zlomy smeru S–J až SV–JZ možno v širšom kontexte považovať za súčasť hrastovo-prepadlinovej stavby stredoslovenských neovulkanitov. V súlade s predchádzajúcimi výsledkami sa terénne práce sústredili do troch čiastkových lokalít prieskumného územia.



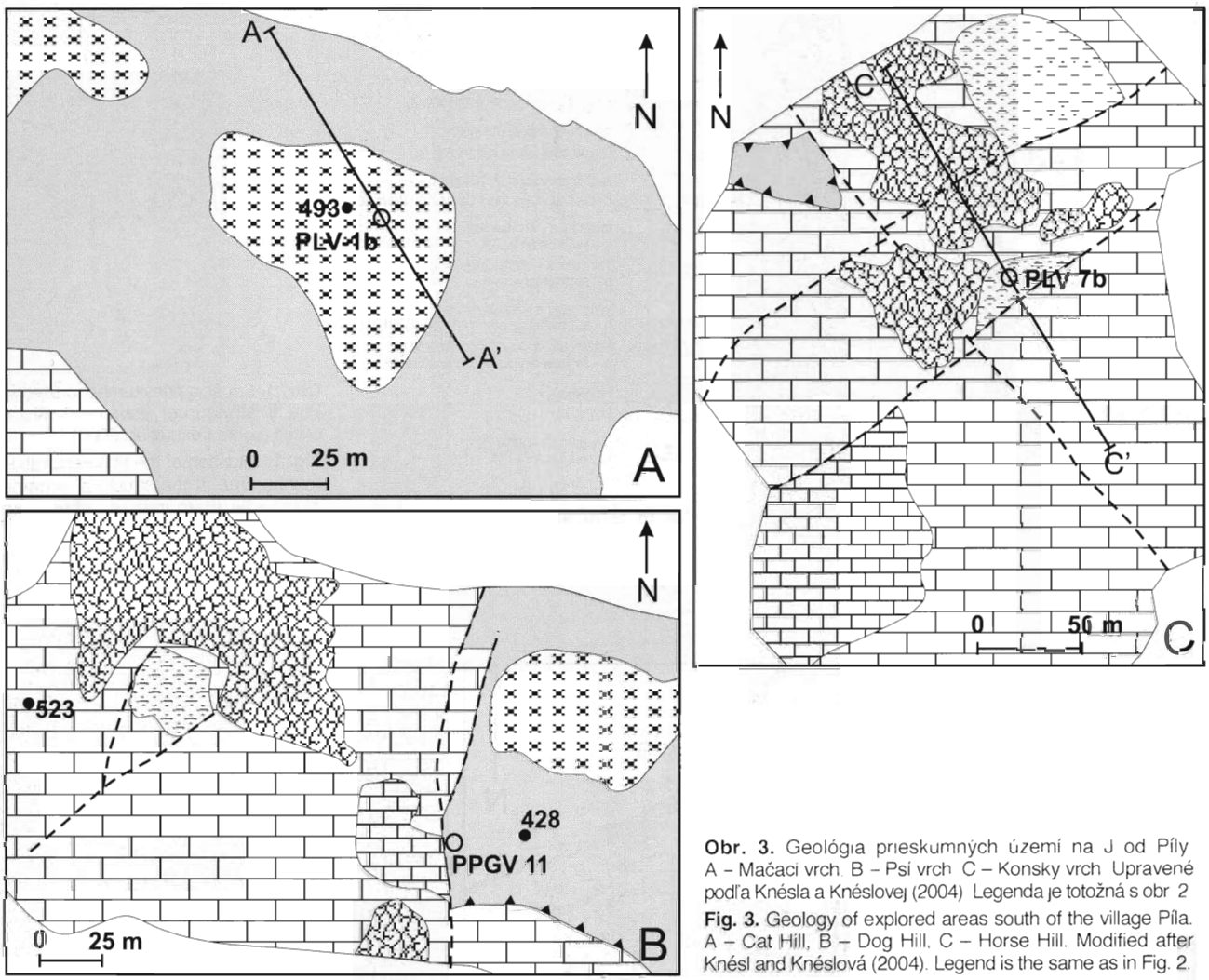
Obr. 1. Situácia prieskumného územia Píla v štruktúrnej schéme širšieho okolia (podľa Lexu et al. 2000)

Fig. 1. Situation of the Píla exploration license area in the structural scheme of broader surroundings (after Lexa et al. 2000)



Obr. 2. Lokalizácia prieskumných území na J od Píly. Geológia je podľa geologickej mapy 1 : 50 000 (Ivanička et al., 1998) upravená podľa účelovej mapy prieskumných území (Knésl a Knéslová, 2004). *Prieskumné územia.* A – Mačací vrch, B – Psí vrch, C – Konský vrch. *Kvartér* 1 – fluviálne uloženiny údolnej nivy, neovulkanity, 2 – terciérne dioritové porfýry a diority, hronikum 3 – bridlice, pieskovce, droby, zlepence a kremence nižnobocianskeho súvrstvia (najmladší karbón), krížňanský príkrov, 4 – piesčité sliene, slienité bridlice a slienité vápence mraznického súvrstvia (spodná krieda), 5 – rádiolarity a rádiolárový vápenec (stredná jura), 6 – piesčité a krinoidové vápence kopieneckého súvrstvia (spodná jura), 7 – pestré bridlice a pieskovce karpatského keuprú (vrchný trias), 8 – ramsauský dolomit (stredný trias), 9 – gutensteinský vápenec (stredný trias), 10 – zóny hydrotermálnej silicifikácie a jasperoidov, 11 – zlomy, 12 – príkrovové línie.

Fig. 2. Localization of exploration licences south of the village Píla. Geology after Ivanička et al. (1998) modified using maps of exploration licences (Knésl and Knéslová, 2004). *Exploration licences:* A – Cat Hill, B – Dog Hill, C – Horse Hill. *Quaternary:* 1 – alluvial deposits, Neogene volcanites, 2 – diorite porphyry and/or diorite, Hronicum unit, 3 – grey shales, sandstones, greywackes, conglomerates and quartzites of the Nižná Boca Formation (uppermost Carboniferous), Krížna nappe, 4 – sandy marls, marly shales and marly limestones of the Mraznica Formation (Lower Cretaceous), 5 – radiolarian cherts and limestones (Middle Jurassic), 6 – sandy and crinoidal limestones of the Kopienec Formation (Lower Jurassic), 7 – variegated shales and sandstones of the Karpatian Keuper (Upper Triassic), 8 – Ramsau dolomites (Middle Triassic), 9 – Gutenstein limestones (Middle Triassic), 10 – zones of hydrothermal silicification and jasperoids, 11 – faults, 12 – thrust faults.



Obr. 3. Geológia prieskumných území na J od Píly A – Mačací vrch, B – Psí vrch, C – Konsky vrch. Upravené podľa Knésla a Knéslovej (2004). Legenda je totožná s obr. 2

Fig. 3. Geology of explored areas south of the village Píla. A – Cat Hill, B – Dog Hill, C – Horse Hill. Modified after Knésl and Knéslová (2004). Legend is the same as in Fig. 2.

Lokalita Mačací vrch je vo východnej časti prieskumného územia. Na jej geologickej stavbe sa zúčastňujú vrchnokarbónske sedimenty nižnobocianskeho súvrstvia hronika (litologicky pestré súvrstvie nepravidelne sa striedajúcich vrstiev bridlice, piesčitej bridlice, pieskovca, droby, arkózy, jemnozrnného zlepenca a kremenca) a neogénne magmatity v podobe štokov a prienikov dioritových porfýrov (obr. 3A). Štok dioritových porfýrov v strednej časti lokality je nositeľom rozptýlenej Au mineralizácie. Dioritové porfýry vystupujú aj v podobe žíl a silov. Väčšina dioritových porfýrov je hydrotermálne alterovaná (aktinolitizácia, biotitizácia, pyritizácia, chloritizácia, sporadicky sericitizácia a silicifikácia). Pre oxidačnú zónu, vyvinutú do hĺbky okolo 50 m, je typická intenzívna limonitizácia a lokálne vybielenie.

Lokalita Psí vrch, nachádzajúca sa v strednej časti prieskumného územia, má vo východnej časti, oddelenej zlomom smeru S–J, analogickú stavbu ako Mačací vrch (obr. 3B). V strednej a západnej časti lokality vystupujú iba sedimenty krížňanského príkrovu reprezentované najmä svetlosivým až tmavosivým strednotriasovým ramsauským dolomitom s vložkami a polohami vápenca a dolomitického vápenca (Ivanička et al., 1998). Lokálne vystupujú aj vrstvy strednotriasového gutensteinského vápenca a v zakliesnenej pozícii slienitá bridlica a vrstvy spodnokriedového vápenca mraznického súvrstvia. Dolomit a vápenec postihla hydrotermálna silicifikácia veľmi premenlivej intenzity – až po úplne silicifikované dolomity – jasperoidy. Telesá silicifikovaného dolomitu sú aj nositeľmi Au mineralizácie. Najsilnejšie prejavy silicifikácie sa zistili v sv. časti lokality. Výsledky neskorších prác ukázali, že toto pásmo jasperoidov nie je zlatonosné.

Lokalita Konský vrch je v západnej časti prieskumného územia a budujú ju rovnaké horniny krížňanského príkrovu ako Psí vrch (obr. 3C). Pod mohutným súvrstvím ramsauských dolomitov vystupujú vrstvy spodnotriasového gutensteinského vápenca a kremenca (obr. 5). V sz. a strednej časti lokality vychádza na povrch zóna jasperoidov, na rozdiel od Psieho vrchu zlatonosných. Rez na obr. 5 dokumentuje vcelku horizontálny priebeh silicifikácie. Dominantné zlomy smeru SV–JZ porušuje mladší priečny zlom smeru SZ–JV.

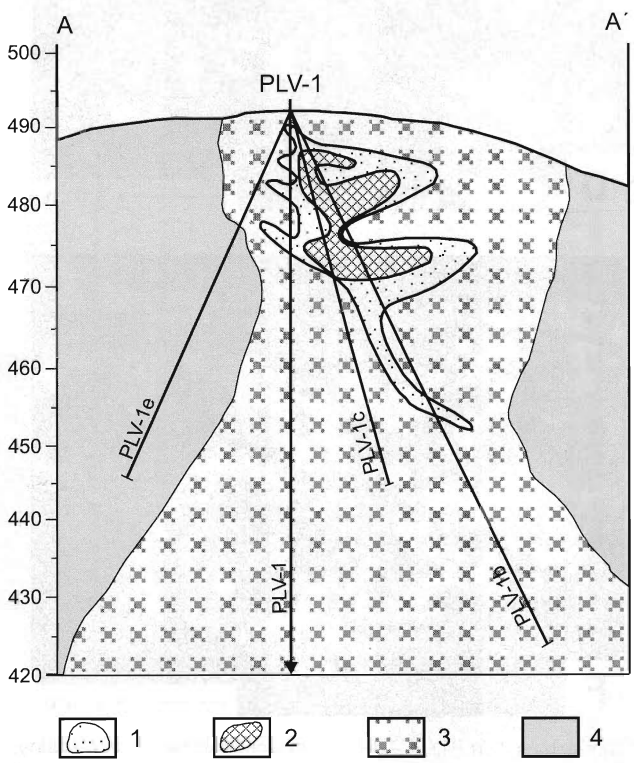
Charakteristika Au mineralizácie

Au mineralizáciu carlinského typu v širšom okolí prieskumného územia zistil už Oružinský et al. (1994) a Knésl a Knéslová (1995), ale prítomnosť porfýrového typu Au mineralizácie nebola pred začatím terajších prác známa.

Porfýrová Au mineralizácia

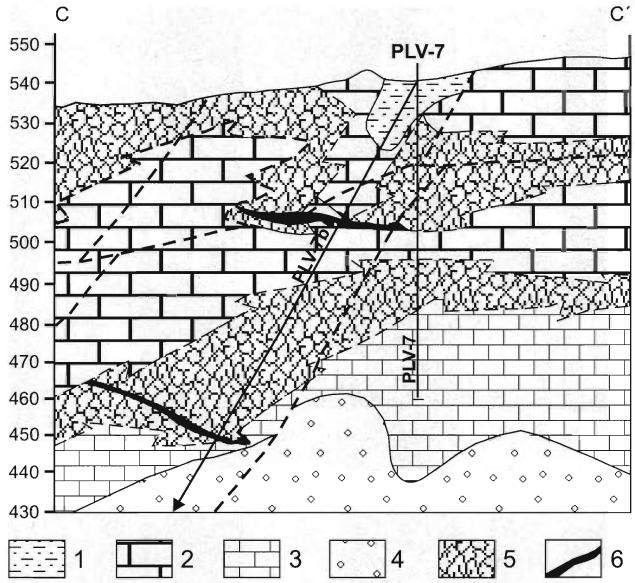
Porfýrová Au mineralizácia sa na lokalite Mačací vrch zistila vo východnej časti prieskumného územia. Indikuje ju výrazná pôdna anomália Au (obsah až 0,4 gt^{-1} Au). Plytké geochemické vrty v jej priestore identifikovali primárnu horninovú anomáliu s maximálnymi hodnotami okolo 0,6 gt^{-1} Au viažucu sa na premenené dioritové porfýry. Výsledky sa overovali nepravidelnou sieťou zvislých a šikmých orientačných vrtov do hĺbky väčšinou 50, výnimočne do 100 m.

Nositeľom mineralizácie je štok dioritového porfýru vychádzajúci na povrch na morfologicky nápadnom hrebienku v okolí kóty 493 m prenikajúci mladopaleozoickými sedimentmi hronika (obr. 3A, 4). Je zrejmé, že ide o intrúziu neoidného dioritového porfýru porovnateľnú s obdobnými intrúziami pri Prochote, Župkove a na V od Malej



Obr. 4. Rez prieskumným územím Mačací vrch. 1 – zlatonosné teleso (okrajová vzorka 0,4 gt^{-1} Au), 2 – zlatonosné teleso (okrajová vzorka 0,6 gt^{-1} Au), 3 – dioritové porfýry (neogén), 4 – sedimenty hronika (vrchný karbón).

Fig. 4. Section in the exploration licence Cat Hill. 1 – gold-bearing body (cut-off 0.4 gt^{-1} Au), 2 – gold-bearing body (cut-off 0.6 gt^{-1} Au), 3 – diorite porphyry (Neogene), 4 – sedimentary rocks of the Hronicum unit (Upper Carboniferous).



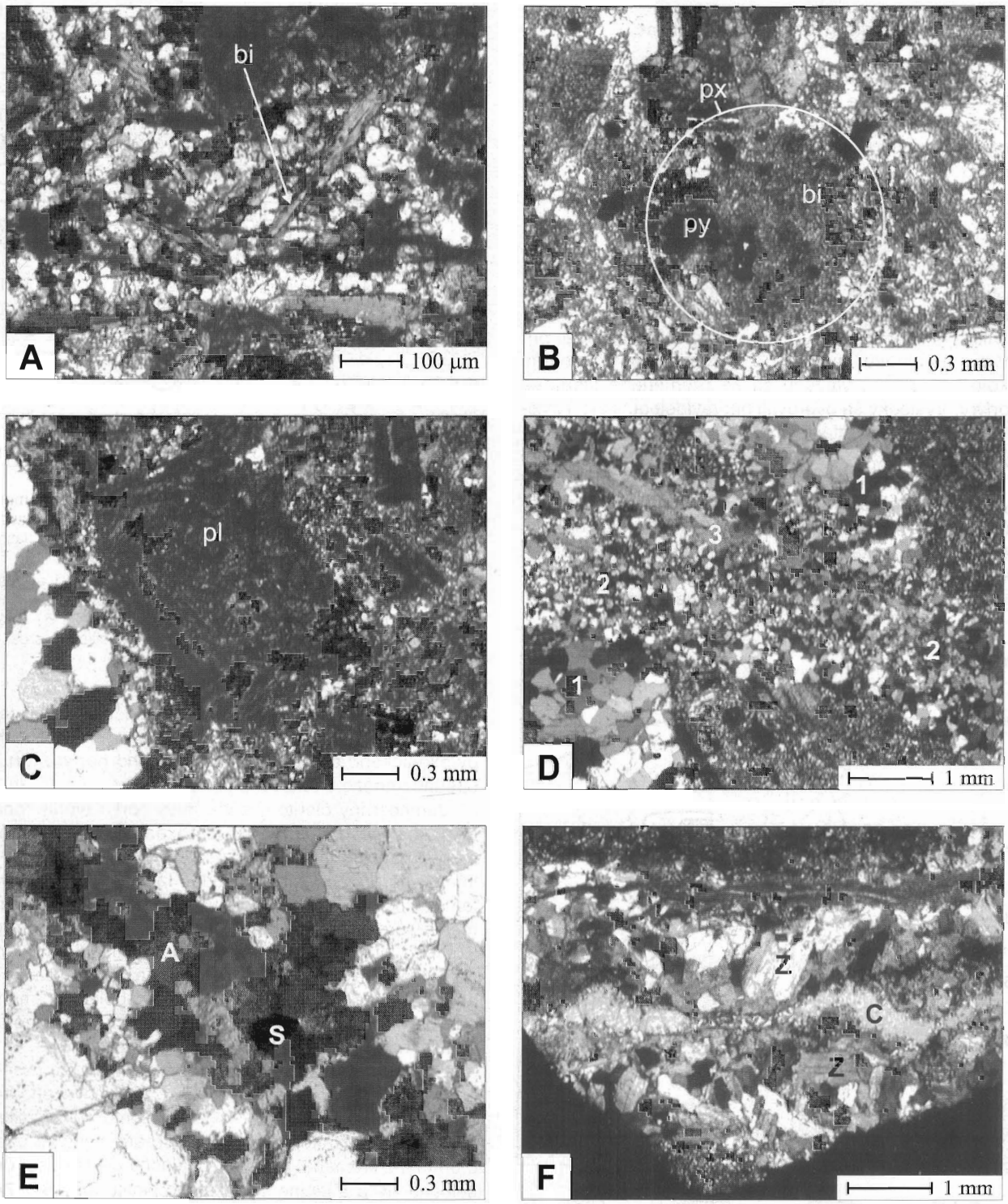
Obr. 5. Rez prieskumným územím Konský vrch. 1 – sedimenty vrchnej kriedy, 2 – strednotriasový dolomit, 3 – strednotriasový vápenec, 4 – spodnotriasový kremenec, 5 – zóny silicifikácie (jasperoidy), 6 – zlatonosné silicity zachytené vrtom PLV-7b.

Fig. 5. Section in the exploration licence Horse Hill. 1 – Upper Cretaceous sedimentary rocks, 2 – Middle Triassic dolomite, 3 – Middle Triassic limestone, 4 – Lower Triassic quartzite, 5 – zones of silicification (jasperoids), 6 – gold-bearing silicites crossed by the borehole PLV-7b.

Lehoty. Petrografická variabilita naznačuje, že sú tam dva typy horniny – jeden má charakter jemnozrnného pyroxenického dioritového/andezitového porfýru, druhý strednozrnného dioritového porfýru.

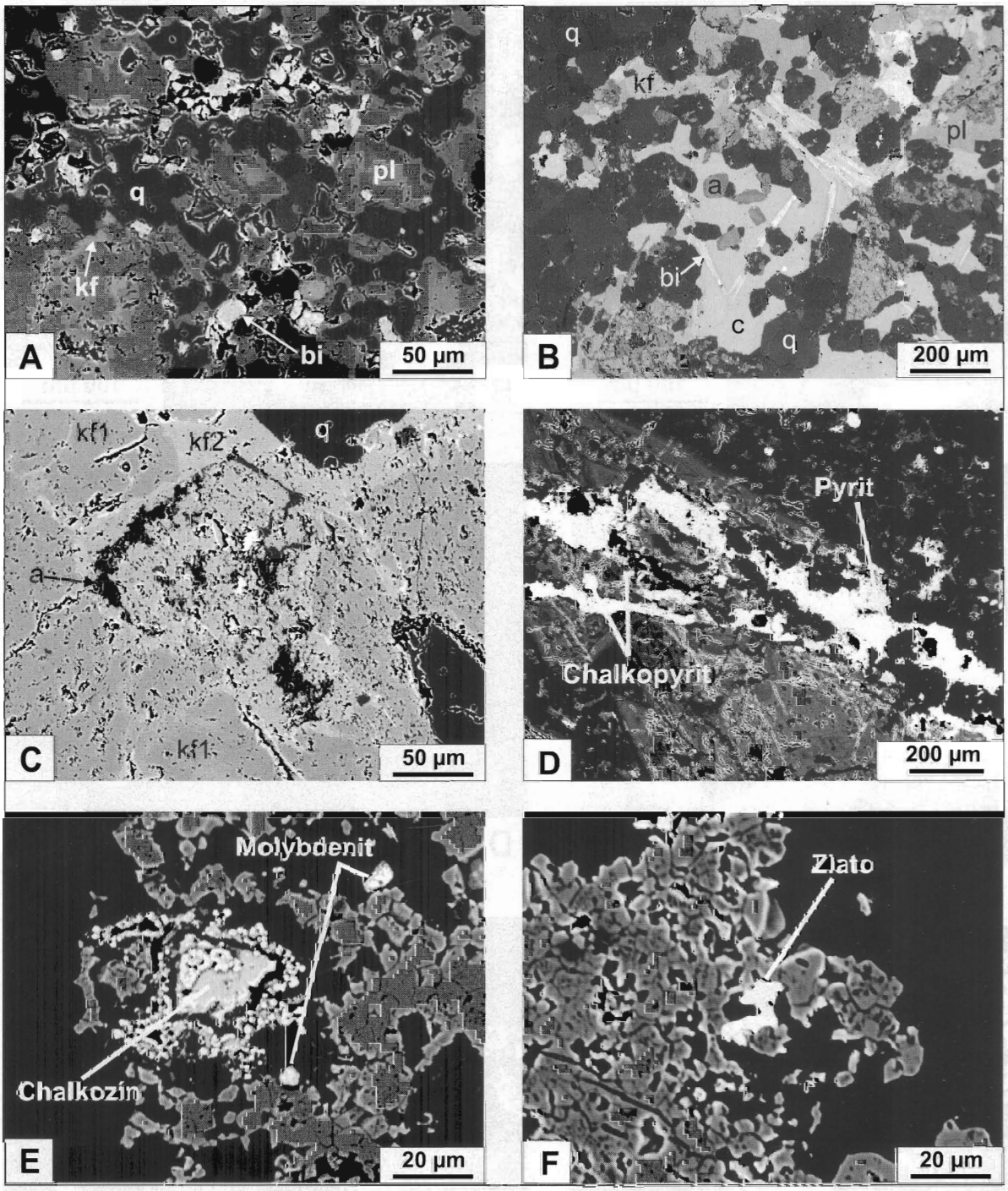
Jemnozrnný dioritový/andezitový porfýr tvoria zonálne výrastlice plagioklasu a pyroxénov v jemnozrnnej rekryštalizáciou postihnutej základnej hmote. Hornina je intenzívne premenená a pôvodné minerály sa zachovali len čiastočne. Premeny majú variabilne charakter prekremenia sprevádzaného sericitizáciou a pyritizáciou, argilizácie (illit?, kaolinit?) alebo propylitizácie (chlorit, epidot, pyrit a karbonát). Biotitizácia a aktinolitizácia sa neprejavujú. Zdá sa, že táto hornina bola viac-menej pasívnym objektom premien vyvolaných umiestnením mladšieho telesa zrnitého dioritového porfýru.

Strednozrnný dioritový porfýr s výrastlicami zonálneho plagioklasu, pyroxénov a ojedinelého resorbovaného amfibolu má základnú hmotu mikrohypidiomorfne až mikroalotriomorfne zrnitej štruktúry so zrnami veľkými okolo 0,05 mm z kremeňa, kyslého zonálneho plagioklasu, draselného živca a jemne šupinkatého biotitu (obr 6A, 7A). Základná hmota miestami vykazuje zhrubnutie alebo vývoj miarolitických dutiniek (obr. 7B). Minerálne zloženie základnej hmoty kremeň – kyslý plagioklas – draselný živec – biotit naznačuje, že kryštalizácia v závere dosiahla eutektikum. Aplikáciou dvojživcového termometra Haseltona et al. (1983) na koexistujúci kyslý plagioklas a K živec v základnej hmote sme dostali teplotu 638 °C. Je podstatne nižšia ako teplota eutektika bez prítomnosti vody a naznačuje, že sa v záverečnom štádiu kryštalizácie



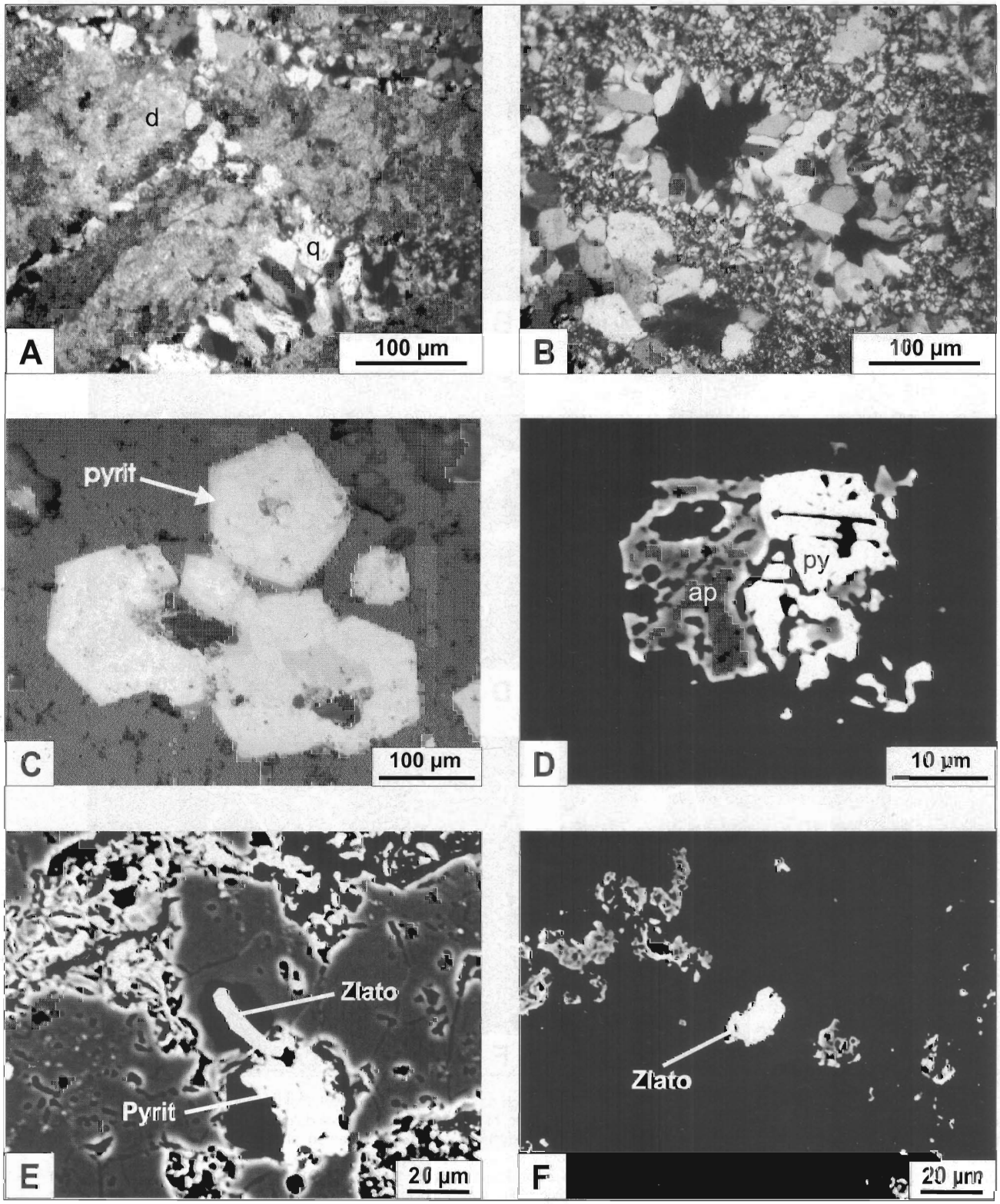
Obr. 6. Mikrofotografie mineralizovaných dioritových porfýrov z lokality Mačací vrch na J od Píly. A – detail mikroalotriomorfne zrnitej základnej hmoty dioritového porfýru s lištovitým neskoromagmatickým biotitom (bi), B – biotitizácia pyroxénu, pôvodný pyroxén (px) je zatlačený biotitom (bi) a pyritom (py) s akcesorickým titanitom a apatitom, C – premenená výrastlica plagioklasu (pl) s prejavmi adularizácie po sieti nepravidelných trhlinie k, vľavo kremenná žilka, D – pretínajúce sa žilky kremeňa (1 a 2) a karbonátu (3), najmladšia je karbonátová, E – stredná časť kremennej žilky s obsahom sulfidov (S) a draselného živca (aduláru – A), F – zeolitová žilka (Z) v strede s kalcitom (C).

Fig. 6. Microscopic images of mineralized diorite porphyry from the locality Cat Hill south of the village Píla. A – detail of microallotriomorphic texture of diorite porphyry groundmass with lathy late magmatic biotite (bi), B – biotitization of pyroxene, former pyroxene (px) is replaced by biotite (bi) and pyrite (py) with accessory sphene and apatite, C – altered phenocryst of plagioclase (pl) with adularia along irregular network of fractures, quartz veinlet at the left, D – several generations of crosscutting quartz (1 and 2) and carbonate (3) veinlets, the youngest one is formed of carbonate, E – adularia (A) and sulphides (S) in the central part of banded quartz veinlet, F – zeolite veinlet (Z) with calcite (C) in the center



Obr. 7. Obrazy mineralizovaných dioritových porfýrov z lokality Mačací vrch na J od Píly v odrazených elektrónoch. A – hypidiomorfne zrnitá základná hmota dioritového porfýru (q – kremeň, pl – plagioklas, kf – K živec, bi – biotit), B – miarolitická dutinka, oddelenie fluida sa v neskoromagmatickom štádiu prejavilo zvýšenou zrnitosťou a idiomorfným habitom kryštálov v dutinke (q – kremeň, pl – plagioklas, a – albit, kf – K živec, bi – biotit, c – kalcit), C – draselný živec (kf) s albitom (a) vystupujúci v strednej časti kremennej žilky (q), zloženie vyššieteplotného draselného živca (kf1) zodpovedá teplote okolo 290 °C, nižšieteplotného K živca (kf2) a albitu (a) teplote okolo 190 °C, D – kremenná žilka s pyritom a chalkopyritom, E – chalkozín v kremennej žilke s oxidmi a hydroxidmi Fe uzatvárajúcimi relikty molybdenitu, F – zlato v kremennej žilke v asociácii s oxidmi a hydroxidmi Fe.

Fig. 7. BSE images of mineralized diorite porphyry from the locality Cat Hill south of the village Píla. A – hypidiomorphic-granular diorite porphyry groundmass (q – quartz, pl – plagioclase, kf – K feldspar, bi – biotite), B – miarolitic cavity, exsolution of magmatic fluid stimulated growth of large idiomorphic mineral grains (q – quartz, pl – plagioclase, a – albite, kf – K feldspar, bi – biotite, c – calcite), C – K feldspar (kf) along with albite (a) in the central part of quartz veinlet (q), composition of darker K feldspar (kf1) corresponds to the temperature around 290 °C, composition of lighter K feldspar (kf2) and albite (a) to the temperature 190 °C, D – quartz veinlet with pyrite and chalcopyrite, E – quartz veinlet with chalcosite, limonite and molybdenite, F – gold in quartz veinlet along with Fe oxides and hydroxides.



Obr. 8. Mikrofotografie a obrazy v odrazených elektrónoch, jasperoidy z lokality Konský vrch a Psí vrch. A – kremenné žilky (q) v slabo silicifikovanom dolomite (d), B – póry a dutinky v silicifikovanom dolomite vyplnené drúzami kremeňa, C – vtrúsený pyrit idiomorfného tvaru, D – pyrit (*py*) zatláčajúci starší arzenopyrit (ap), E a F – zlato v kremennej žilke v asociácii s pyritom, oxidmi a hydroxidmi Fe.

Fig. 8. Microphotographs and BSE images of jasperoids from the localities Dog Hill and Horse Hill. A – quartz veinlets (q) in silicified dolomite (d), B – cavities in silicified dolomite filled by quartz druses, C – idiomorphic grains of disseminated pyrite, D – pyrite (py) replacing older arsenopyrite (ap), E and F – gold in quartz veinlet in assemblage with pyrite and limonite.

dosiahol stav nasýtenia fluidom, resp. že fluidum sprostredkovalo subsolidovú reekvilibráciu živcov. Nasýtenie fluidami indikujú aj miarolitické dutinky (obr. 7B)

Pri strednozrnnom dioritovom porfýre možno identifikovať takúto sukcesiu premien variabilnej intenzity: (1) Horninu silne ovplyvnila neskoromagmatická až subsolidová premena prejavujúca sa aktinolitizáciou a biotitizáciou pyroxénov a rekryštalizáciou základnej hmoty s asociáciou sekundárnych minerálov – kremeň – draselný živec – biotit – pyrit. Aktinolit vláknitého typu zatláča primárny pyroxén. Biotit spolu s pyritom a akcesorickým titanitom celkom nahrádzajú pôvodné pyroxény (obr. 6B) a prenikajú aj do základnej hmoty a plagioklasov Takéto premeny vyvoláva v intrúziách oddelené magmatické fluidum vyššej salinity obohatené o K. Sú to premeny charakteristické pre prvé štádium vývoja porfýrových systémov (Titley a Beane, 1981; Sillitoe, 1993). (2) Len v obmedzenej miere sú v hornine pozorovateľné prejavy naloženej silicifikácie, sericitizácie, adularizácie (obr. 6C), chloritizácie a pyritizácie, teda premien charakteristických pre retrográdne hydrotermálne štádium vývoja porfýrových systémov (Titley a Beane, 1981; Sillitoe, 1993). Aplikácia dvojživcového termometra Haseltona et al. (1993) poukazuje na reekvilibráciu živcov základnej hmoty pri teplote okolo 280 °C.

V premenenom dioritovom porfýre sa vyvinula sukcesia žiliek aspoň štyroch generácií. Identifikovali sme najmenej dve generácie kremenných žiliek (obr. 6D), vývoj žiliek s kremeňom, adulárom, albitom a sulfidmi (obr. 6E, 7C), zeolitové žilky (obr. 6F) a preukázateľne najmladšie karbonátové (kalcitové) žilky. Aplikácia dvojživcového termometra Haseltona et al. (1993) na adulár a albit v strednej časti hrubozrnnejšej kremennej žilky (obr. 6E, 7C) poskytla teplotu okolo 195 °C.

Rudná mineralizácia sa vyskytuje v podobe impregnácie vtrúsenej v hydrotermálne alterovaných horninách a v hydrotermálnych kremenných žilkách. Staršiu impregnačnú mineralizáciu zastupuje pyrit, molybdenit a Fe-Ti oxidy? Mladšia hydrotermálna mineralizácia býva v kremenných žilkách. Zlato v podobe mikroskopických zlatiniek sa zriedka vyskytuje v kremenných žilkách s hydrotermálnym pyritom a sporadickým chalkopyritom. Najhojnejším rudným minerálom je pyrit vystupujúci v podobe jemnozrnných impregnácií, samostatných kryštálikov a milimetrových žiliek, evidentne dvoch generácií, pričom Au sa viaže na mladšiu z nich. Na kontakte s okolitou horninou je v okolí žiliek alteračná zóna, v ktorej sa vyskytujú oxidy a hydroxidy Fe a titanomagnetit.

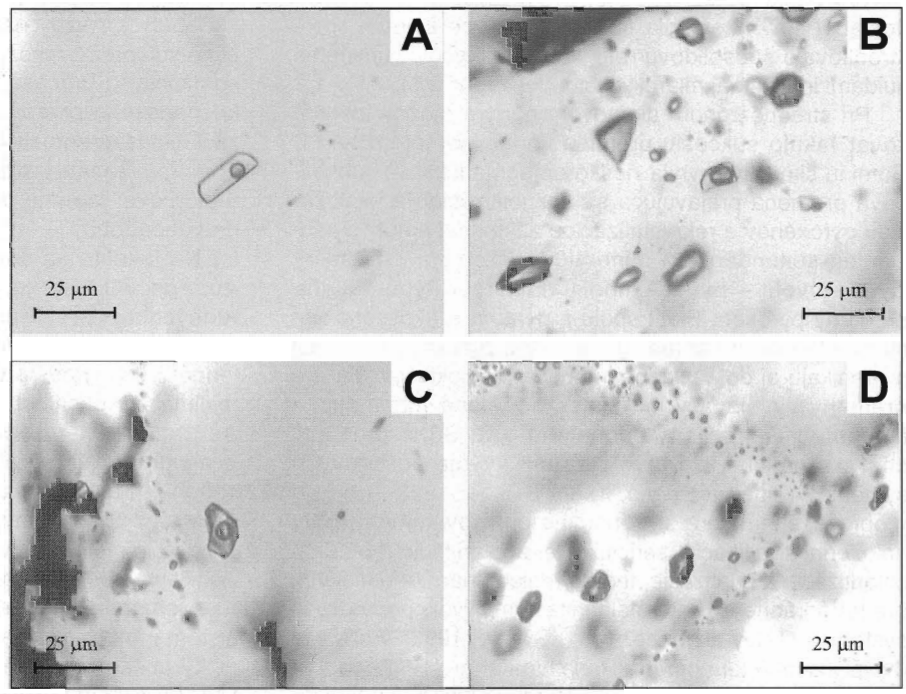
Štúdiom fluidných inklúzií z kremenno-karbonátových žiliek v dioritovom porfýre sa zistili primárne plynno-kvapalné inklúzie s homogenizačnou teplotou 230–270 °C a s nízkou salinitou (0–1,2 hm. % $NaCl_{ekv}$), čo svedčí o dominantne meteorickom pôvode fluíd, kde samotná intrúzia dioritu v tomto štádiu pravdepodobne plnila už len úlohu tepelného zdroja pre asociujúci hydrotermálny systém (obr. 9, 10). Hojne sa tam vyskytujú aj sekundárne inklúzie s dominantnou plynnou fázou bohatou najmä na CO_2 (s teplotou topenia CO_2 –57,7 až –57,0 °C) so salinitou 3,0–18,7 hm. % $NaCl_{ekv}$ a s úplnou homogenizáciou pri 230–303 °C (vždy na plyn) Zdroj týchto mladších fluíd bohatých na CO_2 možno hľadať najskôr v kontaktnometasomatických procesoch s polohami dolomitu a vápenca krížňanského príkrovu a zvýšenú salinitu v heterogenizácii fluida. Magmatický pôvod je pre ich pomerne nízku homogenizačnú teplotu a všeobecne malý obsah CO_2 v dioritovej magme (Hedenquist a Arribas, 1999) málo pravdepodobný.

Na lokalite sa sústavne analyticky sledoval obsah Au, spočiatku aj Ag, orientačne aj niektorých ďalších rudných prvkov. Spolu sa analyzovalo 536 vzoriek vrtného jadra z ložiskových vrtov. Priemerná kovnatosť jednotlivých vrtov sa vypočítala v troch alternatívach pre minimálnu kovnatosť okrajovej vzorky 0,2, 0,4 a 0,6 gt^{-1} Au. Iba pri alternatíve 0,6 gt^{-1} Au sa priemerný obsah v niektorých intervaloch jednotlivých vrtov približuje spodnej hranici požiadaviek na ekonomické kvalitatívne parametre pripovrchových Au ložísk – 1–1,5 gt^{-1} Au. Obsah Ag je minimálny, vo väčšine prípadov len okolo 0,2 gt^{-1} Ag. Pomer Au k Ag sa pohybuje okolo 1 : 1 Popri ďalších rudných prvkoch výsledky potvrdzujú porfýrový charakter zistenej mineralizácie (zvýšený obsah Zn, Cu, Pb a Mo, nízky obsah Ag a As). Pozoruhodný je obsah Mo vo vrte PLV-9b (0,032 % Mo) viažuci sa na mladopaleozoické sedimenty v bezprostrednej blízkosti ich kontaktu s dioritovým porfýrom.

Mineralizácia na Mačacom vrchu predstavuje typ Au-Cu porfýrovej mineralizácie (porovnaj Sillitoe, 1993). Obsah Au sa prevažne viaže na prostredie štoku, iba výnimočne i na bezprostredne priľahlé mladopaleozoické sedimenty Distribúcia obsahu Au je krajne nerovnomerná. Ekonomicky zaujímavý obsah nad 1 gt^{-1} Au sa zistil iba v jedinom prieskumnom reze smeru 140° (vrty PLV-1b, PLV-1c – obr. 4), ale veľkosť tohto zlatonosného telesa sa pohybuje iba v desiatkach m. Napriek hustej sieti rozličné orientovaných ložiskových vrtov sa analogické zlatonosné telesá na lokalite nezistili. Mineralizácia sa vyvinula výhradne v oxidačnej zóne, kde sa prejavy sekundárnych cementačných procesov vedúcich k obohateniu pôvodného obsahu Au nenašli Au mineralizáciu na Mačacom vrchu pokladáme iba za ekonomicky bezvýznamný mineralogický výskyt. Výsledky špeciálnych mineralogických prác poukazujú na výrazné prejavy prográdneho štádia porfýrového systému, ale iba na rudimentárny vývoj retrográdneho štádia, a to vrátane naložených prejavov epitermálnej mineralizácie. Z toho možno usudzovať, že si štok dioritového porfýru nezachoval napojenie na mohutnejší magmatický zdroj fluíd a retrográdne štádium sa obmedzilo iba na zvyškové fluidá štoku zmiešané s fluidami meteorického pôvodu.

Au mineralizácia carlinského typu

Au mineralizáciu carlinského typu v telesách hydrotermálne silicifikovaného dolomitu krížňanského príkrovu na lokalite Psí vrch (obr. 3B) už skôr zistil Knésl a Knéslová (2002). Viaže sa na hydrotermálne silicifikované kavernózne ramsauské dolomity brekciovitej textúry v prostredí oxidačnej zóny. Vypočítaný priemerný obsah



Obr. 9. Mikrofotografie typických fluidných inklúzií vyskytujúcich sa v kremeni v silicitoch z lokality Píla-Psí vrch a Sokolec (A, B) a v žilkách v diorite z lokality Píla-Mačací vrch (C, D). A – primárna plynno-kvapalná vodná inklúzia s prevahou kvapaliny. B – skupina sekundárnych plynno-kvapalných fluidných inklúzií – inklúzie majú rôzny stupeň zaplnenia, čo dokumentuje heterogenizáciu fluida (pravdepodobne var), C – primárna plynno-kvapalná vodná inklúzia s prevahou kvapaliny. D – skupina sekundárnych plynných fluidných inklúzií

Fig. 9. Microphotographs of typical fluid inclusions occurring in silicites (jasperoids) at the localities Píla-Dog Hill and Sokolec (A, B) and in veinlets in diorite at the locality Píla-Cat Hill (C, D). A – primary vapor/liquid water inclusion with prevailing liquid. B – group of secondary vapor/liquid fluid inclusions, a variable degree of filling implies heterogenization of the fluid (probably boiling). C – primary vapor/liquid water inclusion with prevailing liquid. D – group of secondary vapor fluid inclusions.

Au v jednotlivých vrtoch pri minimálnej hodnote okrajovej vzorky 0,6 gt^{-1} Au (maximálne 0,98 gt^{-1} Au; 25,32 gt^{-1} Ag) sa približuje spodnej hranici kvalitatívnych parametrov pripovrchových Au ložísk tohto typu. Vypočítaná priemerná hrúbka je však veľmi nízka (do 1,5 m) a kvantitatívne parametre zodpovedajú iba ekonomicky bezvýznamným výskytom drahokovovej mineralizácie. Na rozdiel od porfýrového typu mineralizácie na Mačacom vrchu obsah Ag predstavuje významný vedľajší prvok (pomer Au : Ag sa pohybuje okolo 1 : 25).

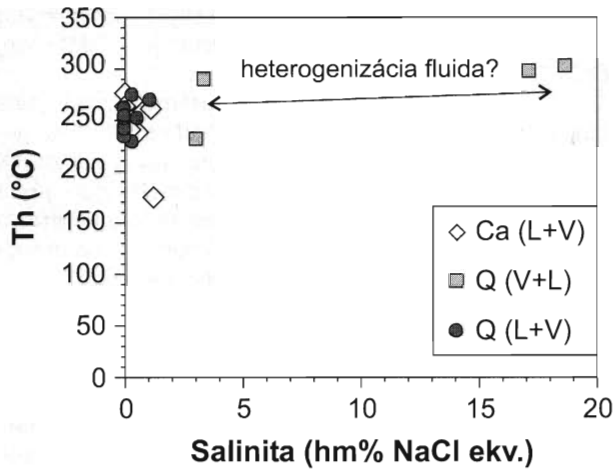
Rudná mineralizácia sa viaže predovšetkým na kremenné žilky (obr. 8A, 8B) s oxidmi a hydroxidmi Fe a na puklinky a priestory s výskytom oxidov a hydroxidov Fe zemitého vzhľadu. Najhojnejším rudným minerálom je pyrit (obr. 8C, 8D). Viaže sa hlavne na kremenné žilky a intenzívne ho zatláčajú už spomínané oxidy a hydroxidy Fe. Vyskytuje sa v asociácii s arzenopyritom, skoroditom a veľmi zriedkavým viditeľným zlatom (obr. 8E, 8F), v intenzívne silicifikovaných zónach s ceruzitom. Podľa výsledkov elektrónovej mikroanalýzy obsahuje od 0,12 do 0,15 hm. % As, od 0,01 do 0,08 hm. % Cu, od 0 do 0,92 hm. % Sb, od 0,02 do 0,07 hm. % Ag a od 0 do 0,11 hm. % Bi. Zlato vo viditeľnej podobe sa zistilo v suchých šlichoch z drveného intenzívne silicifikovaného a limonitizovaného dolomitu so stanoveným vysokým obsahom Au. Podľa elektrónovej mikroanalýzy zlato obsahuje 2,06 hm. % Ag, 2,14 hm. % Cu a 0,02 hm. % Te.

Nápadným geologicko-metalogenetickým fenoménom lokality je rozsiahly povrchový výskyt úplne silicifikovaného dolomitu (jasperoidov) na V od kóty 521 m na sz. okraji Psieho vrchu (obr. 3B). Ide o najrozsiahlejšie pásmo jasperoidov v celom prieskumnom území. Tieto horniny sú pórovité a/alebo brekciovitej textúry, s množstvom žiliek oxidov a hydroxidov Fe, ako aj s hydrotermálnym kremeňom v podobe žiliek a kryštálikov v drúzovitých dutinkách, ale napriek tomu majú iba stopový obsah Au. Negatívne výsledky sa potvrdili aj orientačnými vrtmi. Obsah okolo 2,0 gt^{-1} Au a vyšší, aký sa v niektorých vrtoch zistil, je zrejme náhodným prejavom lokálnej cementácie v oxidačnej zóne. Vo východnej časti Psieho vrchu v miestach, kde sily dioritových porfýrov prenikajú do prostredia sedimentov hronika, ale aj krížňanského príkrovu, sa zistili iba bezvýznamné prejavy Au mineralizácie. Je však zaujímavé, že aj tieto prejavy, priestorovo blízke lokalite Mačací vrch, sprevádza zvýšený obsah Ag, čo zodpovedá skôr carlinskému typu mineralizácie.

Au mineralizáciu carlinského typu na Konskom vrchu indikuje povrchový výskyt zlatonosných jasperoidov (až 6,0 gt^{-1} Au) v jeho strednej a severnej časti (obr. 3C). Obdobne ako v oblasti Psieho vrchu i tu býva obsah Au

Tab. 1
Priemerná kovnatosť vrtov na lokalite Konský vrch (okrajová vzorka 0,6 gt^{-1} Au)
Average metal content in drills from locality Horse Hill (cut-off sample 0.6 gt^{-1} Au)

vrt	mineralizovaný interval (m)	mineralizovaná hrúbka (m)	Au (gt^{-1})	Ag (gt^{-1})
PLV-7a	11,0–11,8	0,8	0,88	27,40
PLV-7b	38,2–104,0	2,8	2,80	102,54
PLV-7c	15,3–16,0	0,7	0,88	17,40
PLV-13	18,2–27,3	2,8	2,40	53,72
PLV-13a	69,0–69,8	0,8	0,62	8,40
PPGV-17	3,0–4,2	1,2	4,04	104,40
PPGV-18	2,2–2,9	0,7	1,12	88,00
PPGV-20	12,3–21,7	1,2	1,16	35,83
PVP-8	88,5–90,0	1,5	0,96	7,60
PVP-9	9,0–19,5	3,0	0,81	37,50



Obr. 10. Sumárny diagram homogenizačnej teploty (Th) a salinity fluidných inklúzií s prevahou kvapalnej fázy (L + V) a plynnej fázy (V + L) v kremeni (Q) a karbonáte (Ca) zo žiliek v diorite na lokalite Mačací vrch. Sekundárne, na plyn bohaté inklúzie s CO_2 majú niekedy zvýšenú salinitu, čo môže byť výsledok heterogenizácie tohto fluida.

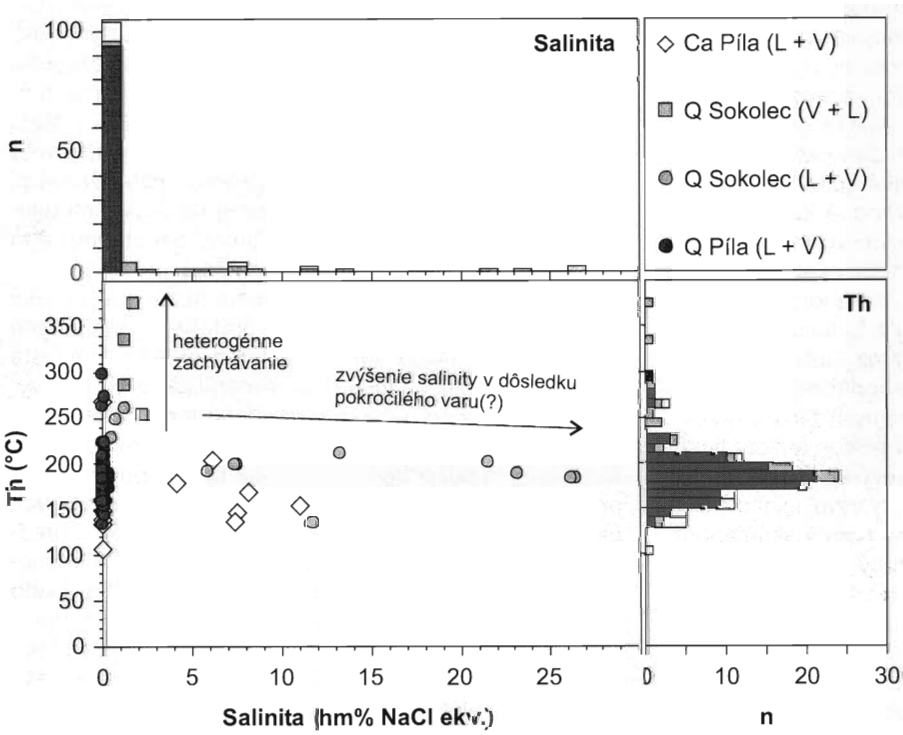
Fig. 10. Summary diagram of homogenization temperature (Th) vs. salinity of liquid dominated fluid inclusions (L + V) and vapor dominated fluid inclusions (V + L) in quartz (Q) and carbonate (Ca) in veinlets in diorite at the locality Píla-Cat Hill. Secondary vapor dominated fluid inclusions with CO_2 show sometimes increased salinity implying a possible heterogenization of the fluid.

sprevádzaný významným obsahom Ag (až 500 gt^{-1} Ag v 0,5 m hrubej polohe vo vrte PLV-7b). Nositeľom Au-Ag mineralizácie je pórovitý, kavernózny intenzívne silicifikovaný dolomit brekciovitej textúry (obr. 4). Priemerný obsah Au a Ag v jednotlivých vrtoch (pri minimálnej kovnatosti okrajovej vzorky 0,6 gt^{-1} Au) je v tab. 1 a zodpovedá kvalitatívnym ekonomickým parametrom týchto typov drahokovových ložísk (1,86 gt^{-1} Au, 56,61 gt^{-1} Ag). Priemerná hrúbka mineralizovaných polôh je však veľmi nízka a ich vzájomná prepojiteľnosť problematická (obr 4).

Orientačne sa sledoval aj obsah niektorých ďalších rudných prvkov. Zvýšený obsah Pb (až 0,29 %) sa azda viaže na ceruzit, ktorý na lokalite zistila Michňová (2004). Zaujímavý vyšší obsah Te vo vrte PLV-7 (0,073 ppm). Výrazne vyšší obsah As, Sb a Hg je pre mineralizáciu carlinského typu charakteristický. Obsah As (až 0,042 %) naznačuje prítomnosť arzenopyritu a skoroditu. Napriek vysokému obsahu Ag sa okrem sporadického akantitu a freibergitu (Háber et al., 2004) samostatné minerály Ag identifikovať nepodarilo. Mimoriadne vysoký obsah Ag sa zistil vo vyseparovanom pyrite z vrtu PLV-7b (1695 gt^{-1} Ag). Priemerný pomer Au : Ag sa pohybuje okolo 1 : 30. Obdobne ako v prípade Psieho vrchu možno predpokladať, že mladá poklesová tektonika smeru SZ–JV slúžila ako prístupová cesta hydrotermálnych roztokov z prostredia neogénnych magmatitov do priestoru lokality.

Distribúcia drahokovovej mineralizácie v silicifikovanom dolomite je extrémne variabilná a nezistil sa ani priamy korelačný vzťah medzi obsahom hydrotermálneho SiO_2 v ňom a obsahom Au a Ag. Mineralizácia sa vyvinula v oxidačnej zóne s pravdepodobnými prejavmi lokálnej cementácie (plytký geochemický vrt PPGV-17, 18 a 20 v jv časti lokality). Prejavy Au-Ag mineralizácie sa zistili vo vertikálnom rozsahu takmer 100 m (obr. 5), čo poukazuje na určité perspektívy výskytu.

Fluidné inklúzie zo silicifikovaných karbonátov (v kremeni a karbonáte) sa mikrotermometricky študovali na



Obr. 11. Sumárne diagramy homogenizačnej teploty (Th) a salinity fluidných inklúzií v kremeni (Q) a karbonáte (Ca) silicitov. Na vzorke zo Sokolca sa zistili prejavy heterogenizácie fluida vo forme sekundárnych inklúzií v kremeni, s čím pravdepodobne súvisí aj výskyt inklúzií so zvýšenou salinitou v tejto vzorke.

Fig. 11. Summary diagrams of homogenization temperature (Th) vs. salinity of fluid inclusions in quartz (Q) and carbonate (Ca) in silicites. A sample from the locality Sokolec shows heterogenization of the fluid in the form of secondary inclusions in quartz. That might be a cause for the occurrence of inclusions with increased salinity in this sample.

vzorkách z lokality Píla-Psí vrch, Konský vrch a Veľké Pole-Sokolec (obr. 9, 11). Štúdium potvrdilo nízkotermálnu mineralizáciu, lebo veľká väčšina primárnych plynno-kvapalných inklúzií tam homogenizovala pri 150–210 °C. Zároveň salinita fluíd väčšinou nedosahuje ani 0,5 hm. % $NaCl_{ekv}$, čo indikuje dominantne meteorický pôvod fluíd pri tvorbe silicitov. Zvýšená salinita sa zistila len pri inklúziách v jednej zo vzoriek zo Sokolca (až do 26 hm. % $NaCl_{ekv}$), ale jej súčasná prítomnosť s inklúziami s prevahou plynnej fázy indikuje ich súvislosť s heterogenizáciou fluida – zvýšenie salinity je výsledkom pokročilého varu fluida. Pritom var fluida pri teplote ~200 °C a hydrostatickom tlaku zodpovedá hĺbke okolo 160 m (Haas, 1971). Precipitáciu sulfidov a Au vyvolal pokles teploty fluíd, ich miešanie s meteorickou vodou a lokálne i var fluíd. Nízku salinitu (do 2,6 hm. % $NaCl_{ekv}$) a homogenizačnú teplotu (180–240 °C) v silicitoch z lokality Veľké Pole-Sokolec zistil už Oružinský et al (1994).

Skúmané výskyty mineralizácie carlinského typu na lokalite Veľké Pole-Sokolec a Píla nemajú všetky charakteristické znaky carlinského typu mineralizácie, aké sa uvádzajú z typovej oblasti v Nevade (Arehart, 1996; Hofstra a Cline, 2000; Sillitoe a Hedenquist, 2003). Geotektonický režim je v podstate zhodný – intenzívna zaoblúková extenzia sprevádzaná alkalicko-vápenatým magmatizmom je charakteristická aj pre stredoslovenský región (Lexa a Konečný, 1998) a nechýbajú ani zlomové pásma schopné priviesť fluidá do podpovrchovej úrovne. Na rozdiel od typovej oblasti v Nevade geologická stavba centrálnych Západných Karpát v oblasti styku veporika a tatrika nedáva možnosť hlboko zavlečených sedimentárnych sekvencií vrátane súvrství čiernych bridlíc. Chýba tak dominantný zdroj H_2S, CO_2 a kovov vrátane zlata. Nízky obsah Fe (v priemere 0,2–0,4 %; Marsina et al., 1999) má aj horninové prostredie – strednotriasové vápencové a dolomitové telesá. Na efektívnu precipitáciu Au ako výsledku sulfidizácie teda nie sú predpoklady (to sa odráža aj v celkove malom množstve pyritu sprevádzajúceho mineralizáciu). S ohľadom na zistené fakty a celkovú geologickú koncepciu je pravdepodobné, že v našom prípade ide o vzdialené nižšieteplotné a plytké epitermálne systémy metasomaticky zatláčajúce vhodné karbonátové prostredie. Tie boli iniciované mohutnými vulkanoplutonickými systémami štiavnického a kremnického vulkánu a využili okrajové zlomové systémy vulkanotektonických grabenov na výstup rudonosných fluíd. Lokalizáciu mineralizácie mohol ovplyvniť erozívny zrez alebo efektívny pokles hladiny spodnej vody v karbonátových súvrstviach, ktorý usmernil tok hydrotermálnych fluíd. Precipitáciu sulfidov a zlata zrejme vyvolal pokles teploty fluíd, ich miešanie s meteorickou vodou, nevýrazná sulfidizácia a lokálne aj var fluíd. Pre uvedené fakty vývoj ekonomicky zaujímavej mineralizácie carlinského typu v skúmanom území považujeme za nepravdepodobný.

Záver

Napriek tomu, že vykonané práce nepriniesli pozitívne výsledky v podobe vyhľadania pripovrchového ložiska Au rúd ekonomického významu, poskytli rad cenných poznatkov o charaktere Au mineralizácie v rázdielskej časti Tribeča.

Vo východnej časti prieskumného územia sa na lokalite Mačací vrch zistila Au mineralizácia porfýrového typu geneticky sa viažuca na prostredie malého štoku dioritových porfýrov. Kvalitatívne parametre vyhľadaného typu sú na spodnej hranici ekonomickej využiteľnosti, ale množstvo rudy je také malé, že mineralizácia má hodnotu iba ekonomicky bezvýznamného mineralogického výskytu.

Overované výskyty Au mineralizácie carlinského typu na Psom vrchu priniesli negatívne výsledky. Aj tam je overená mineralizácia iba bezvýznamným mineralogickým výskytom. Čiastočne pozitívne výsledky sú z lokality Konský vrch. Priemerná kovnatosť tam zodpovedá kvalitatívnym požiadavkám na tento typ ložísk, ale priemerná hrúbka mineralizovaných úsekov je nízka, úseky sú ťažko prepojiteľné a celkové vypočítané množstvo rudy (okolo 210 000 t, čo je približne 390 kg Au a 12 000 kg Ag) zodpovedá iba ložiskovému výskytu drahokovovej mineralizácie (v zmysle veľkostnej klasifikácie drahokovových rúd; Tréger a Baláž, 1999).

Tieto dva typy Au mineralizácie sa od seba veľmi odlišujú morfológiou rudných telies aj chemizmom. Kým obsah Ag je pri porfýrovom type zanedbateľný, obsah Ag v carlinskom type je ekonomicky významnou vedľajšou zložkou. Obidva typy sú dobre identifikovateľné geochemicky, pôdnou a horninovou metalometriou. Porfýrová mineralizácia sa jednoznačne indikovala anomálnym obsahom Au v pôde bezprostredne v nadloží rudonosného štoku a mineralizácia carlinského typu menej výraznými pôdnymi a výraznými horninovými anomáliami Au. Rozdiely v povahe anomálií súvisia nielen s charakterom vystupovania jednotlivých typov hornín, ale aj s odlišnou morfológiou rudných telies.

Aj keď je vyhľadaná Au mineralizácia porfýrového typu z ekonomickej stránky bezvýznamná, poukazuje na prognózne možnosti intruzívnych komplexov andezitových a dioritových porfýrov v pásme Nová Baňa – Malá Lehota – Župkov – Prochot. V budúcnosti by sa týmto potenciálne zlatonosným komplexom mala venovať primeraná pozornosť, a to najmenej na úrovni metalogenetického výskumu a orientačného geochemického prieskumu (obsah Au v pôde a horninách).

Pri carlinskom type Au-Ag mineralizácie výsledky prác na lokalite Konský vrch v podobe vypočítaných prognóznych zdrojov Au-Ag v kat. P-1 poukazujú na isté prognózne možnosti tohto typu mineralizácie. Aj keď vyhľadaný ložiskový výskyt zodpovedá iba kvalitatívnym ekonomickým parametrom a vonkoncom nedosahuje kvantitatívne požiadavky na ložiská tohto typu, výsledky prieskumu ukazujú, že v karbonatických súvrstviach blízko stredoslovenských neovulkanitov sú reálne predpoklady výskytu malých drahokovových ložísk carlinského typu s kapacitou 2–5 t Au a 60–100 t Ag. Preto možno odporučiť orientačné geochemické ovzorkovanie všetkých hydrotermálne silicifikovaných karbonatických hornín nielen v priestore Tribeča, ale v celej oblasti stredoslovenských neovulkanitov.

Na záver je našou milou povinnosťou vyjadriť úprimné poďakovanie majiteľovi spoločnosti Geo Technic Consulting Bratislava RNDr. Dušanovi Obernauerovi, CSc., za umožnenie zverejniť tento príspevok.

Literatúra

AREHART, G. B., 1996: Characteristics and origin of sediment-hosted disseminated gold deposits: A review. *Ore Geology Reviews, 11, 383–403.*

HASELTON, H. T., HOVIS, G. L., HEMINGWAY, B. S. & ROBIE, R. A., 1983: Calorimetric investigation of excess entropy of mixing in albite--sanidine solid solutions: Lack of evidence for Na, K, short-range order and implications for two-feldspar thermometry. *Amer. Mineralogist, 68, 398–413.*

HAAS, J. L., 1971: The effect of salinity on the maximum thermal gradient of a hydrothermal system at hydrostatic pressure. *Econ. Geol., 66, 940–946.*

HÁBER, M., JELEŇ, S. & HUDEC, N., 2004: Čiastková správa o mineralogickom a petrografickom štúdiu (príl. 9). *In: J. Knésl & A. Knéslová: Záverečná správa z geologickej úlohy Tribeč--Rázdiel (Au mineralizácia), stav k 31. 5. 2004. Manuskript – archív ŠGÚDŠ Bratislava, 28.*

HEDENQUIST, J. W. & ARRIBAS, A., 1999: Epithermal gold deposits: I. Hydrothermal processes in intrusion related systems, II. Characteristics, examples and origin of epithermal gold deposits. *In: F. Molnár, J. Lexa & J. W. Hedenquist (eds.): Epithermal mineralization of Western Carpathians. Society of Economic Geologists guidebook series, 31, 13–63.*

HOFSTRA, A. H. & CLINE, J. S., 2000: Characteristics and models for Carlin-type gold deposits. *In. S. G. Hagemann & P. E. Brown (eds.): Gold in 2000. Reviews in Economic Geology, 13, 163–220.*

IVANIČKA, J., POLÁK, M., HÓK, J., HATÁR, J., GREGUŠ, J., VOZÁR, J., NAGY, A., FORDINÁL, K., PRISTAŠ, J., KONEČNÝ, V. & ŠIMON, L., 1998: Geologická mapa Tribeča 1 : 50 000. *GSSR Bratislava.*

IVANIČKA, J., HÓK, J., POLÁK, M., HATÁR, J., VOZÁR, J., NAGY, A., FORDINÁL, K., PRISTAŠ, J., KONEČNÝ, V., ŠIMON, L., KOVÁČIK, M., VOZÁROVÁ, A., FEJDIOVÁ, O., MARCIN, D., LIŠČÁK, P., MACKO, A., LANC, J., ŠANTAVÝ, J. & SZALAIOVÁ, V., 1998: Vysvetlivky ku geologickej mape Tribeča 1 : 50 000. *Bratislava, Vyd. D. Štúra, GSSR, 247.*

KNÉSL, J. & KNÉSLOVÁ, A., 1995: Slovensko – impregnačné Au rudy v silicifikovaných horninách. Štúdia, stav k 31. 3. 1995. *Manuskript – archív ŠGÚDŠ Bratislava, 227.*

KNÉSL, J. & KNÉSLOVÁ, A., 2002: Zlatá mineralizácia v tribečskom rudnom rajóne. *Mineralia Slov., 34, 181–190.*

KNÉSL, J. & KNÉSLOVÁ, A., 2004: Záverečná správa z geologickej úlohy Tribeč-Rázdiel (Au mineralizácia), stav k 31. 5. 2004. *Manuskript – archív ŠGÚDŠ Bratislava, 88.*

KODĚRA, P. & LEXA, J., 2004. Genéza mineralizácií Tribeč-Rázdiel (osobitné prieskumné územie Píla). Čiastková správa. *In: J. Knésl & A. Knéslová: Záverečná správa z geologickej úlohy Tribeč-Rázdiel (Au mineralizácia), stav k 31. 5. 2004. Manuskript – archív ŠGÚDŠ Bratislava, 26.*

LEXA, J. & KONEČNÝ, V., 1998: Geodynamic aspects of the Neogene to Quaternary volcanism. *In. M. Rakús (ed.): Geodynamic development of the Western Carpathians Bratislava, GSSR, 219–240.*

LEXA, J., BEZÁK, V., ELEČKO, M., ELIÁŠ, M., KONEČNÝ, V., LESS, Gy., MANDL, G. W., MELLO, J., PÁLENSKÝ, P., PELIKÁN, P., POLÁK, M., POTFAJ, M., RADÓCZ, Gy., RYLKO, W., SCHNABEL, G. W., STRÁNÍK, Z., VASS, D., VOZÁR, J. & ZELENKA, T., 2000: Geologická mapa Západných Karpát a priľahlých území 1 : 500 000. *Bratislava, GSSR.*

MARSINA, K., BODIŠ, D., HAVRILA, M., JANÁK, M., KÁČER, Š., KOHÚT, M., LEXA, J., RAPANT, S. & VOZÁROVÁ, A., 1999: Geochemický atlas Slovenskej republiky. Časť III. Horniny. *Bratislava, GSSR, 135.*

MICHŇOVÁ, A., 2004: Impregnačná hydrotermálna mineralizácia v okolí Píly, Tribeč. [Diplomová práca.] *Bratislava, Prírodovedecká fakulta UK, 70.*

ORUŽINSKÝ, V., KNÉSLOVÁ, A., JULÉNYOVÁ, E., ZLOCHA, M., RAJNOHA, R. & ANTAL, B., 1994. Prejavy impregnačnej Au mineralizácie v rázdielskom bloku Tribeča. *Mineralia Slov., 26, 20–29.*

POLÁK, S., 1971: Zlatá mineralizácia pri skýcovskom zlome na SZ svahoch Tribeča pri Klížskom Hradišti. *Mineralia Slov., 3, 63–64.*

POLÁK, S., HANAS, P. & RAK, D., 1985: Regionálna geochémia Západných Karpát – pohorie Tribeč. Čiastková správa, stav k 31. 12. 1985. *Manuskript – archív ŠGÚDŠ Bratislava, 84.*

SILLITOE, R. H., 1993: Gold-rich porphyry copper deposits: Geological model and exploration implications. *In: R. V. Kirkham, W. D. Sinclair, R. I. Thorpe & J. M. Duke (eds.): Mineral deposit modeling. Geol. Assoc. Canada, Special Paper, 40, 465–478.*

SILLITOE, R. H. & HEDENQUIST, J. W., 2003: Linkages between volcanotectonic settings, ore-fluid compositions and epithermal precious--metal deposits. *In: S. F. Simmons & I. J. Graham (eds.): Volcanic, geothermal and ore-forming fluids. Rulers and witnesses of processes within the Earth. Society of Economic Geologists and Geochemical Society, Special Publication, 10, 315–343.*

TITLEY, S. R. & BEANE, R. E., 1981: Porphyry copper deposits. *In: B. J. Skinner (ed.). Econ. geol., 75th Anniv. Vol., 214–269.*

TRÉGER, M. & BALÁŽ, P., 1999: Geologicko-ekonomické hodnotenie ložísk a výskytov zlata na Slovensku. *Mineralia Slov., 31, 3–4, 187–192.*

Rukopis doručený 10. 7. 2006
Revidovaná verzia doručená 24. 7. 2006
Rukopis akceptovaný 21. 2. 2006

Results of exploration for gold at the locality Píla, the Rázdiel part of the Tribeč mountain range

The Píla license area (LA) is situated in the northeastern Rázdiel part of the Tribeč mountain range, close to the contact of sedimentary basement units with Neogene volcanites (Fig. 1). During the years 2002–2004 a government exploration program has been carried out at this area with an intention to discover and verify a gold deposit of economic parameters close to the surface. Ministry of Environment has contracted the work with the Slovak private company Geo-Technic Consulting Ltd. This paper deals with essential results of the exploration program.

Exploration took place at three localities within the LA (Fig. 2). The Cat Hill locality is situated at the eastern part of the LA. At this locality a diorite porphyry stock is emplaced in Upper Carboniferous sedimentary rocks of the

Hronicum nappe – shales, sandstones, arkoses, conglomerates (Fig. 3A). At the Dog Hill and Horse Hill localities Triassic limestones and dolomites of the Krížna nappe dominate (Figs. 3B, 3C). Rocks are locally affected by hydrothermal silicification transforming limestones and dolomites into jasperoids.

At the Cat Hill locality drilling based on geochemical anomalies confirmed a presence of the porphyry-type gold mineralization (Fig. 4), up to now unknown in the region. It is hosted by altered diorite porphyry. The high temperature potassic alteration with actinolite, biotite and orthoclase was followed by the retrograde stage hydrothermal alteration with quartz, sericite and pyrite as the main alteration minerals. Mineralization occurs as disseminated grains and/or irregular network of quartz and quartz-carbonate veinlets. Pyrite is accompanied by minor chalcopyrite, molybdenite and gold of high fineness. Fluid inclusion study of late stage quartz – adularia and quartz–carbonate veinlets points to very low salinity fluids with homogenization temperatures 230–270 °C. The average gold contents at intervals with 0.6 gt^{-1} Au cut-off reach values 1.0–1.5 gt^{-1}. However, amount of the ore with such the parameters is rather small – so the explored mineralization can be classified only as the mineralogical occurrence of gold.

At the Dog Hill and Horse Hill localities (Figs. 3B, 3C) occurrences of the Carlin-type Au mineralization have been explored. Au mineralization is hosted by the Middle Triassic limestones and dolomites affected by dissolution and silicification that resulted in formation of silicified breccias and jasperoids (Fig. 5). Ever-present pyrite appears as disseminated grains and/or as quartz–pyrite veinlets. It is accompanied by the minor arsenopyrite, scorodite and gold. Chemical analyses imply also the presence of minor Ag, Cu, Pb and Sb. Fe oxides and hydroxides appear as the products of sulfide oxidation. Fluid inclusion study implies very low salinity fluids with homogenization temperatures 150–210 °C. Boiling of fluids has been observed locally. Results of exploration at the Dog Hill locality were negative. At the Horse Hill locality calculated average metal content of the richest mineralized intervals reaches 1.86 gt^{-1} Au and 56.6 gt^{-1} Ag, however, the average thickness is very low (1.5 m) and the total amount of the ore is very small (roughly 210,000 tons = 390 kg Au and 12 000 kg Ag). Such the amount and grade of Au and Ag correspond to the sub-economical very small Au-Ag deposit (Fig. 5).

Both explored types of gold mineralization differ not only by morphology but also in their ore composition. Ag content of the porphyry-type Au mineralization at the Cat Hill is insignificant. The Ag content of the Carlin-type Au mineralization at the Horse Hill locality is high and represents an important component of the ore (about 55.0 gt^{-1} Ag).

Exploration at the Píla license area has not been successful regarding a discovery of mineable ore reserves. However, results point to a possible occurrence of such minor deposits in broader surroundings. This is valid especially in the case of newly discovered porphyry-type Au mineralization hosted by altered diorite porphyry. We know from earlier geological mapping, that similar diorite porphyry stocks occur in the zone Nová Baňa – Malá Lehota – Župkov – Prochot. Further metallogenetic research and exploration in the zone by means of soil and rock geochemistry is strongly recommended.

Mineralia Slovaca, 38 (2006), 215–218

Svetová ťažba zlata a trendy jeho ceny na prahu tretieho tisícročia

JURAJ ĎUROVE[1], JULIÁN KONDELA[1] a JOZEF SLAVKOVSKÝ[2]

[1]Fakulta BERG TU, Letná 9, 043 84 Košice
[2]SBS pri Fakulte BERG TU Košice, Letná 9, 043 84 Košice

World gold production and trends of its price at the beginning of the 3rd millenium

This article deals with trends of world production of gold and the movement of gold prices at the turn of the 3rd millenium. Equally the gold in this period fills the basic role in jewellery and banking but more rised up of material need in electrical and others industries of different countries. This consumers demand results in higher yearly production of gold, which was 2000 tonnes in 1990, and in 1998 it was even 2500 tonnes. Overview of the world production of gold is displayed in presented paper The prices of gold are in US-dollars per troy ounce and they are shown in graphs. The analysis of world prices trends of gold and its world production, beside of free market economy, influences the political decisions and world situation. Making forecasts for next trend of world gold prices is for mining experts and geologists very difficult or even unreal task. In this case it is the task nearly for analytic professionals and economists.

Key words: gold, world gold production, main gold producers, world gold price, prognostic gold resources, total gold reserves

Úvod

Po konferencii Zlato na Slovensku v Banskej Štiavnici 15.–18. júna 1999, teda na konci druhého tisícročia, ktorá pripomenula starú slávu slovenského drahokovového baníctva, ale aj jeho útlm zapríčinený klesaním svetovej ceny zlata (Háber et al., 1999), teraz prišiel nový impulz, ktorý dáva nádej na obnovu ťažby zlata na Slovensku. Stimulom je svetová cena zlata, ktorá po veľkom poklese začala začiatkom 3. tisícročia rásť a v súčasnosti dosahuje nové maximá. Uvedené fakty sa odzrkadľujú v celosvetovej ťažbe zlata i v ťažbe jednotlivých krajín. Vyššiu produkciu umožňujú nové ekonomické podmienky čiže rentabilita ťažby a výroba tohto kovu, ako aj technologické zlepšenia dotýkajúce sa exploatácie aj spracúvania. Súčasná expanzia ťažby zároveň núti ťažiarov aj celé krajiny zintenzívňovať ťažobný a ďalší prieskum exploatovaných ložísk zlata, ako aj hľadať nové indície a ložiskové štruktúry

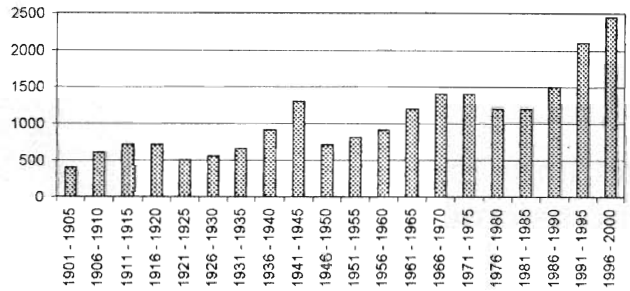
Na druhej strane odbyt zlata pre jeho pomerne vysokú cenu, ktorá nepriamo odráža svetovú krízu vyvolanú teroristickým útokom na USA 11. septembra 2001, vojnou v Iraku, ako aj ďalšími konfliktmi a prírodnými katastrofami, do istej miery stagnuje. Situáciu komplikujú predovšetkým energetické suroviny, t. j. ropa a zemný plyn, ktorých cena prudko vzrástla, čo významne pozitívne aj negatívne ovplyvňuje ekonomiku jednotlivých krajín sveta, ale nepriamo aj svetovú cenu zlata. Aj keď zlato na prahu 3. tisícročia má aj vyššie úžitkové poslanie, a to hlavne v elektrotechnike (Bakos a Chovan et al., 2004), naďalej plní aj svoju základnú funkciu v bankovníctve a klenotníctve, kde je aj v súčasnosti symbolom stability, bohatstva i krásy.

Svetová ťažba zlata na prelome tisícročí

Podľa našich poznatkov (Slavkovský et al., 1996; Slavkovský, 1999, 2000), ale najmä nových faktov o ťažbe zlata vo svete (Weber a Zsak, 1999, 2005), ako aj podľa relevantných výsledkov dostupných na Internete Geologickej služby USA (U. S. Geological Survey 2006) možno konštatovať nasledujúci stav.

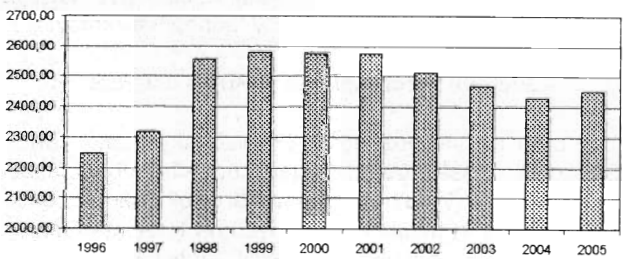
V 20. stor. svetová ťažba zlata postupne rástla (obr. 1). Na jeho začiatku bola niečo vyše 400 t, ale za prvej svetovej vojny už okolo 700 t. Vo veľkej hospodárskej kríze poklesla a po nej vrcholila za druhej svetovej vojny. Potom nastal nový pokles ťažby s jej postupným zvyšovaním, ktoré v rokoch 1961–1970 predstavovalo okolo 1400 t. Začiatkom 70. rokov 20. stor. pod vplyvom celosvetovej hospodárskej recesie ťažba mierne poklesla, ale v 80. rokoch výrazne vzrástla. V roku 1991 bola prekonaná hranica svetovej ročnej ťažby 2000 t a v roku 1998, čiže tesne pred koncom 2. tisícročia, 2500 t.

Prehľad svetovej ťažby zlata na prelome 2. a 3. tisícročia – v rokoch 1996–2005 – je na obr. 2 a prehľad podľa hlavných producentov v rovnakom období na obr. 3. Tab. 1 uvádza svetovú ťažbu zlata podľa krajín, ktoré sa na nej zúčastňujú aspoň jedným percentom (Weber a Zsak, 1999, 2005).



Obr. 1. Celková ťažba zlata (t) v rokoch 1901–2000.
Fig. 1. Total gold output (t) during 1901–2000.

Najväčším producentom zlata aj na prelome tisícročí je Južná Afrika, ale kým v 20. stor. ešte v roku 1983 ťažila 50 % (cca 668 t), v roku 1995 to bolo už iba 25 (okolo 522 t) a v roku 2003 iba 17 % (400 t) svetovej produkcie. Je to nesporne pokles súvisiaci s vyše storočnou ťažbou aj na najväčšom svetovom ložisku Witwatersrand, ako aj s tým, že sa objavujú nové genetické typy ložísk zlata (Kužvart et al., 1998) a že sa do popredia dostávajú aj nové krajiny, ktoré zvyšujú produkciu tohto drahého kovu. Pokles ťažby oproti roku 1996 zaznamenali aj USA, Austrália, Brazília a ďalšie krajiny, ale na druhej strane vzrástla ťažba v Peru, Číne, Rusku a v Uzbekistane (tab. 1). Pokiaľ ide o celkovú produkciu zlata, naplnili sa prognózy z polovice 90. rokov 20. stor. a svetová ročná ťažba v rokoch 1996–2005 kulminovala pri cca 2500 t (obr. 2).



Obr. 2. Svetová ťažba zlata (t) v rokoch 1996–2005.
Fig. 2. World gold output (t) during 1996–2005.

Svetová cena zlata

Svetová cena zlata odzrkadľuje ekonomickú stabilitu medzinárodných vzťahov, ale závisí aj od stavu surovinovej základne a ďalších faktorov ovplyvňujúcich úžitkovú hodnotu zlata priamo aj nepriamo (Slavkovský, 1999). V skutočnosti nie je svetová cena, ale ceny jednotlivých búrz, ktoré sú z celosvetového hľadiska obchodu so zlatom veľmi významné. Je to najmä Londýnska burza kovov (London Metal Exchange – LME), ako aj kotácie na americkom kontinente na Komoditnej burze kovov (Commodity Metals Exchange – COMEX), no aj na iných burzách, ale napriek tomu sa značná časť obchodu so zlatom vykonáva na základe dlhodobých kontraktov medzi výrobcami a odberateľmi formou tzv. producentských cien. Tieto ceny reagujú na zmenu burzových cien až nadväzne, t. j. v obdobiach cenového rastu zvýhodňujú odberateľa a cenového poklesu producenta, ale nereagujú na náhodné či krátkodobé výkyvy burzových cien. Kolísanie dopytu a nepružnosť ponuky patria medzi hlavné príčiny výkyvov ceny zlata, ale významne ich môžu ovplyvniť aj menové faktory a krízové situácie vo svete.

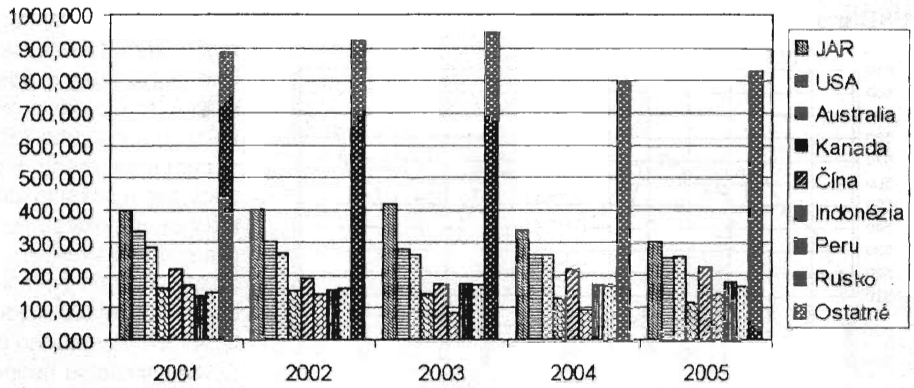
Vo svetovej ekonomike má dlhodobo rozhodujúce postavenie USD, a tak sa burzová a producentská cena zlata väčšinou kótuje v tejto mene. Svetová cena zlata sa udáva v USD za troyskú uncu (tr. oz = 31,1035 g). Od roku 1960, keď bola 35 USD, enormne stúpla na 360 (v roku 1980) až 480 USD (1987) za tr. oz. Jej nový pokles na 18,5-ročné minimum (288 USD za tr oz v decembri 1997), ako aj ďalšie okolnosti obchodu so zlatom podrobnejšie uvádza Slavkovský (1999).

Vývoj svetovej ceny zlata na konci 20. a začiatkom 21. stor. ilustruje obr. 4–6. Prehľad za roky 1996–2006 poskytuje obr. 4, detailnejšie variety so štrnásťdňovým intervalom za rok 2005 obr. 5 a s intervalom siedmich dní za prvý štvrťrok 2006 obr. 6. V nich uvedená cena zlata sa získala z Internetu na adrese www.kitco.com

Z obr. 4 vidno, že svetová cena zlata v roku 1997 po ekonomickej kríze vo východnej Ázii ďalej klesala a minimum 252,80 USD za tr. oz dosiahla 20. júla 1999. Potom prišiel istý cenový skok až na hranicu 320 USD, ale celý rok 2000 klesala a bola od 280 do 260 USD za tr. oz. Významným medzníkom sa stal začiatok marca 2001,

Tab. 1
Svetová ťažba zlata v roku 2003 podľa producentov
World gold output in 2003 according to producers

krajina	ťažba [kg]	% podiel	krajina	ťažba [kg]	% podiel
Južná Afrika (JAR)	420 000	17,01 %	Papua-Nová Guinea	62 000	2,51 %
USA	276 893	11,21 %	Mali	58 000	2,35 %
Austrália	262 000	10,61 %	Kolumbia	46 515	1,88 %
Peru	172 619	6,99 %	Tanzánia	45 000	1,82 %
Čína	170 000	6,88 %	Filipíny	37 844	1,53 %
Rusko	167 400	6,78 %	Brazília	37 000	1,50 %
Kanada	140 529	5,69 %	Chile	37 000	1,50 %
Uzbekistan	85 000	3,44 %	Argentína	29 744	1,20 %
Indonézia	82 370	3,34 %	Kazachstan	26 800	1,09 %
Ghana	67 000	2,71 %	Ostatné štáty	245 707	9,95 %
			Svet spolu	2 469 421	100,00 %

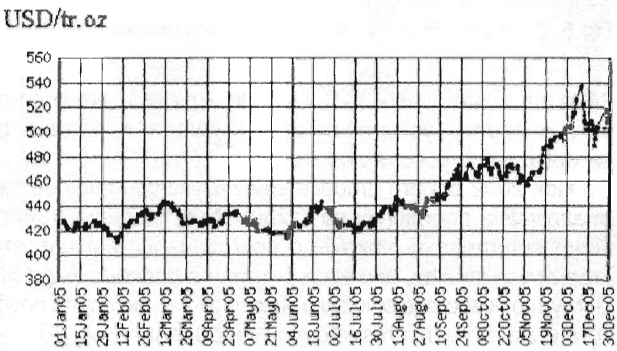


Obr. 3. Svetová ťažba zlata (t) a podiel hlavných producentov v rokoch 2001–2005.

Fig. 3. World gold output (t) and portion of main producers during 2001–2005.

Obr. 4. Svetová cena zlata v rokoch 1995–2006 (v USD za tr. oz).

Fig. 4. World gold prices during 1995–2006 (in USD).



Obr. 5. Svetová cena zlata v roku 2005 (v USD za tr. oz a s intervalom 14 dní).

Fig. 5. World gold prices in 2005 (in USD with period 14 days).

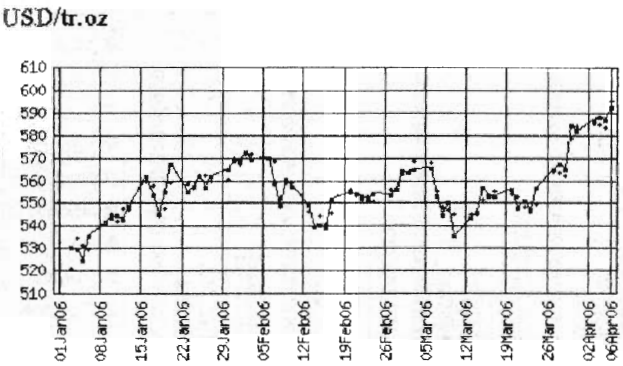
keď cena zlata začala plynulo stúpať (obr. 4 a 5) a v roku 2005 dosiahla hranicu cca 430 USD za tr. oz. Tento trend je ešte silnejší od augusta 2005 a 2. februára 2006 bola cena 572,15 USD za tr. oz (obr. 5 a 6).

Z analýzy vývoja svetovej ceny zlata, ale aj z trendu jeho svetovej produkcie vyplýva, že je zrkadlovým obrazom celkovej svetovej hospodárskopolitickej situácie. Prelom tisícročí znamenal veľké zmeny, ktoré sú výsledkom silnejúcej globalizácie sveta, čo na jednej strane prináša šírenie demokracie, ale na druhej vojnové konflikty (Irak a ďalšie krajiny) a novú hrozbu pre ľudstvo – terorizmus. Tieto javy sú navyše sprevádzané aj prírodnými katastrofami, a tak sa ľudstvo dostáva do veľmi zložitej situácie. Ekonomika vyspelých krajín nenapreduje tempom, na aké boli ich obyvatelia zvyknutí a rozvojové krajiny nepokračujú tak, aby mohli uspokojiť aspoň základné životné požiadavky svojho obyvateľstva. To začiatkom 3. tisícročia vyvolalo obavy o energetické zdroje, a tak ropa a s istým oneskorením aj zemný plyn zdraželi, čo sa odrazilo aj v cenách iných nerastných surovín. Osobitne výrazne sa to prejavilo pri zlate, ktorého cena od marca 2002 do marca 2005 stúpla z 300 na 430 USD za tr. oz a ešte väčšmi v priebehu roku 2005, keď dosiahla až hranicu 560 USD za tr. oz. Tento trend svetovej ceny zlata je novou renesanciou tohto kovu.

Začiatkom roku 1999 sa mohlo konštatovať, že vtedajšia cena 280–300 USD za tr. oz Au nie je hrozbou pre veľkých producentov, pretože mali zisk aj pri cene 260 USD za tr. oz v časti rokov 2000–2001 (obr. 4), ale malých producentov takáto nízka cena likvidovala. Príkladom je aj ložisko v Banskej Hodruši (Šály a Kaňa, 2003). V roku

Tab. 2
Overená zásoba a zistené prognózne zdroje hlavných svetových producentov zlata
(U. S. Geological Survey Commodity Summaries, January 2006)
Explored reserves and resources of the main producers of gold in the world

krajina	zásoba [t]	zdroje [t]	krajina	zásoba [t]	zdroje [t]
Južná Afrika (JAR)	6000	36 000	Rusko	3000	3500
Austrália	5000	6000	Kanada	1300	3500
USA	2700	3700	Indonézia	1800	2800
Čína	1200	4100	Ostatné štáty	17 500	26 300
Peru	3500	4100	Svet spolu	42 000	90 000



Obr. 6. Svetová cena zlata v prvom štvrťroku 2006 (v USD za tr. oz a s intervalom siedmich dní).

Fig. 6. World gold prices in 2006 first term (in USD with period 7 days).

2001 sa z neho ešte vyťažilo 300 kg zlata, ale potom sa z ekonomických príčin ťažba utlmila a v súčasnosti sa doťažuje zvyšková zásoba.

Rok 2002 bol pre producentov zlata novou nádejou na priaznivejšie podmienky na ťažbu, ale aj hľadanie a prieskum smerného a hĺbkového pokračovania jestvujúcich ložiskových štruktúr, ako aj na prognózne hodnotenie indícií. Dobrým príkladom je aj ložisko Kremnica-Au, ale najmä nové zdroje zlata hlavných svetových producentov (tab. 2).

Z prehľadu vychodí, že overená zásoba pri svetovej ročnej ťažbe cca 2500 t je dostatočná asi na 15 rokov a overené prognózne zdroje cca na 35 rokov, čiže dovedna na polstoročie. Ale na to, aby sa prognózne zdroje prehodnotili a získali štatút zásoby, bude treba značné finančné prostriedky. Pri súčasnej svetovej cene zlata budú ťažobné spoločnosti tento zámer plniť veľmi intenzívne, aby si zabezpečili dlhodobú budúcnosť. Dobrým príkladom v tomto smere sú austrálski producenti.

Krátkodobá aj dlhodobá prognóza svetovej ceny zlata je v súčasnej zložitej politickej a hospodárskej situácii sveta veľmi ťažká, lebo geologické, banské a ďalšie spracovateľské faktory producentov silno prekrýva mocenský boj, ktorý najprv ovplyvnil ceny energetických nerastných surovín a potom aj cenu zlata.

Záver

Na prelome 2. a 3. tisícročia svetová ročná ťažba zlata rýchlo rastie. V roku 1990 prekročila 2000, v roku 1998 dokonca 2500 t a na tejto hranici sa s malými výkyvmi drží doteraz (obr. 2). Práve v čase, keď kulminovala na hranici okolo 2550 t, t. j. v rokoch 1998–2001, sa zaznamenal najväčší pokles svetovej ceny zlata, ktorá sa pohybovala v rozpätí 280–260 USD za tr. oz (obr. 4). Potom od roku 2002 – s rastom od 300 až po 560 USD za tr. oz – bol pozorovateľný pozvoľný pokles jeho svetovej ťažby na 2430 t v roku 2004 a 2450 t v roku 2005. Tento zaujímavý jav si zaslúži hlbšiu analýzu, ale my na overenie uvedeného trendu nemáme dostatok informácií. Istý problém je však zrejmý. Na ťažbu a prieskum ložísk zlata sa zlepšili podmienky, ale jeho vysoká cena komplikuje odbyt, lebo sa veľmi zhoršili podmienky pre odberateľov.

Pri začínajúcej sa konjunktúre zlatorudného baníctva môže jeho stabilitu narušiť aj rezerva zlata v centrálnych bankách, ktorá predstavuje asi pätnásťročnú svetovú ťažbu. Toto zlato aj v súčasnosti plní funkciu menového kovu a menového fondu, ale nekryje v takej miere ako v minulosti menu jednotlivých krajín, a preto predaj väčšieho množstva zlata z týchto inštitúcií by mohol viesť k určitému poklesu jeho svetovej ceny. Najväčším rizikom pre stabilitu svetovej ceny zlata je však súčasný svetový hospodársky a politický vývoj, najmä vývoj dotýkajúci sa cenových relácií najdôležitejších energetických surovín, teda ropy a zemného plynu.

Stabilizáciou hospodárstva vyspelých, ale aj rozvojových krajín, globalizáciou a demokratizáciou, ktoré budú prospešné všetkým, sa môžu naplniť isté predpoklady, aby si ľudstvo zachovalo dôstojnosť a triezvy pohľad na život, lebo iba tak sa všetko ustáli a bude na prospech ďalších generácií. Ľudstvo dokáže lepšie využívať dary prírody Zeme nie ničením, ale obranou a zlepšovaním podmienok pre všetkých.

Baníctvo, výroba kovov a ich využívanie sprevádzajú život ľudskej spoločnosti od praveku až po súčasnosť a zlato bolo a zostáva jeho súčasťou, ale v dnešnom zložitom svete je dôležitejšia tolerancia, dobré vzťahy medzi ľuďmi a krajinami, pretože pokoj a úsilie po pokroku môžu úspešne prekonať súčasné problémy ľudstva.

Ceny nerastných surovín – aj cena zlata – majú kolísať podľa pravidiel trhovej ekonomiky výhodných pre producentov i odberateľov Prognózy ďalšieho vývoja svetovej ceny zlata sú v súčasnosti ťažko uskutočniteľné a fundovanejšie ako ložiskoví geológovia sa k nim môžu vyjadriť politológovia a národohospodári.

Literatúra

Bakos, F., Chovan, M., et al., 2004: Zlato na Slovensku. *Bratislava, Slovenský skauting, 298.*

Háber, M., et al., 1999: Zlato na Slovensku. *Mineralia Slov., 31, 3–4, 157–462.*

Kužvart, M., Kraus, I. & Grecula, P , 1998: Nerastné suroviny na prelome tisícročí. *Mineralia Slov., 30, 6, 483–489.*

Slavkovský, J., Baláž, B. & Grinč, A., 1996: Svetová produkcia zlata a striebra ťažbou a trendy svetových cien týchto kovov v ostatnom období. *In: Výroba zlata a striebra, skúšobníctvo. KNK HF TU Košice, 112–120.*

Slavkovský, J., 1999: Zlato v dejinách ľudstva, jeho ťažba a svetové ceny. *Mineralia Slov., 31, 3–4, 165–170.*

Slavkovský, J., 2000: Trendy vývoja svetových cien vybraných kovov a ich vplyv na využívanie domácej surovinovej základne. *Acta Montanistica Slovaca, 5, 2, 152–156.*

Šály, J. & Kaňa, R., 2003: ZS z GÚ Komplexné zhodnotenie zatvoreného ložiska Au, Ag – Hodruša – Stav k 30. 6. 2003. *Manuskript – archív Geofond Bratislava.*

Weber, L. & Zsak, G., 1999: World-Mining Data. Series A, 14, Vienna.

Weber, L. & Zsak, G., 2005: World-Mining Data. Series A, 20, Vienna.

U. S. Geological Survey. http://minerals.er.usgs.gov/minerals/pubs/commodity.

www.kitco.com

Rukopis doručený 15. 5. 2006
Revidovaná verzia doručená 19. 7 2006
Rukopis akceptovaný 21. 2. 2006

Mineralia Slovaca, 38 (2006), 219–222

Aktuálny vývoj svetovej ceny a ťažby zlata, stav prieskumu a využívanie ložísk zlata na Slovensku

PETER BALÁŽ[1] a PETER HANAS[2]

[1]Štátny geologický ústav D. Štúra, regionálne centrum, Markušovská cesta 1, 052 01 Spišská Nová Ves,
e-mail: balaz@gsrcsnv.sk
[2]Ministerstvo životného prostredia SR, Námestie Ľ. Štúra 1, 812 35 Bratislava,
e-mail: hanas.peter@enviro.gov.sk

Actual development of the gold world price and exploitation, the state of exploration and use of gold deposits in Slovakia

Excluding jewellery, gold with its unique physico-chemical properties, has not wide useful application (industrial use represents only 11 %). It is valuable, mostly because it is *considered* valuable. Gold price increased strongly during the last years and is near its historical records. Price is rising due to quickening inflation and increasing demand for investment in gold as well as demand for jewellery. Gold is seen as a relatively safe store of wealth, especially for investors. Global mine production of gold recorded significant reduction in 2004, but it started to rise again in 2005.

In Slovakia, the only exploited gold deposit is Banská Hodruša, where the new exploration activities has started after a period of recession. Several other claims for gold prospecting were granted.

Key words: gold, gold mining, gold price, deposit, prospecting area

Zlato má jedinečné fyzikálnochemické vlastnosti. V porovnaní s ostatnými kovmi je takmer chemicky nereaktívne, nestráca lesk pri atmosférických vplyvoch, je mäkké a ťažké. S výnimkou výroby šperkov, kam smeruje väčšina jeho produkcie, sa v praxi využíva veľmi obmedzene (elektronika, zubné náhrady a pod.). Hodnotné je najmä preto, že sa za hodnotné pokladá.

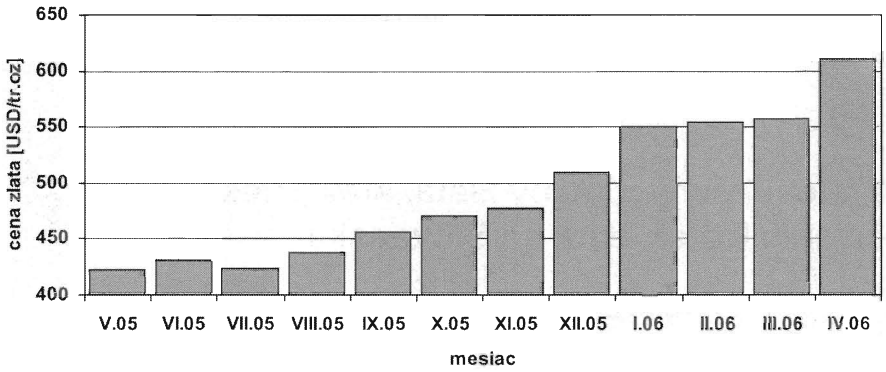
Cena zlata

Cena zlata je špecifická aj tým, že je citlivá na politický vývoj vo svete (teroristické útoky, vojny a pod.), extrémne výkyvy počasia (prírodné katastrofy), ako aj na špekulatívny nákup a predaj na burzách. Ceny surovín, najmä zlata a ropy, zvyčajne na neistoty reagujú prudkým rastom. Zlato poskytuje ochranu aj pred infláciou, lebo jeho cena spravidla rastie rýchlejšie ako inflácia. V čase vysokej alebo rastúcej inflácie sa zlato stáva zárukou hodnoty a nasledujúci zvýšený dopyt po ňom tlačí jeho cenu hore. Ceny zlata a striebra, ako aj ďalších kovov (platiny, medi a zinku) sa dostali na najvyššiu úroveň za posledných 25 rokov, resp. sú najvyššie v histórii vôbec. Dôvodom je rastúca spotreba, a to najmä v rozvíjajúcich sa krajinách Ázie a v Rusku, ako aj to, že investori nakupujú zlato, aby sa chránili pred rastúcou infláciou a poklesom hodnoty USD. Trhovú cenu zlata zvyšujú aj špekulácie o možnosti, že viaceré centrálne banky – najmä ázijské a európske – budú investovať do zlata na úkor USD. Je prirodzené, že rýchlo rastúci dopyt po zlate nemožno ihneď pokryť iba zvyšovaním ťažby jestvujúcich nálezísk a otváranie ťažby v nových lokalitách býva pomerne dlhodobé. Cena surovín rastie aj pre zvýšený záujem investorov o obchod s nimi, resp. pre rast investícií aj v oblastiach kopírujúcich vývoj na trhoch. Pokles ceny by mohol vyplynúť z produkcie nad spotrebu alebo pri oslabení rastu svetovej ekonomiky. Vývoj ceny zlata, ako aj iných surovín je cyklický a analytici odhadujú, že súčasný stúpajúci trend bude trvať aj ďalej (obr. 1). Objavujú sa aj úvahy a analýzy, že by mohol prekonať najvyššiu doteraz zaznamenanú cenu 873 USD/tr. oz z októbra 1980 (Mining Magazine, 01/2006).

Cenu zlata dvakrát denne na londýnskej burze kótuje (tzv. London Fixing) výbor zložený z piatich reprezentantov firiem obchodujúcich s kovmi, členov *London Bullion Market Association*. Do roku 1970 cenu zlata určovala vláda Spojených štátov, čiže 1 tr. oz zlata mala pevne stanovenú cenu v USD a v ostatných zahraničných menách sa odvíjala od kurzu k USD. Od roku 1971 sa cena zlata voľne pohybuje v závislosti od ponuky, dopytu a disponibilných zásob. Prehľad vývoja ceny zlata (London PM Fix) od roku 1970 je na obr. 2.

Ťažba zlata

Svetová zásoba zlata sa odhaduje na 89 000 t a z toho 15–20 % pripadá na zlato ako vedľajšiu zložku iných rudných ložísk. Približne 40 % svetovej zásoby zlata je na území Južnej Afriky, ktorá je zároveň jeho najväčším



Obr. 1. Vývoj priemernej mesačnej ceny zlata (London PM Fix) v máji 2005 až apríli 2006 (www.kitco.com).

Fig. 1. Development of average month gold price (London PM Fix) in May 2005 to April 2006 (www.kitco.com)

producentom (takmer 14 % svetovej ťažby). Ďalším významným producentom sú USA (11 %), Austrália (10 %), Čína (9 %), Rusko (7 %), Peru (7 %), Kanada (5 %) a Indonézia (5 %). Tieto krajiny spolu zabezpečujú takmer 70 % svetovej produkcie zlata (Mining Annual Review, 2005).

Celková ťažba zlata v roku 2004 klesla o 129 t na 2464 t oproti roku 2003 (2593 t). Bol to najväčší pokles od roku 1943. Najvýznamnejšie zníženie produkcie zaznamenala Indonézia, Južná Afrika a Austrália. Išlo o dôsledok zatvárania baní, prírodných katastrof spätých s počasím, zníženej kvality rudy, sťažených prevádzkových podmienok a ďalších faktorov. Tieto straty v celkovej svetovej bilancii čiastočne nahradil rast produkcie v Číne a v ďalších krajinách (Mining Magazine, 01/2006). Pokles ťažby upevnil pozície zlata a cenu na trhoch. V roku 2005 celková ťažba vzrástla na 2494 t (jednopercentný rast oproti roku 2004), ale zaostáva za rekordmi z posledných rokov. Doteraz najvyššia ťažba zlata v histórii (obr. 2) bola v roku 2001 (2604 t).

V súčasnosti najvýznamnejšie spoločnosti ťažiace zlato sú: Newmont Mining (so sídlom v USA), AngloGold Ashanti (Južná Afrika), Barrick Gold (USA), Gold Fields (Južná Afrika), Placer Dome (Kanada, od januára 2006 pripojená k Barrick Gold) a Harmony Gold Mining (Južná Afrika).

Dopyt

Dopyt po zlate ovplyvňujú tri hlavné oblasti – šperkárstvo, priemysel a investície. Najmä investície do zlata (obchodné fondy, zlaté tehly a mince) v posledných rokoch veľmi vzrástli a boli hlavným činiteľom ovplyvňujúcim pohyb jeho ceny. Ale pokiaľ ide o množstvo zlata, najväčší dopyt je v oblasti výroby šperkov a klenotov, a to najmä v ekonomicky sa rozvíjajúcich krajinách Ázie. Dopyt v priemyselnom sektore (elektrotechnika, zubné náhrady a pod.) v porovnaní s predchádzajúcimi aplikáciami nie je až taký výrazný a rastie hlavne vo východnej Ázii (Japonsko, Singapur, Južná Kórea, Čína) a v USA (World Gold Council, 2006) Celkový dopyt má rastúci trend a v roku 2005 predstavoval 3754 t, z čoho 73 % bola spotreba v šperkárstve, 11 % v priemyselných aplikáciách a 16 % v investíciách (WGC-GFMS Ltd, 2006).

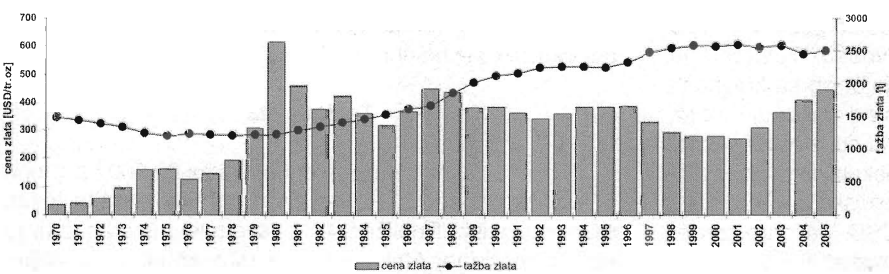
Na svetový trh sa v roku 2005 dostalo celkom 3860 t zlata (z toho 61 % pokryla ťažba a 22 % recyklácia starého kovu resp. zlomkového zlata; WGC-GFMS Ltd, 2006).

Výrobné náklady

Vo väčšine krajín významne sa zúčastňujúcich na svetovej produkcii zlata (s výnimkou Kanady) v rokoch 2004–2005 vzrástli výrobné náklady, a to priemerne medziročne napr. v roku 2004 o 13 % na 253 USD/tr. oz (Mining Magazine, 01/2006). Celkový rast nákladov je spätý najmä s rastom cien spotrebného materiálu, miezd, energie rozličného druhu a palív. Významnou črtou trhu so zlatom je výmenný kurz, pri ktorom vzrástla hodnota národných mien oproti USD vo všetkých hlavných krajinách produkujúcich zlato.

Súčasný stav prieskumu zameraného na Au mineralizáciu na Slovensku

K 1. januáru 2006 bolo na Slovensku určených 22 prieskumných území na vyhľadávací a podrobný ložiskový prieskum. Sú to: Klokočov, České Brezovo, Pohronská



Obr. 2. Vývoj priemernej ročnej ceny zlata (London PM Fix) a ťažby v rokoch 1970–2005 (www.kitco.com, USGS).

Fig. 2. Development of average annual gold price (London PM Fix) and exploitation in 1970–2005 (www.kitco.com, USGS).

Tab. 1
Evidované ložiská Au a Ag rúd na Slovensku so stavom k 1. 1. 2005
Registered deposits of Au and Ag ore in Slovakia with state to 1. 1. 2005

Por. č.	Ložisko	Inštitút ochrany	Bilančná zásoba [kt]	Nebilančná zásoba [kt]	Priem. obsah Au [g.t^{-1}]
1	Pezinok I	CHLÚ		415	1,15
2	Pezinok	DP	629		4,73
3	Pezinok-Zlatá žila	DP	811	151	3,9
4	Pezinok-odkaliská	DP	366		1,19
5	Medzibrod	DP		25	2,69
6	Dolná Lehota	CHLÚ	1206		2,65
7	Magurka-štôlňa Adolf-halda	E	30	418	8,6
8	Banská Hodruša I	DP	1		5,27
9	Bartošova Lehôtka	CHLÚ		457	1,66
10	Kremnica	DP		7922	1,74
11	Klokoč	CHLÚ	250		1,72
12	Brehov I	E		521	2,71
	Spolu		3293	9909	

CHLÚ – chránené ložiskové územie, DP – dobývací priestor, E – evidencia
CHLÚ – protected deposit area, DP – exploitation space, E – evidence

Polhora – Krátke, Ružiná – Stará Halič, Prochot, Ruská Bystrá, Zlatá Baňa, Zlatníky – Myslíkov vrch, Hodruša-Hámre – Banská Štiavnica, Vyšný Medzev, Detva, Dobšiná, Smolník, Turček, Ráztočno – Remeta, Brehov, Banská Belá – Teplá, Lutila, Novosad, Vyhne, Oravská Polhora a Byšta – Skároš. Platnosť týchto prieskumných území sa skončí v rokoch 2007–2009, ale ich držitelia môžu túto lehotu predĺžiť o ďalšie štyri roky a opätovne najviac o ďalšie dva roky.

Okrem toho sú v platnosti určené dve osobitné prieskumné územia financované zo štátneho rozpočtu – Hnúšťa a Banská Hodruša-východ. V Hnúšti sa geologické práce skončili v roku 2005 a výsledkom bol odhad prognóznych zdrojov P1 v množstve 1987 kt s priemernou kvalitou 3,5 g.t^{-1} Au. Na prieskumnom území Banská Hodruša-východ sa ložiskový geologický prieskum sústredil na overenie drahokovovej mineralizácie typu Svetozár na V od určeného dobývacieho priestoru na úrovni 15. obzoru bane Rozália. Doterajšími banskými prácami sa nafárali tri žilné kremenné systémy s drahokovovou mineralizáciou na kontakte kremitodioritového porfýru a pyroxenického andezitu. Majú smer SV–JZ až Z–J, sú plytko uložené, hrubé od 10 do 30 cm a priemerný obsah Au v nich je 41 g.t^{-1} a Ag 14 g.t^{-1}. V súčasnosti polohu overujú podzemné dovrchné a úpadné vrty. Geologický ložiskový prieskum sa skončí v roku 2007.

V ostatných rokoch sa záverečnými správami zavŕšilo niekoľko výskumných a prieskumných úloh financovaných zo štátneho rozpočtu, ale bez overenia ekonomicky ťažiteľnej zásoby Au mineralizácie. V okolí Turčeka sa dovedna odhadlo 14 628 kt prognóznych zdrojov P1, v oblasti Slavošoviec a Rochoviec v množstve 1490 kt s priemernou kovnatosťou 6 g.t^{-1} Au, v rázdielskej časti Tribeča sa overila Au mineralizácia carlinského typu v množstve 212 kt prognóznych zdrojov P1 s kvalitou 1,86 g.t^{-1} Au a 56,6 g.t^{-1} Ag s hrúbkou mineralizovaných úsekov do 1,5 m a v okolí Harmanca 60 kt prognóznych zdrojov Au rúd. Špecifická bola výskumná úloha zameraná na overenie akumulácií ušľachtilých nerastov, z ktorých možno vyrábať kovy, prvky vzácnych zemín a drahé kamene v klastogénnych sedimentoch vybraných oblastí Slovenska. Vytypovali sa lokality s obsahom zlata, ako aj s kombinovaným výskytom zlata a ďalších ušľachtilých nerastov (granát, zirkón, monazit, rutil a korund) a na devätnástich z nich bolo odhadnutých 123 kt prognóznych zdrojov P2 ušľachtilých minerálov spolu s ich orientačným ekonomickým hodnotením na základe aktuálnych svetových cien minerálov.

Evidované ložiská zlata na Slovensku a ich využívanie

Na Slovensku je v Bilancii zásob výhradných ložísk SR k 1. januáru 2005 evidovaných týchto 12 ložísk Au a Ag rúd:

Jediným v súčasnosti ťaženým ložiskom je Banská Hodruša I, ale tam prebieha likvidácia pre vyčerpanie zásoby, a zároveň vyhľadávací ložiskový geologický prieskum na V od vyťažených priestorov. Zlato a striebro boli vedľajším produktom ťažby aj Sb, polymetalických a Cu rúd, ktorých ťažba sa skončila v roku 1992 po zastavení štátnych subvencií.

Pri posudzovaní možností ťažby ostatných ložísk na Slovensku treba brať do úvahy viac faktorov. Najdôležitejšie je ekonomické kritérium, ktorým sa porovnáva odhad potenciálnej úžitkovej hodnoty rudy s odhadom potenciálnych výrobných nákladov na ťažbu a spracovanie (v prepočte na 1 t vyťaženej rudy). Na takéto porovnanie sa používajú parametre jestvujúcich výpočtov zásoby, súčasná cena kovov a kvalifikovaný odhad nákladov na ťažbu a spracovanie v závislosti od toho, či sa bude ložisko ťažiť povrchovo alebo podzemným spôsobom. Okrem toho sa posudzuje minulá a budúca variabilita ceny zlata na svetových trhoch a zásoba z hľadiska veľkosti ložiska. Nemenej dôležitý je environmentálny aspekt, ktorý vylučuje exploatáciu, ak dôležitý verejný záujem, najmä ochrana životného prostredia, prevyšuje

záujem o vyťaženie zásoby ložiska. Na základe opatrenia 3 na zabezpečenie hlavných cieľov k aktualizovanej surovinovej politike SR uznesenie vlády SR 479/2005 na základe analýz evidovaných výhradných ložísk uložilo povinnosť redukovať ich počet. Z evidovaných Au a Ag rúd sa na odpis navrhlo ložisko Pezinok I a Bartošova Lehôtka a na preradenie bilančnej zásoby do nebilančnej Pezinok, Pezinok-Zlatá žila, Pezinok-odkaliská a Dolná Lehota.

Záver

Pozícia zlata na trhoch je v súčasnosti silná a má predpoklady si toto postavenie naďalej udržať a podľa odhadu analytikov aj posilniť. Rastúca inflácia túto pozíciu upevňuje a tlačí cenu zlata nahor. Ťažba zlata bola posledných osem rokov pomerne stabilná nad úrovňou 2500 t za rok. Väčší pokles sa zaznamenal v roku 2004. Pokiaľ záujem o zlato pretrvá, dá sa predpokladať intenzifikácia jeho ťažby a otváranie nových nálezísk. Dopyt po zlate najvýraznejšie rástol v investíciách, čo pravdepodobne bude pokračovať aj v roku 2006. Z dlhodobého hľadiska sa predpokladá ďalší rast dopytu v sektore výroby šperkov a klenotov

Literatúra

Baláž, P & Kúšik, D., 2005: Nerastné suroviny SR 2005, ročenka. *Bratislava, ŠGÚDŠ.*

Bilancia zásob výhradných ložísk Slovenskej republiky k 1 januáru 2005. *Bratislava, ŠGÚDŠ.*

Kitco – Precious Metals Inc. (www.kitco.com).

Mining Annual Review 2005 (CD verzia), Mining Communications Ltd, 2006.

USGS Minerals Information (http://minerals.usgs.gov).

Quarter-century celebration, Mining Magazine, 01/2006.

World Gold Council (WGC), údaje spracované GFMS Ltd, tlačová správa z 22. 2. 2006 (http://www.gold.org).

Zoznam platných prieskumných území k 1 1. 2006.(www.enviro.gov.sk).

Rukopis doručený 23. 5. 2006
Revidovaná verzia doručená 14. 8. 2006
Rukopis akceptovaný 21. 2. 2006

Mineralia Slovaca, 38 (2006), 223–240

Au-Bi-Te mineralizácia v sineckej strižnej zóne (Kokava nad Rimavicou) – nový typ mineralizácie v Západných Karpatoch

ŠTEFAN FERENC[1] a FRANTIŠEK BAKOS[2]

[1]Štátny geologický ústav D. Štúra, RC Banská Bystrica, Kynceľovská 10, 974 01 Banská Bystrica
ferenc@gssrbb.sk
[2]Štátny geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava
bakos@gssr.sk

Au-Bi-Te mineralization in the Sinec shear zone, Kokava nad Rimavicou: New type of mineralization in the Western Carpathians

Au-Bi-Te-bearing quartz veins in the Sinec shear zone occur on the NW slopes of the Sinec Mts. (Kokava nad Rimavicou, Slovenské rudohorie Mts.). Quartz veins bonded to chlorite–muscovite gneisses are relatively short (max. 50 m), subvertical and have NW–SE course. Tectonic structures and quartz pods (generaly NE–SW direction) related to the later phases of the Sinec shear zone development, caused the segmentation and displacement of the Au-bearing veins. Mineral assemblage is following: gold, tetradymite, tellurobismuthite, pyrite, Ag-Pb-Bi sulphosalts (ore minerals), quartz, dravite, clinochlore, calcite, dolomite and montanite. Carbonates and Ag-Pb-Bi sulphosalts relate to younger carbonate-sulphidic mineralization, cutting Au, Bi, Te bearing veins. Character of ore veins and their tectonic position concerning to Sinec shear zone suggest the circulation/precipitation of ore bearing fluids in short extension cracks from the initial phase of the Sinec shear zone development (Upper Cretaceous). Primary fluid inclusions in Au bearing quartz are decrepitated, suggesting crystallization of quartz at lower p-T conditions than peak of Alpine metamorphism in the Veporic Unit. Secondary fluid inclusions are equal to metamorphic fluids from the younger quartz pods (CO_2 + aqueous solution of salts, low salinity 1–6 wt. % NaCl eq., Th 303–407 °C, 100–280 MPa). Mineral assemblage, geological and tectonic position in wider vicinity of studied locality suggest magmatic source of ore bearing fluids. We assume, that Au-Bi-Te mineralization was formed before the peak of Alpine metamorphism in the southern part of Veporic Unit, after hypothetic granitoid intrusion into the weak area of Sinec shear zone.

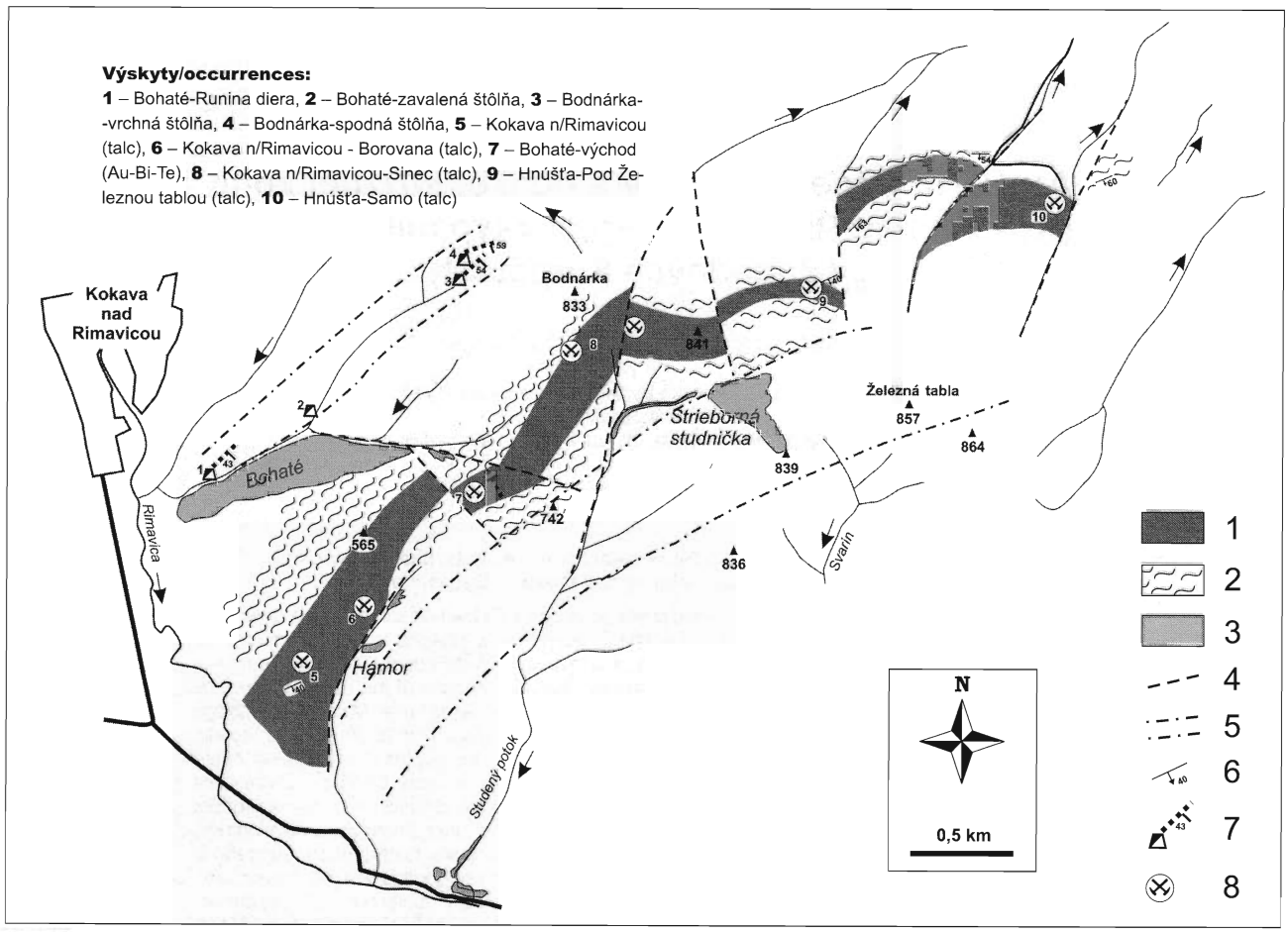
Key words: gold, tetradymite, tellurobismuthite, montanite, fluid inclusions, Sinec shear zone, Kokava nad Rimavicou, Western Carpathians

Úvod

Masív Sinca (najmä jeho severná a sz. časť) je jednou z najvýznamnejších koncentrácií nerastných surovín v západnej časti Slovenského rudohoria. V tejto oblasti sú známe ložiská a výskyty mastenca/magnezitu aj so scheelitovou mineralizáciou, výskyty Au-Bi-Te a karbonátovo-sulfidickej mineralizácie. Vyskytujú sa tam i aluviálno-deluviálne rozsypy, ktoré mali v minulosti najväčší ekonomický význam. Sinecká strižná zóna je súčasťou významnej metalogenetickej zóny smeru SV–JZ, ktorú možno sledovať približne od Hnúšte do oblasti Lovinobane.

Začiatky ťažby zlata na lokalite Bohaté sa i pri nedostatku priamych archeologických nálezov datujú do obdobia približne pred 2000 rokmi (Hvožďara, 1999), keď išlo o dômyselnú povrchovú ťažbu aluviálnych a eluviálno-deluviálnych rozsypov. Banská činnosť je prvý raz písomne doložená až od roku 1593, keď ťažiari žiadali povolenie na ťažbu zlata v starých baniach opustených v dôsledku tureckej expanzie (Žilák, 1999). Stagnácia banského podnikania na Bohatom, nepravidelná a málo významná ťažba zlata boli charakteristické pre 17. a prvú polovicu 18. stor. V 19. stor. išlo už iba o dozvuky a neúspešné pokusy ťažiť zlato v oblasti Sinca a ťažiari sa preorientovali na ťažbu železnej rudy. Roky prvej svetovej vojny sprevádzal útlm, ktorý vyústil do zastavenia ťažby. V 30. rokoch 20. stor. sa v oblasti do popredia záujmu baníctva dostal najmä mastenec/magnezit (Šuf, 1937). Prieskum (zameraný na zlato) prebiehal v závere 40. rokov na Medenom pri Klenovci (Sombathy, 1950) a od 90. rokov 20. stor. prakticky až do súčasnosti v oblasti Sinca, ako aj v jeho širšom okolí sa orientuje výlučne na zlato.

Oblasť bola aj predmetom mnohých vedeckých štúdií (napr. Zepharovich, 1873, Šuf, 1938, Petro, 1977; Ragan, 1989, Kyselica, 1997). Typ mineralizácie, ktorý skúmame,



Obr. 1. Schéma priebehu sineckej strižnej zóny na sz. a severných svahoch masívu Sinca a pozícia ložísk/výskytov nerastných surovín. 1 – chloriticko-sericitické a mastencové bridlice, 2 – svorové ruly a svory, 3 – eluviálno-deluviálne až aluviálne rozsypy, 4 – zlomy, 5 – predpokladaná strižná zóna, 6 – metamorfná foliácia, 7 – štôlne s vyznačením priebehu žíl, 8 – významnejšie ložiská a výskyty.

Fig. 1. Course of the Sinec shear zone on NW and N slopes of the Sinec massif and position of the mineral deposits/occurrences. 1 – chlorite--sericite schist and talc, 2 – gneiss and micaschist, 3 – eluvial-deluvial and alluvial placers, 4 – faults, 5 – assumed shear zone, 6 – foliation, 7 – adits with known veins, 8 – deposits and occurrences.

sa pokladal za Au mineralizáciu nejasného metalogenetického postavenia a veľkosť, tvar, rozsah ani orientácia rudného telesa neboli známe (Slavkay et al., 2004). Au-Bi-Te mineralizácia na sz. svahoch masívu Sinca je jedinečným a doteraz neopísaným typom rudnej mineralizácie nielen vo veporiku, ale aj v Západných Karpatoch.

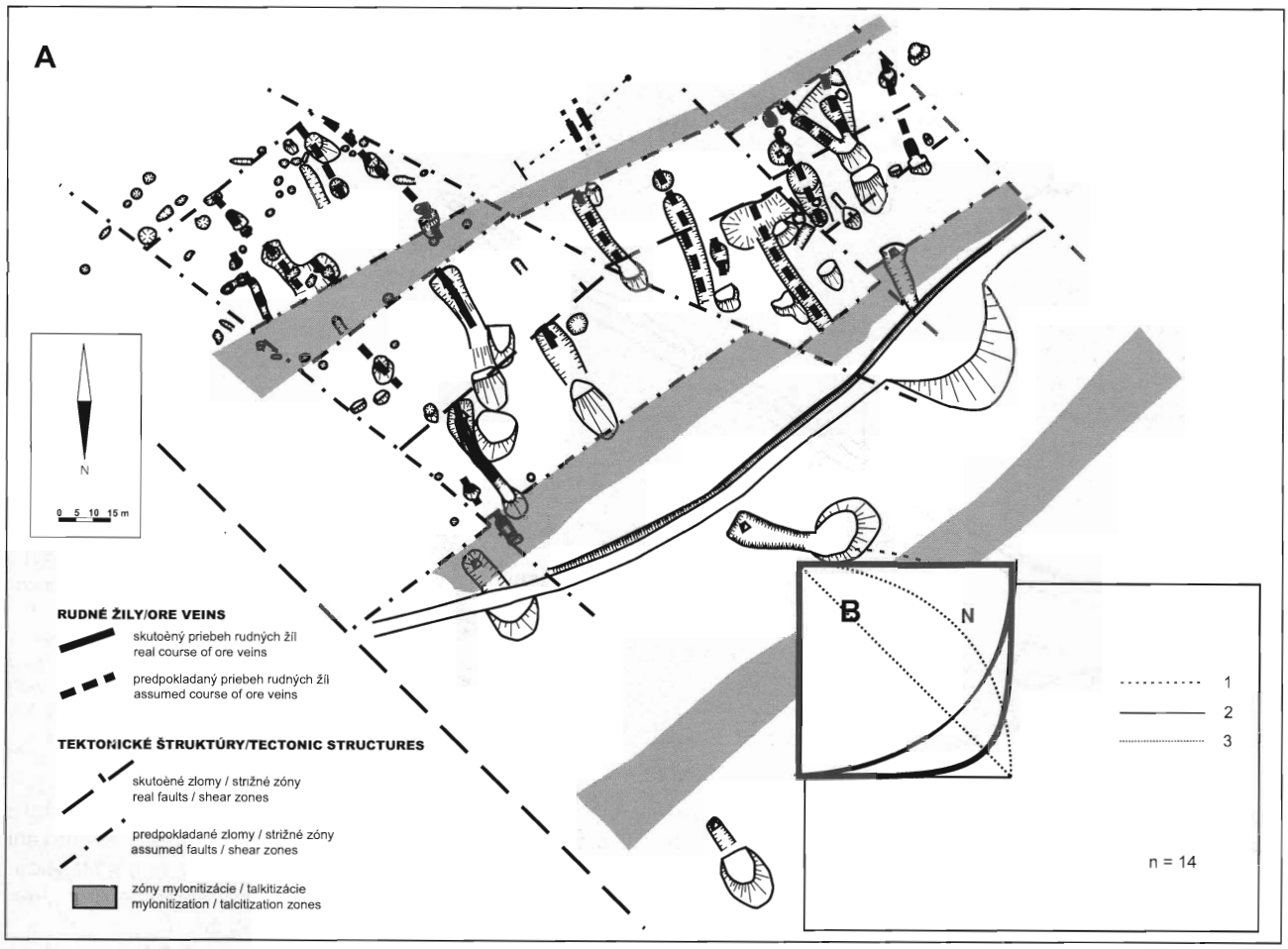
Metodika práce

Vzorky na mineralogický a chemický výskum boli odobrané z prístupnej štôlne, prirodzených odkryvov a háld (Bohaté-východ), vrtu KO-3 (Bohaté-východ) a z aluviálnych a eluviálno-deluviálnych rozsypov (Bohaté, Sinec-Strieborná studnička). Ťažké minerály z kremenných žíl sa získali metódou umelých šlichov. Obsah vybraných prvkov v niektorých vzorkách sa zisťoval metódou atómovej absorbčnej spektroskopie (AAS) v ŠGÚDŠ v Spišskej Novej Vsi. Optické vlastnosti minerálov a ich vzájomné vzťahy sa sledovali v prechádzajúcom aj odrazenom svetle v polarizačnom mikroskope. Chemické zloženie minerálov sa študovalo vlnovodisperznou metódou (WDS) na prístroji CAMECA SX100 v ŠGÚDŠ v Bratislave.

Podmienky merania: merací prúd 20 nA (zlato), 10 nA (Te minerály) urýchľovacie napätie 20 kV, merací prúd 20 nA (klinochlór, dravit), 10 nA (karbonáty), urýchľovacie napätie 15 kV, priemer lúča 1–3 μm. Použité štandardy a spektrálne čiary: Ag (AgLα), Au (AuLα), HgS (HgLα), Cu, $CuFeS_2$ (CuKα, FeKα, SKα), Sb_2S_3 (SbLβ), Bi_2Te_3 (TeLα), hematit (FeKα), Bi_2Se_3 (BiLα, SeLβ), PbS (PbLα), Cd (CdLα), chromit (CrKα), NiO (NiKα), rodonit (MnKα), TiO_2 (TiKα), wollastonit (CaKα, SiKα), $SrTiO_3$ (SrLα), MgO (MgKα), albit (NaKα), ortoklas (KKα), NaCl (ClKα), BaF_2 (FKα), Al_2O_3 (AlKα).

Fotodokumentácia minerálov sa robila v spätne odrazených elektrónoch (BSE) na tom istom prístroji.

Fluidné inklúzie sa študovali na mikroskope NIKON Optinhot s objektívom so zväčšením 100x. Mikrotermometrické merania sa vykonávali na zariadení LINKAM THM 600 (ŠGÚDŠ v Bratislave). Presnosť merania sa odhadla na ± 0,3 °C pre teplotu okolo –50 °C a ± 3 °C pre



Obr. 2. A – Kompasová skica starých banských diel na lokalite Bohaté-východ. **B** – Diagram tektonických štruktúr zistených na lokalite. 1 – rudné žily, 2 – štruktúry zhodné so smerom sineckej strižnej zóny, 3 – priečne tektonické štruktúry.

Fig. 2. A – Compass scheme of the old mining works, locality Bohaté-east. **B** – Diagram of tectonic structures in the locality. 1 – ore veins, 2 – structures parallel with the course of the Sinec shear zone, 3 – transversal tectonic structures.

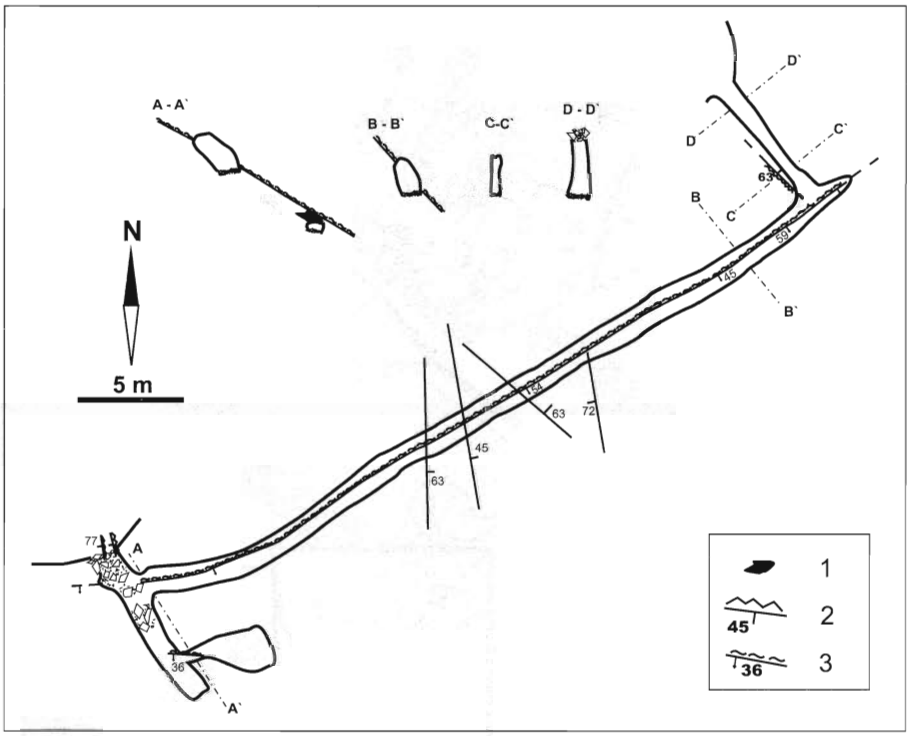
teplotu okolo 350 °C. Zariadenie bolo kalibrované štandardnými metódami pomocou syntetických materiálov a prírodných fluidných inklúzií ako štandardov. Salinita fluidných inklúzií sa vypočítala z teploty topenia ľadu podľa Bodnara (1993), z teploty topenia klatrátu podľa Darlinga (1991) a izochory pre inklúzie bohaté na CO_2 podľa Bowersa a Helgesona (1983).

Geologická stavba masívu Sinca

Masív Sinca a jeho širšie okolie boli predmetom intenzívneho geologického výskumu spätého s výskumom geologickej stavby veporika a s prieskumom nerastných surovín (napr. Zoubek, 1928; Šuf, 1937, 1938; Klinec, 1966; Láznička, 1962, 1963; Suchár et al., 1975, 1983; Németh, 2004, a i.). V tomto príspevku vychádzame z prác Bezáka (1982, 1988) a Bezáka et al. (1999a, b).

Študované územie, ako aj širšiu oblasť geologicky budujú hlavne horniny kryštalinika (proterozoikum ? – mladšie paleozoikum) metamorfované v podmienkach vrchnej fácie zelených bridlíc až spodnej amfibolitovej fácie. V severnej a sz. časti masívu vystupujú prevažne telesá biotiticko-albitickej ruly (klenovecký komplex sensu Bezák, 1982), v menšej miere muskoviticko-kremitých bridlíc. Komplex týchto hornín je z JZ ohraničený relatívne úzkym pásom muskoviticko-chloritických bridlíc s polohami metakarbonátov a metabázik (sinecký komplex), na ktoré sa viažu ložiská a výskyty mastenca/magnezitu v tejto oblasti (obr. 1). Centrálnu časť masívu sčasti budujú metasedimenty (muskoviticko-kremité bridlice, lokálne s uhlíkatou hmotou, granaticko-biotiticko-plagioklasové pararuly) a charakteristická je prítomnosť migmatitov, ortorúl, hybridných granitoidov hybridného komplexu. Vystupujú tam aj leukokratné a aplitické granity, granitové porfýry a menšie intruzívne telesá dvojsľudných monzogranitov (rimavického komplexu sensu Bezák, l. c.). V prostredí hybridného komplexu, ako aj metasedimentov vystupujú malé telesá dioritov. Komplex Hladomornej doliny (sensu Bezák, l. c.), reprezentovaný fylitmi a metapieskovcami slatvinského súvrstvia a biotitickými rohovcovými fylitmi až rulami, buduje jv časť sineckého masívu.

Pestrá a komplikovaná stavba územia je výsledkom viacetapových hercýnskych a alpínskych tektonických procesov (Bezák et al., 1999b). Hercýnsku stavbu v štu-



Obr. 3. Kompasová skica prístupnej štôlne na lokalite Bohaté-východ. 1 – šošovkovité kremenné žily, 2 – priebeh kremenných žíl s Au-Bi-Te mineralizáciou, 3 – priebeh mylonitových zón.

Fig. 3. Bohaté-east, compass scheme of the open gallery 1 – lens-shaped quartz veins, 2 – quartz veins with Au-Bi-Te mineralization, 3 – mylonite zones.

dovanej oblasti (najmä v sz. oblasti masívu) výrazne zatláčajú produkty alpínskej orogenézy, a to vývoj sineckej strižnej zóny (začal sa vo vrchnej kriede, 86,6 ± 0,9 miliónov rokov, datované na biotite), ktorá významne formovala geologicko-metalogenetický vývoj v jz. veporiku (Németh et al., 2004). Formovanie a vývin sineckej strižnej zóny možno spájať s obdobím pred presunom tzv. vyšších (subtatranských) príkrovov, teda s obdobím pred maximom a v maxime alpínskej metamorfózy kohútskej zóny (podľa Slavkaya et al., 2004). Alpínske metamorfné preteplenie v kohútskej zóne narastá zhruba v smere od JZ (Lovinobaňa) na SV (Revúca). Podmienky alpínskej metamorfózy v metamorfných komplexoch na Z od rimavického granitoidného telesa sa odhadujú na 350–500 °C pri tlaku okolo 250–400 MPa. Maximálne pT podmienky sa odhadujú na 550–580 °C pri tlaku 800–1000 MPa alebo aj vyššom (Kováčik et al., 1996).

Výsledky

Opis študovaných výskytov

Predmetom výskumu boli výskyty na sz. svahoch masívu Sinica, a to Bohaté, Bohaté-východ, Sinec-Strieborná studnička, Hámor a Studený potok (obr. 1).

Lokalita Bohaté sa nachádza asi 1,3 km na JZ od námestia v Kokave nad Rimavicou v údolí ležiacom na ZJZ od kóty Bodnárka (833 m n. m.) v nadmorskej výške asi 330–450 m. Staré banské práce, reprezentované najmä povrchovými dobývkami, sa sústreďujú na ploche cca 1000 x 200–400 m. Podľa výšky stien dobývok ťažba prebiehala do hĺbky 10 až 20 m. Jej predmetom a potom aj ryžovania boli eluviálno-deluviálne rozsypy, ktoré vznikli nahromadením rezídua po kaolinickom zvetrávaní okolitých hornín a žilných zón s Au-Te-Bi mineralizáciou. Objem preryžovaného materiálu odhadujeme najmenej na 800 000 a najviac až na 4 500 000 m^3.

Lokalita Bohaté-východ leží cca 2,5 km na JV od námestia v Kokave nad Rimavicou a cca 1,3 km na JJZ od kóty Bodnárka (833 m n. m.) v nadmorskej výške 560–650 m. Zvyšky starých banských prác (kutacie ryhy, štôlne, šachty) sledujúcich zlatonosné žily sú na ploche cca 270 x 280 m (obr. 2, 3). V práci Petra (1977) sa táto lokalita nesprávne lokalizovala a neskôr (Ferenc et al., 2004; Bakos a Chovan, eds., 2004) aj prebrala pod názvom Hámor.

Lokalita Sinec-Strieborná studnička sa nachádza asi 3,7 km na VJV od námestia v Kokave nad Rimavicou 0,5 km na SSZ od horárne Sinec 0,9 km Z od kóty Železná tabla (857 m n. m.) v nadmorskej výške asi 780–830 m. Banské práce sú obdobne ako na Bohatom reprezentované prevažne povrchovými dobývkami v eluviálno-deluviálnych rozsypoch a rozprestierajú sa na ploche približne 600 x 150 m (obr. 1). Hrúbka ťaženého rezídua bola okolo 2–5 m. Primárny zdroj mineralizácie sa nenašiel, ale podľa asociácie ťažkých minerálov (zlato, telurobizmutit a montanit) v šlichoch bol identický s mineralizáciou na lokalite Bohaté-východ. Objem preryžovaného materiálu odhadujeme na 150 000 až 350 000 m^3. Rozsypy postupne prechádzajú do aluviálnych rozsypov na *hornom toku Studeného potoka*, ktoré sa intenzívne ryžovali v dĺžke asi 400 a v šírke 10–30 m. Hrúbka zlatonosných sedimentov dosahovala 1–2 m.

Lokalita Studený potok je vzdialená asi 3 km na JJV od Kokavy nad Rimavicou v oblasti jeho sútoku s Rimavicou.

V aluviálnom kuželi a terasách Studeného potoka sú tri rozsiahle dobývky (obr. 1). Najväčšia je veľká približne 200 x 100 m a výška jej stien je až 25–30 m. Ďalšie stopy po ryžovaní sa tiahnu popri potoku v dĺžke 350–400 m, šírke 20–30 m a výška stien dobývky dosahuje 3–10 m. Najmenšia dobývka je veľká 100 x 100 x 10 m. Objem preryžovaného materiálu odhadujeme na 500 000 až 1 000 000 m^3.

Na lokalite *Hámor* v údolí rovnomenného potoka, približne 2,5 km na JJV od Kokavy nad Rimavicou v tesnej blízkosti banských diel na mastenec a magnezit, sa sporadicky zachovali zvyšky háld a dobývok po ryžovaní zlata (obr. 1). Ťažili sa najmä aluviálne náplavy, ktoré v hornej časti údolia prechádzajú do eluviálno-deluviálnych rozsypov. Eluviálno-deluviálne rozsypy sa ťažili na dvoch miestach. Podľa zachovaných stôp objem preryžovaného materiálu neprekročil 10 000 m^3.

Na vytvorenie predstavy o veľkosti študovaných výskytov sme sa pokúsili odhadnúť produkciu zlata. Na opisovaných lokalitách sa preryžovalo najmenej 1,5 miliónov m^3 materiálu, ale celkový objem ťažby rozsypov v sineckej strižnej zóne mohol dosiahnuť až 6 miliónov m^3. Priemerný obsah Au v ryžoviskách sme v rámci našej práce nemohli zistiť, ale celkové množstvo vyryžovaného zlata pri teoretickom priemernom obsahu Au okolo 0,15 g/m^3 možno odhadnúť na 200–1000 kg. Z primárneho výskytu Bohaté-východ sa veľmi pravdepodobne získali aspoň 4 kg zlata (pri predpokladanej ťažbe 1000 t rudy a priemernom obsahu Au 4 g/t) až 120 kg zlata (pri ťažbe maximálne 12 000 t rudy s priemerným obsahom 10 g/t Au).

Ložiskovo-geologická charakteristika mineralizácie

V študovanej oblasti vystupuje niekoľko typov hydrotermálnej mineralizácie (pozri úvod). Uvádzame ich od najstaršej po najmladšiu. Pri štúdiu Au-Bi-Te mineralizácie sme sa zamerali najmä na výskum kremenných žíl s touto mineralizáciou na lokalite Bohaté-východ, v menšej miere na mladšie šošovkovité kremenné žily označované aj ako žily alpského typu (Bohaté-štôlňa Runina diera, Bodnárka-vrchná a spodná štôlňa). Žilnými štruktúrami s karbonátovou a kremenno-sulfidickou mineralizáciou (Klenovec-Medené, Kokava nad Rimavicou-Chorepa), mastencom, magnezitom ani scheelitovou mineralizáciou sa v tomto príspevku podrobnejšie nezaoberáme.

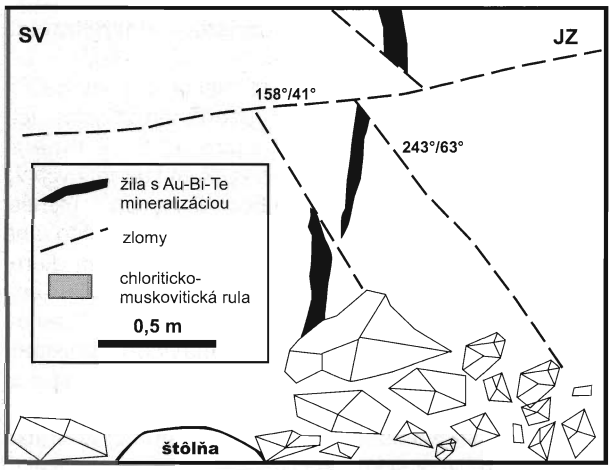
Au-Bi-Te mineralizáciu reprezentujú pomerne krátke subvertikálne uložené kremenné žily smeru SZ–JV, lokálne aj SSZ–JJV, dlhé niekoľko desiatok, maximálne 50 m. Podľa rozfáranosti starými banskými dielami je vertikálny dosah žíl najviac 90 m. Vrt KO-3 zachytil mineralizáciu v hĺbke 32,7 a 42,1 m, v ktorej sa navŕtali 10 až 20 cm hrubé kremenné žily s turmalínom, chloritom, viditeľným zlatom a s naloženou mladšou sulfidickou mineralizáciou. Podľa rozsahu dobývok v prístupných banských dielach mohli byť rudné žily hrubé približne do 1 m. Bansky sledovaná rozvetvujúca sa zlatonosná kremenná žila v odkryve (obr. 4) je hrubá 2 až 25 cm. Žily sú tektonicky porušené, utínajú ich a posúvajú mladšie tektonické poruchy (súvisiace s vývojom sineckej strižnej zóny) generálneho smeru SV–JZ (obr. 2, 3). Charakteristická pre ne je intenzívne drvená kremenná výplň, nízky obsah sulfidov

Tab. 1
Obsah vybraných prvkov (ppm) z niektorých lokalít na sz. svahoch masívu Sinca
Content of selected elements (ppm) from some localities on the NW slopes of the Sinec massif

vzorka	Au	Ag	Sb	As	Bi	Te	Cu	Pb	Zn	Hg	Ni	Co	Sn	Mo	W
KoB-1	0,16	0	208	1136	0,30	–	232	15	41	0	82	0	7	3	29
KoB-2	0,68	<0,40	154	7441	<5	–	337	11	42	0,03	64	280	7	<5	19
KoO-1	0,07	<0,40	8	478	<5	–	47	27	47	0,03	55	9	3	<5	28
Bd-2/2	1,56	<0,40	92	2541	46	–	271	60	30	0,08	59	8	–	-	–
BD-2/3	3,23	1,10	393	19110	35	–	541	58	28	0,03	41	11	–	-	–
KoBd-1	0,09	6,10	11	60	<5	–	222	419	337	0,17	41	5	<2	<5	21
KoBd-2	0,22	16,90	6	10	<5	–	208	1092	1749	2,25	27	6	<2	<5	<10
KoBD-3	0,01	0,80	4	40	<5	–	91	49	283	0,07	35	27	<2	<5	14
KoBd-4	0,01	<0,40	3	7	<5	–	66	33	350	0,06	29	13	<2	<5	15
KoBd-8	0,02	<0,40	5	30	<5	–	35	26	40	0,02	38	15	<2	<5	<10
KoBd-5a	4,11	<0,40	<2	22	73	-	14	5	13	0,01	56	2	–	-	–
KoH-1	0,10	<0,40	8	121	<5	–	116	5	15	0,01	57	7	–	-	–
KoH-50	66,0	6,10	105	–	32	11	689	31	33	0,64	7	19	–	-	–
KoH-51	1,02	1,10	33	–	87	48	21	58	17	0,03	6	4	–	-	–
KoH-20	0,02	0,60	10	–	0	0	42	18	120	0,87	4	7	–	0	0

Lokality: KoB – Bohaté, štôlňa Runina diera, KoO – Bodnárka, spodná štôlňa, Bd – Bodnárka, vrchná štôlňa, KoH, KoBd – Bohaté-východ.
Vzorky: KoB-1 – kremenná žilovina s minimálnym obsahom sulfidov, KoB-2 – mylonitová zóna z okolia kremennej žily, KoO-1 – mylonit, Bd-2/2, Bd-2/3 – limonitizovaná kremenná žilovina, KoBd-1 až 4, KoBd-8 – mylonit z prístupnej štôlne, KoBd-5a, KoH-51 – kremeň s turmalínom bez viditeľného zrudnenia, KoH-1 – kremeň s turmalínom, minimálne množstvo pyritu, KoH-50 – limonitizovaný kremeň s pyritom, turmalínom a viditeľným zlatom, KoH-20 – kremeň bez viditeľného zrudnenia

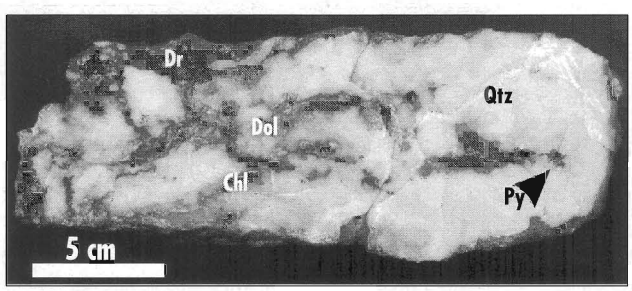
Localities: KoB – Bohaté, Runina diera gallery, KoO – Bodnárka, lower gallery, Bd – Bodnárka, upper gallery, KoH, KoBd – Bohaté-east.
Samples: KoB-1 – quartz gangue containing minimum of sulphidic minerals, KoB–2 – mylonite zone surrounding quartz vein, KoO-1 – mylonite, Bd-2/2, Bd-2/3 – limonitized quartz gangue, KoBd-1 to 4, KoBd-8 – mylonite, open gallery, KoBd-5a, KoH-51 – quartz with tourmaline, without visible ore mineralization, KoH-1 – quartz with tourmaline, with small amount of pyrite, KoH-50 – limonitized quartz with pyrite, tourmaline and visible gold, KoH-20 – quartz without visible ore mineralization



Obr. 4. Schéma odkryvu so zlatonosnou žilou, Bohaté-východ.
Fig. 4. Scheme of the Au-bearing vein outcrop, Bohaté-east.

a lokálne drúzová textúra (výskyt otvorených trhlín v ich centrálnych častiach). Typickou minerálnou žilnou výplňou (obr. 5) je kremeň, turmalín, pyrit, zlato a Bi-Te minerály. Z mladšej naloženej mineralizácie je najhojnejší dolomit, chlorit, ojedinele chalkopyrit, sfalerit a sulfosoli. Chemické štúdium kremennej žiloviny (tab. 1) potvrdilo prítomnosť zlata, ktorého obsah sa pohybuje od 0,01 do 4,11 ppm. Vo vyberanej rude s viditeľným zlatom sa zistil obsah 66 ppm Au, ale ide iba o informatívny údaj, ktorý nevyjadruje priemernú kovnatosť zachovaného zvyšku zlatonosnej žily. Tá je rádovo desaťnásobne nižšia. Zvýšený obsah Bi a Te korešponduje so sporadickým výskytom tetradymitu v kremenných žilách a relatívne vysoký obsah Cu (116 a 689 ppm) indikuje prítomnosť chalkopyritu. Identický typ mineralizácie sa vyskytoval aj pri Bohatom a na hrebeni medzi kótou Bodnárka a Sinec v oblasti Striebornej studničky, kde bol zdrojom zlatonosných rozsypov.

Pre žily alpského typu je charakteristický nepravidelný, šošovkovitý vývoj. Žily majú smer SV–JZ a kolísajúci sklon na JV. Ležia paralelne s metamorfnou foliáciou (mylonitickou foliáciou sineckej strižnej zóny) okolitých hornín, presekávajú žily s Au-Bi-Te mineralizáciou, a ak sú priamo v lokálnych strižných zónach, svojou pozíciou reprezentujú štruktúry C (podľa Platta et al., 1984) Žily sú



Obr. 5. Typická žilovina Au-Bi-Te mineralizácie, Bohaté-východ (kremeň – Qtz, dravit – Dr, dolomit – Dol, chlorit – Chl, pyrit – Py).
Fig. 5. Typical gangue hosting the Au-Bi-Te mineralization, Bohaté-east (quartz – Qtz, dravite – Dr, dolomite – Dol, chlorite – Chl, pyrite – Py).

dlhé najviac 10 m a hrubé do 0,5 m. Lokálne sa spájajú do veľkých šošoviek s plochou až 1,5 x 1 m. V zhrubnutých častiach sa zistili dutiny s kryštálmi mliečneho kremeňa veľkými až 3 cm. Typická pre ne je minerálna asociácia, ktorú tvorí kremeň (lokálne varieta záhneda a krištáľ), chlorit, K živec, muskovit a rutil. Tento typ mineralizácie je vo veporiku hojný a regionálne veľmi rozšírený

Karbonátová a kremenno-sulfidická mineralizácia (s pestrým minerálnym zložením) – dobre vyvinutá na lokalite Klenovec-Medené a Kokava nad Rimavicou-Chorepa – sa na lokalite Bohaté-východ vyskytuje iba veľmi sporadicky. Reprezentujú ju žilky a hniezda (veľké do 0,2 m)

Tab. 2
Elektrónové mikroanalýzy turmalínov z lokality Bohaté a Bohaté-východ. Obsah B_2O_3 a H_2O bol dopočítaný do ideálnej stechiometrie
Electron microprobe analyses of tourmalines from Bohaté (**) and Bohaté-east (*) localities. Content of B_2O_3 and H_2O was calculated to ideal stoichiometry

	1	2	3	4	5
SiO_2	36,85	36,75	36,72	36,20	37,23
TiO_2	0,10	0,42	0,08	0,46	0,14
B_2O_3	10,57	10,60	10,48	10,50	10,64
Al_2O_3	31,60	31,67	31,18	31,18	31,90
Cr_2O_3	0,09	0,07	0,00	0,00	0,01
FeO^{tot}	8,34	8,50	7,77	8,56	6,62
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
MgO	6,82	6,33	6,96	6,60	7,43
CaO	0,29	0,64	0,22	0,66	0,20
Na_2O	1,76	2,08	2,03	2,14	2,10
K_2O	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02
H_2O	3,65	3,66	3,61	3,43	3,67
F	0,00	0,00	0,01	0,41	0,00
O = F	0,00	0,00	0,00	-0,17	0,00
S hmot. %	100,09	100,74	99,08	100,00	100,00
atómové koeficienty/atomic proportions (normalizované na 31 aniónov, B = 3, OH + F = 4 atómov) (normalized on the basis of 31 anions, B = 3, OH + F = 4 atoms)					
Si	6,06	6,02	6,09	6,00	6,08
Σ T	6,06	6,02	6,09	6,00	6,08
B	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Al Z	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Ti	0,01	0,05	0,01	0,06	0,02
Al Y	0,12	0,12	0,09	0,08	0,14
Cr	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Fe	1,15	1,17	1,08	1,19	0,90
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Mg	1,67	1,55	1,72	1,63	1,81
Σ Y	2,96	2,90	2,90	2,97	2,88
vac. Y	0,03	0,11	0,10	0,05	0,12
Al_{tot}	6,12	6,12	6,09	6,08	6,14
Ca	0,05	0,11	0,04	0,12	0,04
Na	0,56	0,66	0,65	0,69	0,67
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Σ X	0,62	0,78	0,70	0,81	0,70
vac. X	0,38	0,22	0,30	0,19	0,30
OH V	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
OH W	1,00	1,00	1,00	0,79	1,00
F	0,00	0,00	0,01	0,22	0,00
Σ W	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
O_{tot}	31,00	31,00	31,00	30,79	31,00

Anal. 1–2 – Bohaté-východ, 3–5 – Bohaté
Anal. 1–2 – Bohaté-east, 3–5 – Bohaté

Tab. 3
Elektrónová mikroanalýza chloritov z lokality Bohaté-východ. Kryštalochemické koeficienty sú počítané na 14 O
Electron microprobe analyses of chlorites from Bohaté-east locality. Atomic proportions were calculated on the basis of 14 oxygens

	Koh-1b	KO3 32,7	KO3 71,5	KO3 71,5	KO3 74,2	KO3 74,2	KO3 74,2	KO3 74,2
SiO_2	27,98	26,05	25,96	26,37	26,46	25,98	26,59	25,63
TiO_2	0,00	0,06	0,04	0,03	0,05	0,07	0,05	0,05
Al_2O_3	20,29	22,57	22,09	23,21	22,29	21,36	22,66	21,95
Cr_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,58	0,32	0,27
FeO	20,15	20,58	24,04	19,08	18,05	22,86	19,19	23,69
MnO	0,00	0,21	0,17	0,23	0,25	0,21	0,16	0,26
MgO	20,28	18,45	16,36	19,58	20,27	16,63	19,52	16,19
NiO	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
CaO	0,10	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Na_2O	0,00	0,03	0,04	0,03	0,02	0,00	0,01	0,06
K_2O	0,00	0,00	0,02	0,00	0,04	0,02	0,01	0,03
F	0,18	0,58	0,02	0,62	0,07	0,02	0,01	0,90
Cl	0,00	0,01	0,04	0,00	0,03	0,02	0,02	0,04
H_2O	11,79	11,34	11,62	11,50	11,85	11,52	11,23	10,92
Σ hmot. %	100,77	100,16	100,44	100,65	99,78	99,27	99,77	100,10
	atómové koeficienty/atomic proportions							
Si	2,82	2,67	2,69	2,66	2,68	2,71	2,69	2,67
Al (IV)	1,18	1,33	1,18	1,34	1,32	1,29	1,31	1,33
T site	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Al (VI)	1,22	1,40	1,38	1,42	1,35	1,35	1,39	1,37
Ti	0	0	0	0	0	0	0	0
Cr	0	0	0	0	0,03	0,05	0,03	0,02
Fe^{2+}	1,69	1,76	2,08	1,61	1,53	2,00	1,62	2,07
Mn	0	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
Mg	3,03	2,82	2,52	2,95	3,07	2,59	2,94	2,52
Ni	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca	0,01	0	0	0	0	0	0	0
Na	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0,06	0,19	0	0,19	0	0	0	0,29
Cl	0	0	0	0	0	0	0	0
OH	7,94	7,81	8,00	7,81	8,00	8,00	8,00	7,71
vac.	0,02	0,03	0,03	0,04	0,03	0,05	0,05	0,03
Fe/(Fe + Mg)	0,36	0,38	0,45	0,35	0,33	0,44	0,36	0,45

kalcitu a dolomitu v lokálnych strižných štruktúrach (mylonitové zóny) segmentujúcich zlatonosné žily, ako aj v samotných zlatonosných žilách. Aj výskyt Ag-Pb-Bi sulfosolí, chalkopyritu a sfaleritu (Bohaté-východ) najpravdepodobnejšie patrí do kremenno-sulfidickej mineralizácie.

Lokálne zvýšený obsah kovov (Au do 3,23 ppm, As 19 110 ppm, Sb 393 ppm, Cu 541 ppm) v šošovkovitých kremenných žilách (Bodnárka, Bohaté-Runina diera) a zvýšený obsah Ag (16,9 ppm), Pb (1092 ppm) a Zn (1749 ppm) v mylonitových zónach bez Au-Bi-Te mineralizácie (pozri tab. 1) je výsledkom naloženej karbonátovej a kremenno-sulfidickej mineralizácie alebo remobilizácie kovov (resp. časti kovov) zo starších mineralizovaných štruktúr (napr. podobných študovanej Au-Bi-Te mineralizácii) pri vzniku sineckej strižnej zóny.

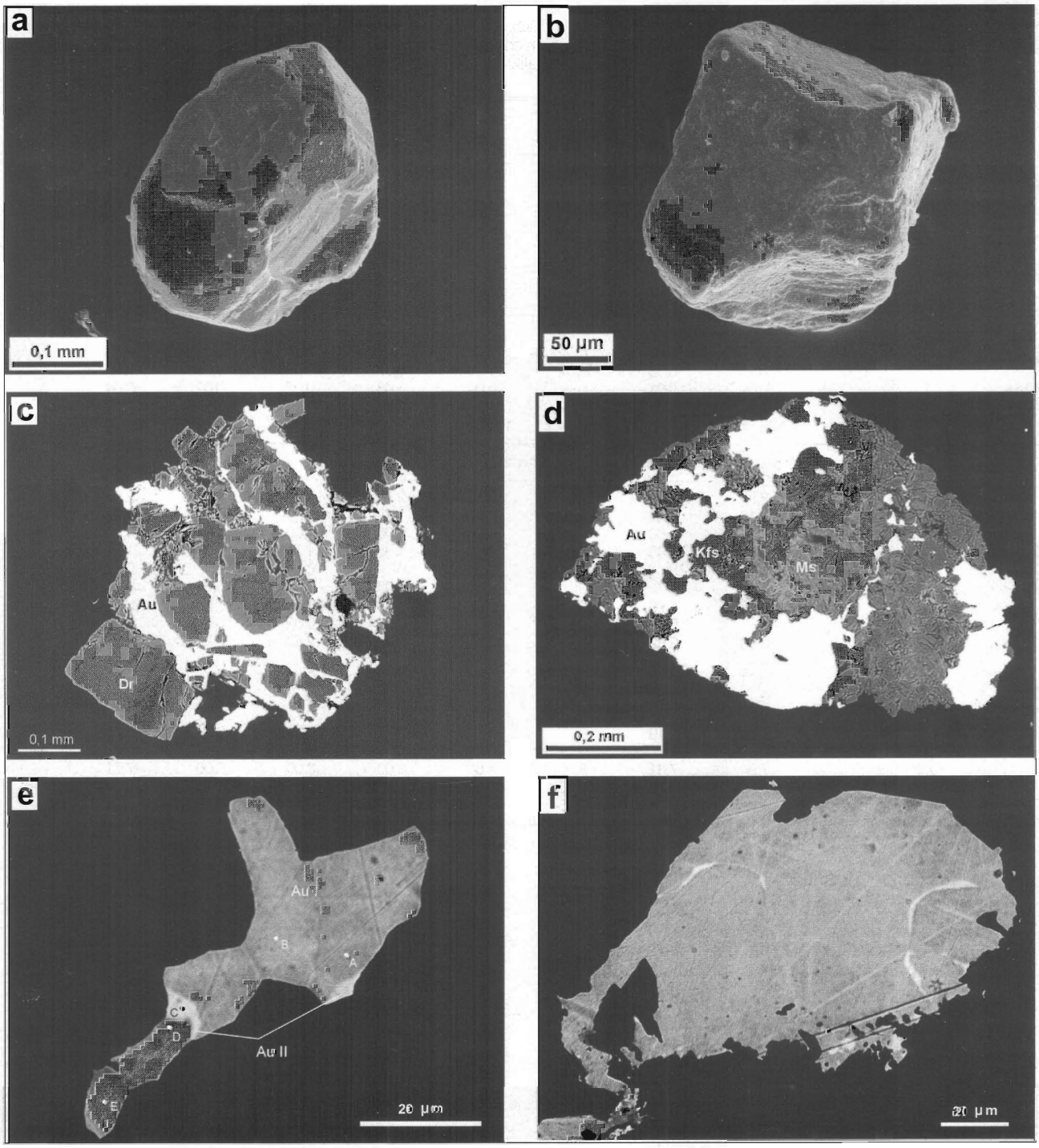
Opis minerálov

Kremeň

Kremeň zlatonosných žíl je makroskopicky biely až sivobiely. V kremennej žilovine je miestami pozorovateľný pozvoľný prechod do variety krištáľ a záhneda. Kremeň je pomerne hrubokryštalický (kremenné zrná pozorované v nábruse sú priemerne veľké cca 0,5–1 cm) a našli sa v ňom dôkazy o vnútrokryštalickej deformácii (undulozita, deformačné pásky a lamely). V menšej miere sa zistili prejavy dynamickej rekryštalizácie kremeňa, ktorú dokumentuje vznik zŕn novo sa tvoriaceho kremeňa (zrná sú priemerne veľké 0,03–0,05 mm) a migrácia okrajov kremenných zŕn. Najmladšia deformácia v krehkom režime sa prejavuje drvením žilnej výplne (vznikom puklín a mikroposunov). V dutinách zlatonosných žíl sa pozorovali kryštály kremeňa (varieta krištáľ) veľké do 0,5 cm porastené ihlicovitými kryštálmi dravitu.

Dravit

Dravit býva bežnou súčasťou zlatonosných žíl, ako aj rozsypov a jeho pozícia v zlatonosných žilách indikuje, že sa vyskytuje v dvoch generáciách. Staršia vytvára kataklázované agregáty kryštálov (kryštály sú veľké do 2–2,5 mm) na kontakte zlatonosných žíl s horninou. Ojedinele bola zistená katakláza dravitu s puklinami vyhojenými zlatom (obr. 6c). Mladšia generácia dravitu



Obr. 6. a, b – kryštály zlata, Sinec-Strieborná studnička, SEM, **c** – pukliny v kataklázovanom zrne dravitu (Dr) vyhojené zlatom (Au), Bohaté, BSE, **d** – zlato (Au) prerastené s draselným živcom (Kfs) a s muskovitovými agregátmi (Ms), Bohaté, BSE, **e** – žilky mladšieho, vysokorýdzeho zlata (Au II) v starších typoch zlata (Au I). Na porovnanie chemického zloženia jednotlivých typov zlata pozri tab. 7 (analýzy/body označené A až E), Bohaté-východ, BSE, **f** – žilky mladšieho, vysokorýdzeho zlata (biele) v staršom, nižšierýdzom zlate (svetlosivé), Bohaté-východ, BSE.

Fig. 6. a, b – gold crystals, Sinec-Strieborná studnička, SEM, **c** – fissures in cataclased grain of dravite are healed by the gold (Au), Bohaté, BSE, **d** – intergrowths of the gold (Au) with K-feldspar (Kfs) and muscovite aggregates (Ms), Bohaté, BSE, **e** – veinlets of younger high-fineness gold (Au II) in older generation of gold (Au I). For comparison of the chemical composition of individual types of gold see Tab. 7 (analyses/points marked A to E), Bohaté-east, BSE, **f** – veinlets of younger high-fineness gold (white) in the older lower-fineness gold (light gray), Bohaté-east, BSE.

vystupuje v centrálnych častiach zlatonosných žíl, často v asociácii s klinochlórom a tvorí ihlicovité kryštály veľké do 3 mm, ktoré kryštalizujú do dutín a puklín, v ktorých narastajú na číre kryštály kremeňa. Makroskopicky je dravit čierny, jednotlivé väčšie kryštáliky sú priesvitné a majú hnedastý nádych. Študované vzorky dravitu majú stabilné chemické zloženie (tab. 2, obr. 7).

Klinochlór

Klinochlór býva bežnou súčasťou zlatonosných žíl, ako aj žíl alpského typu a na puklinách kremeňa tvorí agregáty šupinkovitých kryštálov (agregáty sú veľké okolo 1–2 mm) tmavozelenej až čiernozelenej farby. Vo väčších dutinách kremeňa zlatonosných žíl sa zistil v asociácii s dravitom, ktorý obrastá, a so zlatom (obr. 6d). V spätne rozptýlených elektrónoch je zonálny, čo je výsledok kolísania obsahu Mg a Fe (tab. 3).

Karbonáty

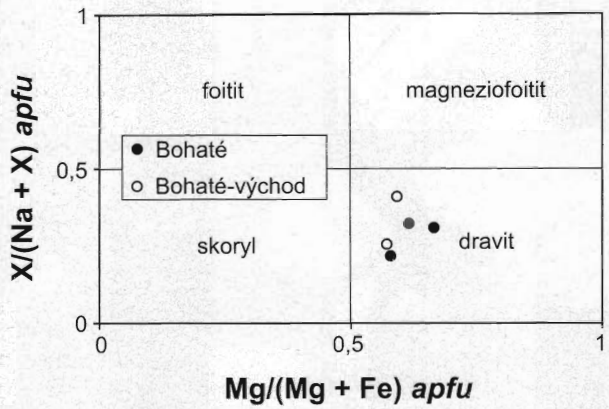
Karbonáty sa skúmali v zlatonosných žilách a v mladších mylonitových zónach, ktoré ich segmentujú a posúvajú. V obidvoch prípadoch sú identické z hľadiska chemického zloženia a majú rovnaký vývoj. V zlatonosných žilách patria medzi najmladšie minerály. Tvoria hniezda (do 5 cm) v kremeni, ako aj žilky (hrubé do 1 cm) sledujúce rozhranie jednotlivých kremenných zŕn. Lokálne sa vylučovali blízko zŕn novo sa tvoriaceho kremeňa (vzniknutého pri dynamickej rekryštalizácii). Podľa chemického zloženia sa tu vyskytuje kalcit a dolomit (tab. 4). Kalcit je lokálne dominantným minerálom, tvorí „základ" karbonátových hniezd a žiliek, zatiaľ čo dolomit sa vyskytuje iba v podobe inklúzií v kalcite veľkých okolo 6–8 μm. V iných prípadoch (napr. na obr. 5) v žilovine dominuje dolomit. Kalcit má relatívne monotónne zloženie, charakteristické iba miernym kolísaním obsahu Fe (0,02–4,37 wt. % $FeCO_3$), kým v dolomite sa naopak výrazne prejavuje substitúcia Mg/Fe (6,75–17,44 hmot. % $FeCO_3$, 28,95–38,12 hmot. % $MgCO_3$). Substitúcia Fe/Ca a Mg/Ca sa v dolomite neuplatňuje.

Pyrit

Pyrit je najhojnejším sulfidickým minerálom Au-Bi-Te mineralizácie. Vytvára idiomorfné kryštály tvaru kocky, zriedkavejšie oktaédra a alotriomorfné zrná veľké do 3 mm. Po puklinách a okrajoch býva zatláčaný oxidmi a hydroxidmi Fe. Miestami sa pozorovali úplné pseudomorfózy oxidov a hydroxidov Fe po pyrite. Pyrit ojedinele prerážajú žilôčky bližšie neurčenej Bi-Ag sulfosoli. Relikty montanitu v oxidoch a hydroxidoch Fe (obr. 8c) naznačujú, že pyrit je pravdepodobne najstarším minerálom zlatonosných žíl. Vzácne sa zistilo narastanie zlata na oktaédrický kryštál pyritu.

Ag-Pb-Bi sulfosoli

Tieto sulfosoli sa vzácne pozorovali na lokalite Bohaté-východ. Tvoria veľmi drobné žilôčky (60 μm x 3 μm)



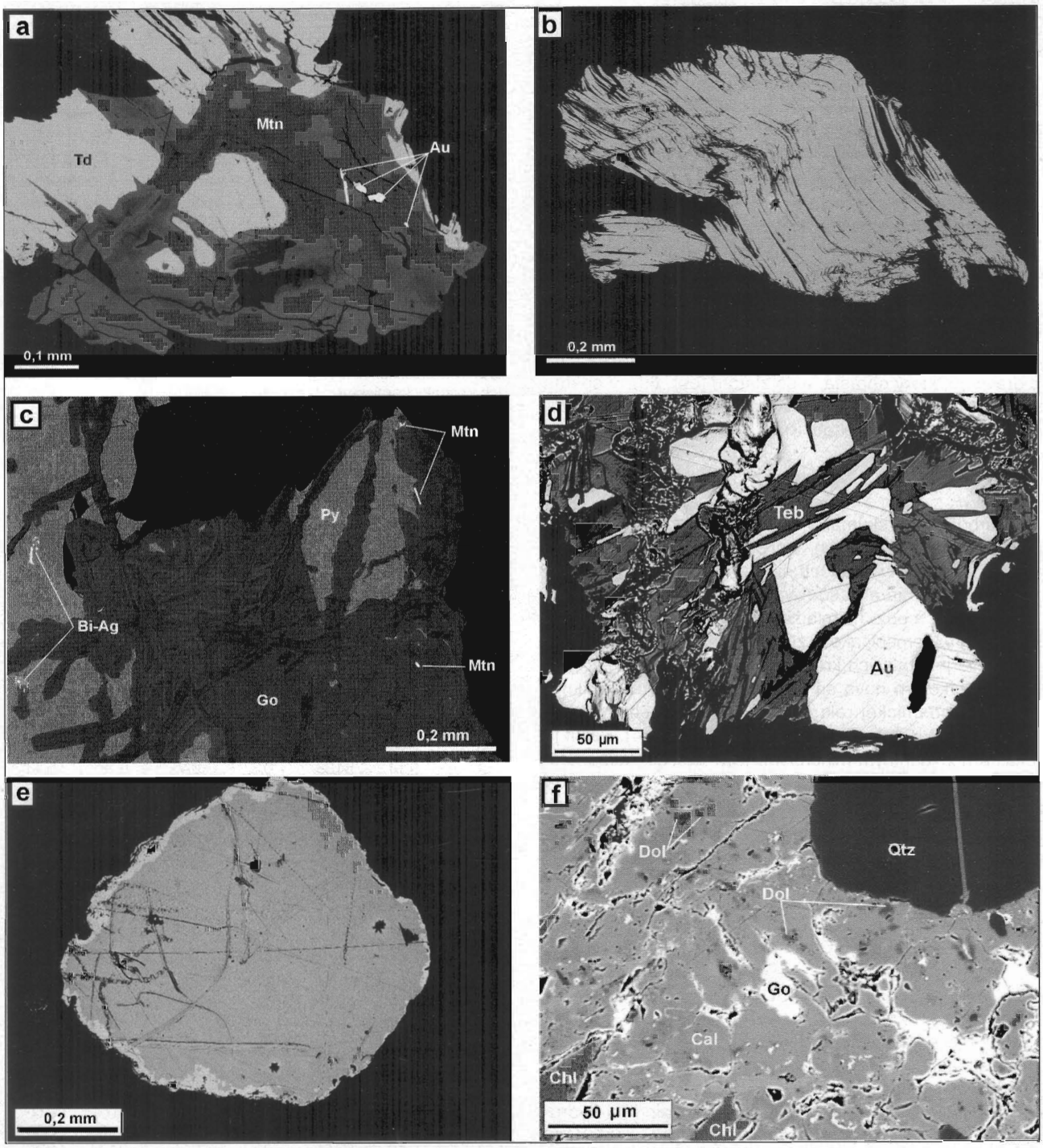
Obr. 7. Klasifikácia turmalínov z lokality Bohaté-východ na základe ich kryštalochemických vlastností.

Fig. 7. Classification of tourmalines from the Bohaté-east locality on the basis of their crystallochemic properties.

a drobné inklúzie (s priemerom do 3 μm) v pyrite (obr. 8c). Chemické zloženie Ag-Pb-Bi sulfosolí dokumentuje tab. 5. Pre malé rozmery a kontamináciu Fe z okolitého pyritu

Tab. 4
Elektrónové mikroanalýzy karbonátov z lokality Bohaté-východ
Electron microprobe analyses of carbonates from Bohaté-east locality

	hmot. %/weight %					
	MgO	CaO	FeO	MnO	SrO	Σ
1	0,41	54,64	0,43	0,03	0,01	55,52
2	0,53	51,94	2,71	0,21	0,02	55,41
3	0,14	54,38	0,33	0,45	0,13	55,43
4	0,08	54,67	0,07	0,21	0,12	55,15
5	0,18	53,92	0,24	0,56	0,18	55,08
6	0,69	55,32	0,02	0,00	0,00	56,03
7	0,32	53,88	0,79	0,79	–	55,78
8	0,64	54,71	0,71	0,49	0,00	56,55
9	0,72	52,95	0,86	0,33	0,07	54,93
10	17,74	29,63	4,18	0,81	0,06	52,42
11	17,49	29,93	4,81	0,68	0,01	52,92
12	17,34	29,86	4,82	0,69	0,00	52,71
13	18,21	29,54	4,25	0,73	0,00	52,73
14	15,95	29,19	6,57	1,45	–	53,16
15	13,83	29,36	11,00	0,50	–	54,69
16	16,27	29,50	6,55	1,23	0,04	53,59
17	15,57	29,05	7,75	1,04	0,04	53,45
	$MgCO_3$	$CaCO_3$	$FeCO_3$	$MnCO_3$	$SrCO_3$	Σ
1	0,86	97,59	0,7	0,04	0,01	99,21
2	1,11	92,77	4,37	0,34	0,03	98,62
3	0,3	97,14	0,54	0,74	0,19	98,90
4	0,16	97,65	0,10	0,35	0,17	98,43
5	0,39	96,32	0,38	0,90	0,26	98,24
6	1,45	98,82	0,02	0,00	0,00	100,29
7	0,67	96,24	1,28	1,28	–	99,47
8	1,34	97,73	1,15	0,80	0,00	101,01
9	1,51	94,58	1,39	0,54	0,10	98,12
10	37,16	52,92	6,75	1,31	0,08	98,22
11	36,61	53,46	7,75	1,10	0,01	98,94
12	36,3	53,34	7,78	1,11	0,00	98,53
13	38,12	52,77	6,85	1,18	0,00	98,92
14	33,4	52,14	10,60	2,36	–	98,49
15	28,95	52,44	17,74	0,81	–	99,95
16	34,07	52,72	10,57	1,99	0,60	99,40
17	32,81	51,88	12,51	1,68	0,05	98,93



Obr. 8. a – tetradymit (Td) zatláčaný zonálnym montanitom (Mtn). Montanit uzatvára žilky a nepravidelné zrná zlata (Au), Bohaté-východ, BSE, **b** – jemne deformovaný lupeňovitý agregát tetradymitu, Bohaté-východ, BSE, **c** – nepravidelné kataklázované zrno pyritu (Py) vyhojené a zatláčané goethitom (Go). Ag-Pb-Bi sulfosoli (Bi-Ag) tvoria drobné žilky a zrniečka v pyrite. Goethit uzatvára drobné relikty montanitových agregátov (Mtn). Bohaté-východ, BSE, **d** – prerastanie zlata (Au) a telurobizmutitu (Teb), Sinec-Strieborná studnička, BSE, **e** – zlato z aluviálnych sedimentov, lem vysokorýdzeho zlata (biely) na zlatinke s nižšou rýdzosťou (sivá), Bohaté, BSE, **f** – inklúzie dolomitu (Dol) v kalcite (Cal). Agregáty kremeňa (Qtz) a chloritu (Chl) uzatvára kalcit. Goethit (Go) vypĺňa pukliny a dutinky v kalcite. Bohaté-východ, BSE.

Fig. 8. a – Tetradymite (Td) replaced by zonal montanite (Mtn). Veinlets and irregular grains of gold (Au) are enclosed by montanite. Bohaté-east, BSE, **b** – moderately deformed lamelliferous aggregate of the tetradymite, Bohaté-east, BSE, **c** – Cataclased irregular grain of pyrite (Py) healed and replaced by goethite (Go). Ag-Pb-Bi sulphosalts (Bi-Ag) form small veinlets and grains in pyrite. Relicts of the montanite enclosed by goethite. Bohaté-east, BSE, **d** – intergrowths of gold (Au) and tellurobismuthite (Teb), Sinec-Strieborná studnička, BSE, **e** – Gold from the alluvial sediments. Low-fineness gold (grey) rimmed by the high-fineness gold (white). Bohaté, BSE, **f** – Dolomite (Dol) inclusions in the calcite (Cal). Quartz (Qtz) and chlorite (Chl) aggregates are enclosed by calcite. Fissures and caverns in calcite are filled by goethite (Go), Bohaté-east. BSE.

Tab. 5
Elektrónové mikroanalýzy Ag-Pb-Bi sulfosolí z lokality Bohaté-východ s prepočtom na atómové %
Electron microprobe analyses of Ag-Pb-Bi sulphosalts from Bohaté-east locality converted on atomic %

	Ag	Sb	Bi	Pb	Cu	Fe	Zn	Cd	Cl	S	Σ hmot./Σ wt. %
1	6,21	1,53	61,32	4,79	1,61	3,58	0,04	0,23	0,00	18,88	98,2
2	8,72	4,89	43,71	19,13	0,77	3,33	0,03	0,16	0,02	18,21	98,97
3	9,14	3,01	46,63	16,90	0,50	4,56	0,01	0,28	0,02	19,37	100,44
4	8,76	1,51	59,25	6,02	0,47	2,90	0,05	0,37	0,00	17,90	97,23
						atómové %/atomic %					
1	5,39	1,18	27,48	2,16	2,38	6,00	0,06	0,19	0,00	55,16	
2	7,59	3,77	19,64	8,67	1,15	5,61	0,05	0,13	0,04	53,35	
3	7,63	2,22	20,08	7,34	0,71	7,35	0,02	0,23	0,05	54,37	
4	7,9	1,21	27,58	2,83	0,72	5,06	0,07	0,32	0,00	54,32	

sa nedali bližšie určiť. Podľa ich chemického zloženia však možno predbežne tvrdiť, že najpravdepodobnejšie ide o minerály pavonitovej homologickej série (benjaminit /?/, makovickyit /?/).

Chalkopyrit

Chalkopyrit sa vzácne nachádzal v materiáli z vrtu KO-3. Vyhojuje drobné puklinky (0,03 x 0,1 mm) v pyritových kryštáloch a prerastá s agregátmi sfaleritu, v ktorom sa pozorovali jeho hojné odmiešaniny. V kalcitových žilkách tvorí nepravidelné zrná (do 0,1 mm).

Sfalerit

Sfalerit sa pozoroval v materiáli z vrtu KO-3. Tvorí nepravidelné zrná (0,2 x 0,8 mm) v kalcitových žilkách a zhlukoch obsahujúce hojné odmiešaniny chalkopyritu (veľkosť okolo 0,001 mm), s ktorým aj prerastá. Lokálne obrastá okraje pyritových zŕn. Má pomerne monotónne chemické zloženie (tab. 6). Pozoruhodnejší je iba zvýšený obsah Fe (do 9,16 hmot. %) a Cd (do 0,73 hmot. %).

Pyrotit

Pyrotit sa pozoroval iba veľmi vzácne (vrt KO-3). Tvorí nepravidelné agregáty zŕn narastajúce na idiomorfný kryštál pyritu.

Zlato

Zlato sa študovalo zo zlatonosných kremenných žíl lokality Bohaté-východ, z eluviálno-deluviálnych ryžovísk v pramennej oblasti Studeného potoka (Sinec-Strieborná studnička) a z aluviálnych a eluviálno-deluviálnych ryžovísk na Bohatom. Zlatinky zo všetkých výskytov majú typickú zlatožltú farbu, zhodnú morfológiu a vystupujú v podobných parageneticky asociáciách. Zlato z aluviálnych rozsypov sa odlišuje len vyšším stupňom mechanického opracovania pri transporte. Hojne sa vyskytuje v asociácii s rôznymi silikátmi. Intímne zrasty zlata s kremeňom sú zriedkavé, lebo v kremeni najčastejšie vypĺňa intergranulárne priestory a pukliny. Uzatvára ihlicovité kryštály dravitu a vyhojuje jeho kataklázované kryštály (obr 6c). Zlato zatláčajú lupeňovité kryštály klinochlóru, muskovitu a zriedka sa zistilo aj v asociácii s K živcom (obr. 6d) a rutilom. Ojedinele ho zatláča a uzatvára tetradymit, telurobizmutit a montanit (obr. 8a, d). Približne 20–30 % zlatiniek kryštalizovalo v drúzových dutinách a má vyvinuté dokonalé kryštálové plochy s intenzívnym kovovým leskom. Hojné sú aj idiomorfné kryštály zlata veľké do 0,3 mm (obr. 6a, b). Najväčší zistený samostatný kryštál zlata je veľký 1,5 mm. Väčšina zlatiniek tvorí členité kríčkovité a hrudkovité agregáty veľké 0,2–1 mm, maximálne až do 3 mm. Priemerná veľkosť zlatiniek sa pohybuje okolo 0,2–0,3 mm. Z rozsypov na Bohatom je však známy aj ojedinelý nález plochej zlatinky veľkej až 8 x 6 x 1 mm.

Tab. 6
Elektrónová mikroanalýza sfaleritu z lokality Bohaté-východ
Electron microprobe analyses of sphalerite from Bohaté-east locality

	Zn	Fe	Hg	In	Cu	Cd	Mn	S	Σ hmot. %/Σ wt. %
1	57,70	9,16	0	0,05	0,05	0,73	0,01	33,40	101,1
2	59,44	7,20	0	0,09	0,05	0,69	0,03	33,40	100,89
3	59,76	7,08	0	0,08	0,02	0,68	0,04	33,45	101,12
					atómové koeficienty prepočítané na 2 atómy/atomic proportions calculated on the basis of 2 atoms				
1	0,84	0,16				0,01		1,00	$(Zn_{0,84}Fe_{0,16}Cd_{0,01})_{1,01}S_{1,00}$
2	0,87	0,12				0,01		1,00	$(Zn_{0,87}Fe_{0,12}Cd_{0,01})_{1,00}S_{1,00}$
3	0,87	0,12				0,01		1,00	$(Zn_{0,87}Fe_{0,12}Cd_{0,01})_{1,00}S_{1,00}$

Tab. 7
Vybrané elektrónové mikroanalýzy zlata z výskytov v sz. časti masívu Sinca
Selected electron microprobe analyses of gold from occurrences in the NW part of Sinec massif

	Au	Ag	Te	Fe	Se	Hg	Bi	Sb	Cu	Σ hmot. %/Σ wt. %
1	94,85	4,35	0	–	0	0,68	–	0,01	0,03	99,91
2	94,93	4,32	0,02	–	0	0,56	–	0	0,02	99,84
3	81,44	18	0,03	–	0	0,13	–	0,08	0	99,7
4	91,16	9,07	0	0,01	–	0,34	0	0,09	0,03	100,71
5	90,79	8,91	0,03	0	–	0,59	0	0,02	0	100,35
6	88,05	12,21	0,05	0,04	–	0,16	0	0,11	0	100,62
7	96,91	2,89	0	0	–	0,37	0	0	0	100,17
8	88,18	11,33	0	0,01	–	0,26	0	0	0	99,77
9	86,29	13,89	0,08	0,04	–	0,31	0	0,07	0	100,7
10	91,81	7,57	0,02	0,01	–	0,75	0	0	0	100,15
11	92,32	8,16	0	0,04	–	0,19	0	0	0,03	100,75
12	90,57	9,72	0,03	0,02	–	0	0	0,05	0	100,38
13	90,47	9,9	0	0	–	0,39	0	0	0,04	100,81
14	99,04	1,66	0	0,03	–	0	0	0	0	100,74
15	99,58	0,03	0,03	–	0	0,03	–	0	0	99,67
16	98,96	0,69	0,02	–	0	0,09	–	0	0	99,75
17	99,48	1,03	0	–	0	0	–	0	0	100,51
18	90,93	8,42	0,02	–	0	0,3	–	0	0	99,68
19	91,2	8,64	0	–	0	0,37	–	0	0,02	100,22
20	82,82	17,6	0	–	0	0,41	–	0	0,01	100,82
21	79,68	20,61	0	–	0	0,53	–	0	0	100,82
22	79,44	20,25	0,06	–	0	0,28	–	0,02	0	100,04
23	79,54	20,1	0,08	–	0	0,52	–	0	0,01	100,25
24	79,85	19,87	0,03	0	–	0,56	0,06	0	0	100,37
25	76,77	22,86	0,02	0	–	0	0	0	0	99,66
26	94,68	5,08	0	0	–	0,27	0	0	0,03	100,07
27	89,03	11,68	0,03	0,02	–	0,31	0,59	0	0,06	101,71
28	93,1	6,56	0	0	–	0	0	0	0	99,66
29	93,27	6,31	0	0,01	–	0,19	0	0,02	0,04	99,83
30	72,01	27,77	0,05	0,01	–	0,54	0,02	0	0	100,4
31	69,51	28,77	0	0	–	0,73	0	0	0	99,01
32	90,41	9,54	0,02	0,01	–	0,53	0	0	0	100,51
33	97,3	3,13	0,03	0,03	–	0,36	0,03	0	0,02	100,91
34	98,17	1,08	0,04	0,01	–	0,07	0	0	0	99,37
35	99,1	0,36	0,07	–	0	0	–	0,04	0	99,57
36	98,38	1,13	0	–	0,02	0,02	–	0	0	99,55
37	89,41	9,26	0,01	0,01	–	0,37	0,95	0	0	100
38	95,34	3,58	0,07	0	–	0	1,57	0	0	100,56
39	86,32	9,86	0,21	0	–	0,14	3,74	0	0,02	100,29
40/A	88,53	9,22	0,08	0	–	0,2	1,47	0	0,01	99,51
41/B	89,91	8,98	0,01	0,04	–	0,56	0,15	0,03	0,02	99,69
42/C	98,17	0,22	0,01	0	–	0,03	0,52	0	0	98,97
43/D	87,25	12,04	0,02	0	–	0	0,41	0	0,01	99,73
44/E	87,71	9,44	0,07	0,02	–	0,16	1,21	0	0	98,61
45	93,41	5,66	0,03	0	–	0,26	0	0,01	0,01	99,39
46	89,77	9,11	0	0	–	0,5	0	0	0	99,38
47	93,39	6,71	0,04	0	–	0,3	0	0,01	0,04	100,49
48	93,87	5,28	0	0	–	0,26	0	0	0,04	99,45
49	90,1	8,71	0	0	–	0,53	0	0	0	99,34
50	92,44	6,41	0	0	–	0,58	0	0	0,06	99,5
51	90,41	8,66	0,02	0,01	–	0,51	0	0,09	0,02	99,71
52	99	0,33	0	0,04	–	0	0	0,01	0	99,38

Lokality: anal. 1–17 – Bohaté (rozsyp), 18–36 – Sinec-Strieborná studnička (rozsyp), 37–52 – Bohaté-východ (prim. mineralizácia)
Asociácie: anal. 1–9, 18–23, 45–51 – samostatné zlatinky alebo v asociácii s kremeňom a turmalínom, 10, 11, 24–27, 37–44 – zlato v asociácii s Te, Bi minerálmi, 12, 13, 28–32 – zlato v asociácii s muskovitom, chloritom a K živcom, 14, 33, 34, 52 – vysokorýdze žilky zlata. 15–17, 35, 36 – vysokorýdzi lem na zlatinkách z rozsypov

Localities: anal. 1–17 – Bohaté (placer), 18–36 – Sinec-Strieborná studnička (placer), 37–52 – Bohaté-east (prim. mineralization)
Associations: anal. 1–9, 18–23, 45–51 – isolated gold grains or in association with quartz and tourmaline, 10, 11, 24–27, 37–44 – gold in association with Te, Bi minerals, 12, 13, 28–32 – gold in association with muscovite, chlorite and K-feldspar, 14, 33, 34, 52 – high-fineness gold veinlets, 15–17, 35, 36 – gold-rich rims in placer gold

Tab. 8a
Elektrónové mikroanalýzy Bi-Te minerálov z lokalít Bohaté, Bohaté-východ a Sinec-Strieborná studnička
Electron microprobe analyses of Bi-Te minerals from the Bohaté, Bohaté-east and Sinec-Strieborná studnička localities

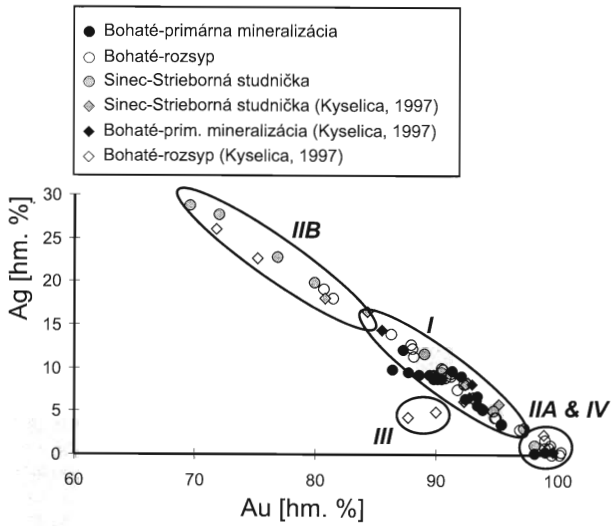
	hmotnostné %/weight %													
	Bi	Sb	As	Ag	Au	Hg	Fe	Cd	Cu	Pb	S	Se	Te	Σ
1	61,03	0,01	0	0,03	0,1	0,25	0	0,05	0,02	0	4,99	0,15	34,14	100,77
2	60,76	0,29	0	0	0,15	0	0,02	0,06	0	0	5,17	0,20	33,62	100,26
3	60,07	0,16	0	0	0	0	0	0	0,02	0	4,99	0,01	34,24	99,49
4	60,92	0,18	0	0	0	0	0	0,10	0	0	4,92	0,01	34,42	100,55
5	60,91	0,15	0	0,05	0	0,12	0,02	0,01	0	0	5,12	0,05	33,83	100,27
6	60,46	0,31	0	0	0	0,02	0	0,12	0,03	0	5,07	0,17	34,50	100,69
7	61,52	0,27	0	0,01	0	0	0,04	0,03	0,02	0	5,15	0	34,21	101,25
8	60,89	0,31	0	0,01	0,02	0	0	0,06	0	0	5,11	0,02	34,33	100,74
9	60,81	0,24	0	0,03	0,09	0,17	0	0,12	0,03	0	5,33	0,03	34,02	100,88
10	61,18	0,04	0	0,12	0,02	0	0	0,10	0	0	5,31	0,07	33,88	100,73
11	61,35	0,29	0	0	0,19	0	0	0,07	0	0	5,09	0	34,49	101,48
12	61,39	0,17	0	0,03	0	0	0,01	0,05	0,01	0	5,13	0,14	34,19	101,12
13	60,69	0,29	0	0	0	0	0	0,01	0	0	5,26	0	33,63	99,88
14	61,59	0,01	0	0,03	0	0	0	0	0,02	0	5,11	0	34,85	101,62
15	51,73	0	0	1,2	1,19	0,22	0	0,12	0	0	0	0,19	45,75	100,40
16	54,02	0	0	1,31	0,37	0	0,01	0	0	0	0	0,30	45,50	100,50
17	52,50	0,13	0	0,03	0,7	0	0,25	0,13	0,07	3,67	0	0	17,66	75,15
18	59,89	0	0	0	0	0	0	0,03	0,04	0	0	0	20,14	80,11
19	59,23	0	0	0	0	0,1	0	0,1	0,11	0	0	0	19,81	79,36
20	59,09	0,04	0	0,15	0,22	0	0,04	0,11	0,05	0	0,04	0	20,16	79,88
21	59,02	0,04	0	0	0	0	0,02	0	0,10	0	0	0	19,73	78,91
22	58,19	0,03	0	0	0	0	0,15	0,09	0,12	0	0	0	19,41	77,99
23	57,32	0	0	0,03	0,03	0,06	0	0	0,12	0	0	0,04	19,40	76,99
24	58,30	0,13	0	0	0	0	0	0,02	0,09	0	0	0	18,83	77,36
25	58,41	0,11	0	0	0	0	0	0,06	0,1	0	0	0,01	18,72	77,40
26	56,89	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,08	19,70	76,77
27	57,53	0	0	0	0,18	0,04	0,04	0	0,13	0	0	0,01	18,72	76,70
28	59,10	0	0	0,12	0,17	0	0	0,13	0,17	0	0,01	0,03	19,52	79,19
29	58,56	0	0	0,04	0,18	0	0	0,17	0,46	0	0,01	0	18,35	77,67
30*	61,68												18,83	80,51
31+	56,55		0,08					0,06					19,82	76,51

Analýzy: 1 až 14 – tetradymit, 15 až 16 – telurobizmutit, 17 až 29 – montanit, 30* – montanit, teoretické zloženie, 31+ – montanit (Sejkora et al., 2004)

Analyses: 1 to 14 – tetradymite, 15 to 16 – tellurobismuthite, 17 to 29 – montanite, 30* – montanite, theoretical composition, 31+ – montanite (Sejkora et al., 2004)

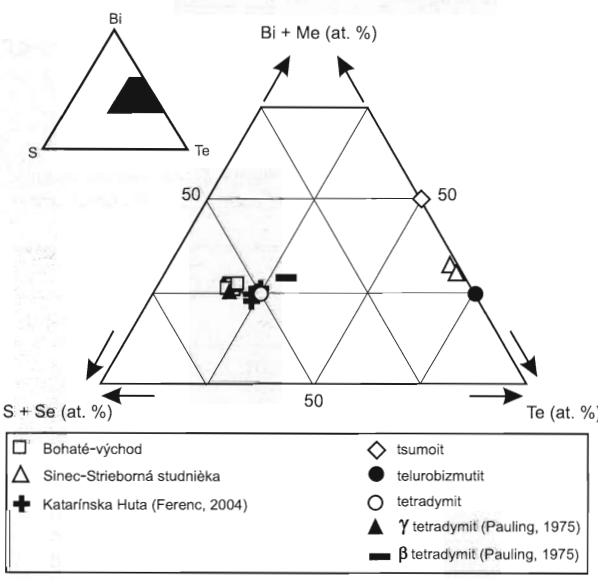
Tab. 8b
Kryštalochemické koeficienty tetradymitu (5 atómov) a telurobizmutitu (5 atómov) z predchádzajúcej tabuľky (Td – tetradymit, Teb – telurobizmutit)
Crystallochemical coefficients of tetradymite (5 atoms) and tellurobismuthite (5 atoms) from previous table (Td – tetradymite, Teb – tellurobismuthite)

	atómové koeficienty/atomic proportions												
	Bi	Sb	Ag	Au	Hg	Fe	Cd	Cu	Pb	S	Se	Te	minerál
1	2,03									1,08	0,01	1,86	Td
2	2,02	0,02		0,01						1,12	0,02	1,83	Td
3	2,02	0,01								1,09		1,88	Td
4	2,03	0,01					0,01			1,07		1,88	Td
5	2,03	0,01								1,11		1,85	Td
6	2,00	0,02					0,01			1,09	0,02	1,87	Td
7	2,03	0,02								1,11		1,85	Td
8	2,02	0,02								1,10		1,86	Td
9	2,00	0,01			0,01					1,14		1,83	Td
10	2,02		0,01							1,14		1,83	Td
11	2,02	0,02		0,01						1,09		1,86	Td
12	2,03	0,01								1,10	0,01	1,85	Td
13	2,02	0,02								1,14		1,83	Td
14	2,03									1,10		1,88	Td
15	1,97		0,09	0,05	0,01		0,01				0,02	2,86	Teb
16	2,04		0,10	0,02							0,03	2,82	Teb



Obr. 9. Graf závislosti Au a Ag v zlate z výskytov v sz. oblasti Sinca. I – zlato 1. generácie, IIA – žilky vysokorýdzeho zlata remobilizované pravdepodobne pri metamorfných procesoch, IIB – zlato zistené v asociácii s Te, Bi minerálmi a tiež pravdepodobne z karbonátovej a kremenno-sulfidickej mineralizácie, III – zlato so zvýšeným obsahom Hg (pochádza pravdepodobne z karbonátovej a kremenno-sulfidickej mineralizácie), IV – vysokorýdzi lem zlatiniek z rozsypov.

Fig. 9. Plot of Au vs. Ag in gold from occurrences in north-western part of Sinec massif. I – first generation (main) gold, IIA – high-fineness gold veinlets, IIB – gold in association with Te, Bi minerals and probably from carbonate and quartz-sulphide mineralization, III – gold with increased content of Hg (originating from carbonate and quartz-sulphide mineralization), IV – gold-rich rims in placer gold.



Obr. 10. Priemety analýz tetradymitu a telurobizmutitu zo sz. svahov Sinca. K obsahu Bi sa prirátal obsah Sb, Au, Ag, Hg, Fe, Cu, Cd a Pb.

Fig. 10. Analyses of the tetradymite and tellurobismuthite from the NW slopes of Sinec massif. Contents of Sb, Au, Ag, Hg, Fe, Cu, Cd and Pb were added to Bi content.

Podľa chemického zloženia (tab. 7), výstupu v rozličných parageneticky asociáciách a analógie s inými blízkymi lokalitami možno na študovaných lokalitách vyčleniť päť genetických typov zlata (obr. 9).

Nasledujúci opis sa uvádza podľa rýdzosti zlata. Zlato s najvyššou rýdzosťou (982–1000) tvorí vysokorýdzi lem (IV. generácia) na aluviálnych zlatinkách v rozsypoch na Bohatom. Vysokú rýdzosť a veľmi podobné chemické zloženie ako vysokorýdzi lem zlatiniek z rozsypov má aj generácia IIA primárneho zlata. Toto zlato tvorí žilky hrubé 1 až 5 μm a izometrické zrná v zlatinkách I. generácie nižšej rýdzosti, ktorá predstavuje hlavný objem zlata v kremenných žilách (obr. 6e, f), má rýdzosť približne okolo 850–950 a obsahuje 4,35–14,42 hmot. % Ag. Z ostatných prímesí dosahuje vyššiu koncentráciu najmä Bi. Jeho veľmi kolísavý obsah (0–3,74 hmot. % Bi), a to najmä v zlate v asociácii s tetradymitom a telurobizmutitom, je pre malé rozmery analyzovaných zŕn a intímne prerastanie týchto minerálov diskutabilný. Obsah Hg v študovanom zlate dosahuje maximálne 0,74 hmot. %, ale Kyselica (1997) z rozsypov na Bohatom opísal aj nugget s obsahom 3,46 a 5,47 hmot. % Hg (IV. generácia). Zlato s najnižšou rýdzosťou, približne od 690 do 840 (generácia IIB), tvorí zóny v staršom zlate (obr. 6e). V poli priemetov elektrónových mikroanalýz zlata generácie IIB sú aj zlatinky získané z rozsypov pochádzajúcich pravdepodobne aj z mladších sulfidických paragenéz kremenno-sulfidickej a karbonátovej mineralizácie typu Klenovec-Medené. Zlato III. generácie sa vyčlenilo na základe vysokého obsahu Hg a i ono geneticky pravdepodobne patrí kremenno-sulfidickej mineralizácii.

Ojedinele sa v rozsypoch na všetkých opisovaných lokalitách vyskytujú hrudkovité zlatinky hnedožltej až mosadznej farby s matným kovovým leskom. Nerovnosti a priehlbinky na ich povrchu väčšinou vypĺňa jemný zemitý hnedý až hnedočierny povlak. Okrem farby a morfológie sa odlišujú aj chemickým zložením. Podľa orientačnej elektrónovej mikroanalýzy sú to nehomogénne zrná intermetalických zliatín Au, Hg, Ag a v niektorých fázach sa zistil aj zvýšený obsah Sn. Podľa chemického zloženia týchto zŕn pravdepodobne ide o antropogénny produkt.

Tetradymit

Tetradymit sa vyskytuje v zlatonosných žilách na lokalite Bohaté-východ. Tvorí nepravidelné agregáty lupeňovitých kryštálov (dĺžka do 6 a hrúbka 0,5–1,5 mm) s dokonalou štiepateľnosťou podľa (0001) v kremeni, často v asociácii s dravitom, klinochlórom a zlatom. Má oceľovosivú až striebornú farbu s intenzívnym kovovým leskom. Z podrveného materiálu zlatonosných žíl sa vyseparovali jeho jednotlivé lupene (obr. 8b) veľké do 2,5 mm. Jednotlivé zrná tetradymitu po okrajoch, puklinkách, ako aj po plochách štiepateľnosti zatláča montanit. Nepravidelné žilky zlata uzatvorené v montanite pôvodne zatláčal tetradymit (obr. 8a). Chemické zloženie tetradymitu je pomerne homogénne (tab. 8a, analýza 1 až 14). Priemety analýz v ternárnom diagrame Bi-Te-S (obr. 10) ukazujú odchýlku od štandardného zloženia Bi_2Te_2S, pričom dobre koreš-

pondujú s tzv. γ tetradymitom ($Bi_{14}Te_{13}S_8$), ktorý na základe modelových predstáv o štruktúre tetradymitu navrhol Pauling (1975). Zloženie študovaného tetradymitu možno vyjadriť kryštalochemickým vzorcom (tab. 8b) $(Bi_{2.02-2.03}Sb_{0.01-0.02}Au_{0.01-0.05}Ag_{0.01-0.09}Hg_{0.01}Cd_{0.01})_{2.07-2.21}Te_{1.83-1.88}(S_{1.07-1.14}Se_{0.01-0.03})_{1.08-1.17}$.

Telurobizmutit

Telurobizmutit sa identifikoval na lokalite Sinec-Strieborná studnička v materiáli z eluviálno-deluviálnych rozsypov, čo indikuje jeho možnú prítomnosť aj v primárnych zlatonosných žilách. Vytvára lupeňovité kryštály veľké do 0,6 mm s dokonalou štiepateľnosťou podľa (0001). Vystupuje v asociácii so zlatom, ktoré pravdepodobne zatláča (obr. 8d). Jeho chemické zloženie (tab. 8a, analýzy 15–16) možno vyjadriť priemerným kryštalochemickým vzorcom $(Bi_{2.01}Ag_{0.07}Au_{0.02}Cd_{0.01})_{2.11}(Se_{0.03}Te_{2.84})_{2.87}$, ktorý sa blíži ideálnemu zloženiu (obr. 10).

Montanit

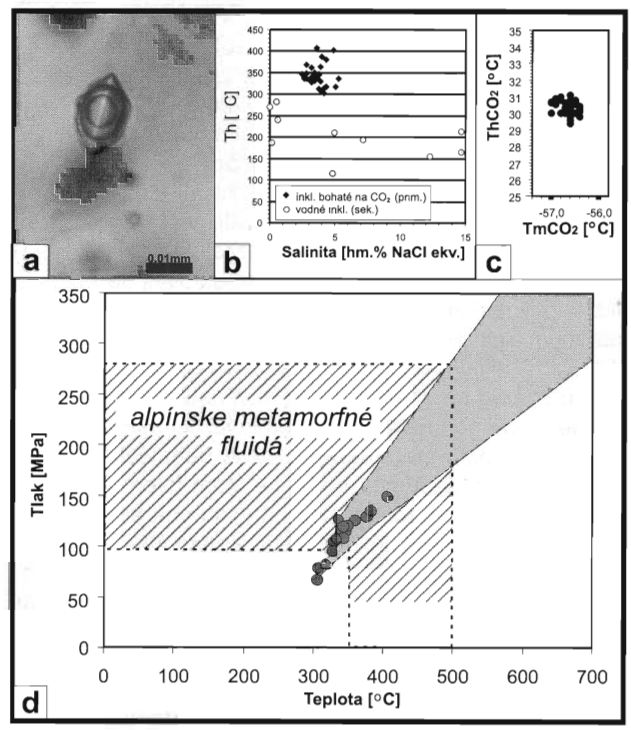
Montanit v študovanej oblasti patrí medzi relatívne rozšírené produkty supergénnych procesov. Makroskopicky vytvára žltú, hnedožltú a okrovú hrudkovitú limonitu podobnú zemitú masu prerastenú tetradymitom a zlatom. Po puklinách a plochách štiepateľnosti zatláča Te-Bi minerály a tvorí aj lem zŕn tetradymitu hrubý do 0,25 mm. Často prerastá so zlatom z aluviálno-deluviálnych rozsypov a v takých prípadoch si ho makroskopicky možno ľahko pomýliť s limonitom. Toto prerastanie indikuje pôvodné prerastanie zlata s tetradymitom, podobne ako pri primárnej mineralizácii. V spätne odrazených elektrónoch je montanit zonálny (obr. 8a) a zonalitu spôsobuje najmä kolísajúci obsah Bi a Te (tab. 8a, analýza 17 až 29). Obsah kovov a ich suma v študovanom mineráli dobre korešpondujú s obsahom kovov teoretického montanitu ($Bi_2TeO_6 \cdot 2H_2O$), ako aj montanitu zo Župkova (Sejkora et al., 2004, pozri tab. 8a).

Fluidné inklúzie

Pôvodné primárne fluidné inklúzie v zlatonosnom kremeni sú pravdepodobne prírodne dekrepitované, čo naznačuje, že kremeň kryštalizoval pri nižších teplotno-tlakových podmienkach ako maximum alpínskej metamorfózy veporika. Charakter sekundárnych fluidných inklúzií v zlatonosnom kremeni zodpovedá metamorfným fluidám zisteným v primárnej pozícii v mladšom metamorfnom kremeni.

Kremeň zo šošovkovitých žíl paralelných s metamorfnou foliáciou okolitých hornín obsahuje veľmi veľa primárnych a pseudosekundárnych fluidných inklúzií. Bežne sú veľké okolo 5–10 μm, ale nie sú zriedkavé ani inklúzie veľké až 30 μm. Pri izbovej teplote sú väčšinou trojfázové, zložené z kvapalného a plynného CO_2 a z vodného roztoku solí (obr. 11a). Veľmi často (najmä inklúzie do 5–7 μm) majú tvar kryštálových negatívov kremeňa. Objem CO_2 pri teplote homogenizácie, ktorá sa pohybuje veľmi tesne v rozmedzí 29,4–31,1 °C (obr. 11c), dosahuje 0,45–0,82 obj. %. Vodný roztok má salinitu od 1 do 6 hmot. % NaCl ekv. Teplota homogenizácie inklúzií kolíše od 303 do 407 °C a maximálna nameraná sa pohybuje okolo 350 °C (obr. 11b). Dekrepitácia väčšiny fluidných inklúzií nastáva pri teplote od 350 do 400 °C. Metamorfný kremeň zo žíl alpského typu kryštalizoval pri tlaku najmenej 70–160 MPa (obr. 11d).

Sekundárne a bližšie nedefinovateľné fluidné inklúzie zachytené v pásoch a na puklinách metamorfného kremeňa nemožno bezpečne zaradiť do niektorého zo známych typov mineralizácie v okolí študovanej lokality. Vystupujú podradne a ich veľkosť je merateľná iba veľmi zriedka. Ide o dvojfázové vodné inklúzie nepravidelného tvaru s plynovou bublinou. Niekoľko zdokumentovaných inklúzií podľa homogenizačnej teploty a salinity tvorí tri skupiny (obr. 11b). Prvá homogenizovala pri teplote od 180 do 280 °C a salinita inklúzií je veľmi nízka (do 1 hmot. % NaCl ekv.), druhá má vyššiu salinitu – od 5 do 7 hmot. % NaCl ekv. – a tretia pravdepodobne reprezentuje fluidá



Obr. 11. a – typická fluidná inklúzia bohatá na CO_2 z kremeňa metamorfných žíl alpského typu na Sinci, **b** – diagram závislosti homogenizačnej teploty a salinity fluidných inklúzií z kremeňa metamorfných žíl alpského typu na Sinci, **c** – diagram závislosti teploty topenia a homogenizácie CO_2 vo fluidných inklúziách z kremeňa metamorfných žíl alpského typu na Sinci, **d** – izochory fluidných inklúzií bohatých na CO_2 z kremeňa metamorfných žíl alpského typu na Sinci. Teplota 350–500 °C zodpovedá alpínskej metamorfóze v sineckej zóne (podľa Kováčika et al., 1996).

Fig. 11. a – typical CO_2-rich inclusion from metamorphic quartz veins in Sinec massif, **b** – plot of homogenization temperature vs. salinity of fluid inclusions in metamorphic quartz veins in Sinec massif, **c** – plot of melting temperature vs. homogenization temperature of CO_2 in fluid inclusions from metamorphic quartz veins in Sinec massif, **d** – isochoric envelopes for the CO_2-rich fluid inclusions from metamorphic quartz veins in Sinec massif.

karbonátovej a kremenno-sulfidickej mineralizácie so salinitou od 12 do 15 hmot. % NaCl ekv. a s teplotou homogenizácie od 150 do 220 °C. Hodnoty priemetov sekundárnych fluidných inklúzií v prípade väčšieho štatistického súboru meraní by sa dali interpretovať aj ako postupný prienik chladnejších salinných meteorických roztokov a ich miešanie s nízkosalinnými metamorfnými roztokmi.

Diskusia a záver

Skúmaná mineralizácia je jedinečným a doteraz neopísaným typom Au mineralizácie nielen vo veporiku, ale ani v Západných Karpatoch. Svojou tektonickou pozíciou a špecifickou mineralogickou charakteristikou je pravdepodobne jedným z najstarších typov hydrotermálnej žilnej rudnej mineralizácie vo veporiku.

Mineralizácia sa nachádza výlučne v sineckej strižnej zóne. Zlatonosné žily sú kulisovite usporiadané s orientáciou pod uhlom 75–90° na generálny smer sineckej strižnej zóny (SV–JZ). Sukcesia žilných a tektonických systémov, hrúbka žíl, ich malá dĺžka v pomere k relatívne veľkému hĺbkovému dosahu a štruktúrne postavenie svedčia o tom, že rudonosné roztoky cirkulovali v krátkych tenzných trhlinách za vzniku šošovkovitých žíl nestálej hrúbky (tzv. *gash veins*), ktoré mohli vznikať v iniciálnom štádiu vývoja strižnej zóny (Hodgson, 1989). Segmentácia žíl s Au-Bi-Te mineralizáciou žilami alpského typu dokumentuje, že opisovaná mineralizácia vznikla pred maximom alpínskej metamorfózy. Maluski et al. (1993) staršiu alpínsku metamorfnú udalosť datovali do obdobia okolo 140 miliónov rokov. Podľa Plašienku et al. (1999) maximum alpínskej metamorfózy veporika prebehlo v období okolo 110 miliónov rokov. Priestorovú spätosť Au-Bi-Te mineralizácie so zónami výskytu mastenca v sineckej strižnej zóne podmienil vznik vhodných štruktúr, na ktorých pri prieniku metamorfných fluíd bohatých na SiO_2 vznikli polohy mastenca s magnezitom (Németh et al., 2004). Po mladšej tektonickej udalosti charakteristickej vznikom mylonitov a strižných zón smeru SV–JZ po exhumácii kryštalinika veporika nasledovala zmena deformácie, pre ktorú bol typický vznik krehkých štruktúr orientácie SZ–JV (Madarás et al., 1996). Všetky tieto štruktúry sú veľmi dobre definovateľné aj na študovanej lokalite.

Deštrukčný vplyv alpínskej metamorfózy (a s ňou spätých deformačných udalostí) na mineralizované štruktúry znemožnil štúdium primárnych fluidných inklúzií a stabilných izotopov. Podľa zistenej minerálnej asociácie (turmalín, tetradymit, telurobizmutit, zlato) možno predpokladať endogénny, pravdepodobne magmatický zdroj roztokov resp. ich zmiešavanie s meteorickými. Častý výskyt turmalínu dokumentuje, že hydrotermálne roztoky boli obohatené o prchavé zložky, kým veľmi nízky podiel pyritu v žilovine o nízkom obsahu tiokomplexov. Magmatický pôvod Au mineralizácie podporuje aj výskyt dajok leukokratných granitoidov a pegmatitov nejasného postavenia v bezprostrednom okolí lokality aj v širšom rámci sineckej strižnej zóny. O magmatickom zdroji pre Au-Bi-Te mineralizáciu v sineckej strižnej zóne svedčí aj typomorfizmus zlata. Bohatý výskyt zlatiniek s kryštálovými tvarmi (kryštalizácia zlata do voľných priestorov drúzových dutín) je typický pre zlato magmatického pôvodu. Genetická podobnosť so supergénnym zlatom (častý výskyt kryštálových tvarov) je vylúčená nielen na základe paragenetických vzťahov, ale aj štruktúrne, lebo zlato sa vyskytuje len na kremenných žilách (určitého smeru), no v mladších štruktúrach chýba.

Hydrotermálna mineralizácia so zlatom spätá s granitoidným magmatizmom, lokalizovaná napr. v strižných zónach Yilgarn Cratonu (Západná Austrália), vznikala pri teplote od 250 do 600 °C a pri tlaku 100 až 400 MPa. Je typická minerálnou asociáciou Au, Ag, As, Bi, Te ± W a Mo (lokálne s nízkou koncentráciou Cu, Pb a Zn) a vzniká z nízkosalinných až strednosalinných blízkoneutrálnych H_2O-CO_2 ± CH_4 roztokov (Cassidy et al., 1998). Podobné kremenno-turmalínové žily s Au-Te-Bi mineralizáciou proterozoického veku v oblasti Abitibi v Kanade vznikli ako výplň deformačných štruktúr v strižných zónach. Fluidné inklúzie typu H_2O-CO_2-CH_4 sú nízkosalinné (4–9 hmot. % NaCl ekv.) a homogenizovali pri teplote 190–350 °C (Olivo a Williams-Jones, 2002). Pre niektoré typy mezotermálnej (vrchnokriedovej až eocénnej) Au mineralizácie v strižných zónach na Aljaške je charakteristický nízky obsah sulfidov v žilovine. Fluidné inklúzie majú zloženie H_2O-CO_2-CH_4-N_2 so salinitou nižšou ako 8 hmot. % NaCl ekv. Zlatonosné žily vznikali pri teplote 225 až 375 °C v hĺbke 3–10 km. Uvažuje sa o zmiešanom magmaticko-metamorfnom (prítomnosť dusíka) zdroji energie a fluíd, pričom väčšina zlata sa vylúhovala z hornín pri metamorfóze vo fácii zelených bridlíc až amfibolitovej fácie (Goldfarb et al., 1997).

Au-Bi-Te mineralizácia v sineckej strižnej zóne vznikla pred maximom alpínskej metamorfózy veporika prebiehajúcej pri teplote okolo 350–500 °C a tlaku 200–400 MPa (Kováčik et al., 1996). Šošovkovité kremenné žily alpského typu najpravdepodobnejšie vznikli ako výsledok úniku veľkého množstva fluíd výrazne obohatených o SiO_2 v čase maxima alpínskej metamorfózy južného veporika. Tento kremeň kryštalizoval z nízkosalinných roztokov bohatých na CO_2 pri teplote okolo 300–400 °C. Izochory vypočítané podľa Bowersa a Helgesona (1983) zodpovedajú zachyteniu inklúzií pri tlaku najmenej 70–160 MPa. Ak maximálna teplota alpínskej metamorfózy južného veporika dosiahla 500 °C (Kováčik et al., 1996), prienik izochorickej obálky pri takejto teplote umožňuje zistiť maximálny tlak kryštalizácie metamorfných žíl alpského typu v oblasti Bohatého, a to okolo 300 MPa (obr. 11d). Zistené mikrotermometrické údaje sa úplne zhodujú s publikovanými výsledkami Huraia et al. (1997) o alpínskych metamorfných fluidách vo veporiku. Hurai et al. (1991) predpokladajú, že vek kryštalizácie minerálov žíl alpského typu nie je nižší ako 92 miliónov rokov. Podľa Németha et al. (2004) teplota deformačného prostredia pri vzniku mladších tenzných trhlín AD_2 nebola vyššia ako 300 °C. Na základe analógie s podobnými mineralizáciami vo svete a známych tektonometamorfných podmienok sineckej strižnej zóny možno predpokladať, že Au-Te-Bi mineralizácia pravdepodobne

vznikla pri teplote okolo 250–300 °C, o čom svedčí aj vyššieteplotná asociácia zistených hydrotermálnych minerálov. P-T podmienky alpínskej metamorfózy kryštalinika veporika, ktoré publikoval Plašienka et al. (1999), nie sú akceptovateľné, lebo študovaná Au-Bi-Te mineralizácia by bola úplne deštruovaná. Ako najpravdepodobnejší zdroj fluíd sa ukazuje granitoidný magmatizmus kriedového veku, hoci vylúčiť nemožno ani vplyv metamorfných roztokov derivovaných v počiatočných fázach metamorfózy. Tento magmatizmus však zostáva iba hypotetický, pretože doteraz jediný dokázaný kriedový granit (81–82 miliónov rokov) ovplyvňujúci rudotvorné procesy vo veporiku je tzv rochovský granit (Hraško et al., 1998). Pegmatity a dajkové telesá leukokratného granitu v širšom okolí výskytov Au-Te-Bi mineralizácie môžu predstavovať vrchnú úroveň granitoidného telesa, ktoré v štádiu regionálnej extenzie intrudovalo do podložia sineckého komplexu, najmä do oslabenej sineckej strižnej zóny. Na základe paragenetických vzťahov medzi generáciami kremenných žíl, geologických a štruktúrnych faktorov predpokladáme, že ide o mineralizáciu, ktorá vznikla pred vrchnou jurou až spodnou kriedou pred maximom alpínskej metamorfózy veporika.

Zdrojom rudonosného fluida teoreticky mohli byť aj neskorohercýnske (permské) postorogénne monzogranity a granitové porfýry klenovského typu (Hraško et al., 1989), vystupujúce najmä v areáli albitickej ruly rovnakého typu. Permský vek intrúzií sa predpokladá na základe ich geochemickej afinity ku gemerickým granitom (Hraško et al., 1997), ktoré sú väčšinou permské. Aj keď je vek klenovských granitoidov od uvažovaného veku Au-Bi-Te mineralizácie vzdialený, je možné, že sa alpínsky metamorfne prepracovali neskôr, keď intrúzie alebo ich časti mohli byť zatiahnuté hlbšie do vznikajúcej sineckej strižnej zóny. Pri tejto deformácii sa mohli uvoľniť fluidá bohaté na prchavé zložky a s nízkym obsahom tiokomplexov, ktoré precipitovali vo vhodných tektonických štruktúrach v plytších častiach strižnej zóny.

Poďakovanie. Práca bola financovaná z úlohy 2898 Hodnotenie geologicko-surovinového potenciálu oblasti Slovenské rudohorie-západ a možnosti jeho využitia pre rozvoj regiónu a 0503 Metalogenetické hodnotenie územia Slovenskej republiky. Ďakujeme Ing. M. Fabiánovi z MAJESTIC Ltd. company za poskytnutie vzoriek vrtných jadier z oblasti Sinca na mineralogické štúdium.

Literatúra

Bakos, F., Chovan, M., Bačo, P., Bahna, B., Ferenc, Š., Hvožďara, P., Jeleň, S., Kamhalová, M., Kaňa, R., Knésl, J., Krasnec, Ľ., Križáni, I., Maťo, Ľ., Mikuš, T., Pauditš, P., Sombathy, L. & Šály, J., 2004: Zlato na Slovensku. *Bratislava, Vyd. Slovenský skauting, 298.*

Bezák, V., 1982: Komplexy metamorfitov a granitoidov v kohútskom pásme veporíd. *Geol. Práce Spr., 78, 65–70.*

Bezák, V., 1988: Tektonický vývoj juhozápadnej časti veporika. *Mineralia Slov., 2, 131–142.*

Bezák, V., Hraško, Ľ., Konečný, V., Kováčik, M., Madarás, J., Plašienka, D. & Pristaš, J., 1999a: Geologická mapa Slovenského rudohoria-západná časť. *Bratislava, ŠGÚDŠ.*

Bezák, V., Hraško, Ľ., Kováčik, M., Madarás, J., Siman, P., Pristaš, J., Dublan, L., Konečný, V., Plašienka, D., Vozárová, A., Kubeš, P., Švasta, J., Slavkay, M. & Liščák, P., 1999b: Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského rudohoria-západná časť M 1 50 000. *Bratislava, GSSR, 178.*

Bodnar, R., 1993: Revised equation and table for determing the freezing point depression of H_2O-NaCl solutions. *Geochim. cosmochim. Acta, 57, 683–684.*

Bowers, T. S. & Helgeson, H. V., 1983: Calculation of the thermodynamic and geochemical consequences of nonideal mixing in the system H_2O-CO_2-NaCl on phase relations in geological systems: Equation of state for H_2O-CO_2-NaCl fluids at high pressures and temperatures. *Geochim. cosmochim. Acta, 47, 1247–1275.*

Cassidy, K. F., Groves, D. I. & McNaughton, N. J., 1998: Late-Archean granitoid-hosted lode-gold deposits, Yilgarn Craton, Western Australia. Deposit characteristics, crustal architecture and implications for ore genesis. *Ore Geol. Reviews, 13, 65–102.*

Darling, R. S., 1991 An extended equation to calculate NaCl contents from final clathrate melting temperatures in H_2O-CO_2-NaCl fluid inclusions: Implications for P-T isochore location. *Geochim. cosmochim. Acta, 55, 3869–3871*

Ferenc, Š., 2004. Nové výskyty minerálov telúru v západnej časti Slovenského rudohoria. *Mineralia Slov., 3–4, 317–322.*

Ferenc, Š., Bakos, F. & Maťo, Ľ., 2004. Metalogenetický vývoj rudných mineralizácií v severnej a severozápadnej oblasti Sinca. Slovenské rudohorie – veporikum (predbežné výsledky). Mineralógia Západných Karpát a Českého masívu 2004 – Bratislava a Banský Studenec. *Zborník abstraktov, 25–29.*

Goldfarb, R. J., Miller, L. D., Leach, D. L. & Snee, L. W., 1997: Gold deposits in metamorphic rocks of Alaska. *Econ. Geol. Monograph., 9, 151–190.*

Hodgson, C. J., 1989: The structure of shear related, vein type gold deposits: A review. *Ore Geology Reviews, 4, 231–273.*

Hraško, Ľ., Molák, B. & Chmelík, F., 1989: Niekoľko poznatkov o petrogenéze hornín z vrtu KS-1 (vjv. okolie Klenovca). *Spr. výsk. GÚDŠ, Bratislava, 113–120.*

Hraško, Ľ., Bezák, V. & Molák, B., 1997: Postorogénne peraluminózne dvojsľudné granity a granitové porfýry v kohútskej zóne veporika (oblasť Klenovec–Zlatno). *Mineralia Slov., 29, 113–135.*

Hraško, Ľ., Kotov, B. A., Salnikova, E. B. & Kovach, V. P., 1998: Enclaves in the Rochovce granite intrusion as indicators of the temperature and the origin of magma. *Geol. Carpath., 2, 125–138.*

Hurai, V., Dávidová, Š. & Kantor, J., 1991 Adulár z alpských trhlín veporického kryštalinika. morfológia, fyzikálno-chemické vlastnosti, fluidné inklúzie a K/Ar vek. *Mineralia Slov., 2, 133–144.*

Hurai, V., Klaus, S. & Bezák, V., 1997: Contrasting chemistry and H, O, C isotope composition of greenschist-facies, Hercynian and Alpine metamorphic fluids (Western Carpathians). *Chem. Geol. (Amsterdam), 136, 281–293.*

Hvožďara, P., 1999: Ryžoviská zlata v Západných Karpatoch. *Mineralia Slov., 31, 241–248.*

Klinec, A., 1966: K problémom stavby a vzniku veporského kryštalinika. *Sbor. geol. Vied. Západ. Karpaty, 6, 7–28.*

Kováčik, M., Kráľ, J. & Maluski, H., 1996: Alpínsky metamorfný a termochronologický vývoj juhoveporických predalpínskych metamorfitov. *Mineralia Slov., 28, 185–202.*

Kyselica, M., 1997: Mineralógia zlata na vybraných lokalitách JZ veporika. [Diplomová práca.] *Manuskript – archív Katedry mineralógie a petrológie Prírodovedeckej fakulty UK, Bratislava, 70.*

Lázníčka, P., 1962: Příspěvky k poznání drobných rudních výskytů v okolí Tisovce, Hnúšte, Klenovce a Kokavy (veporidy). *Manuskript – archív Geofond Bratislava, 233.*

Lázníčka, P., 1963: Metasomatické ložisko pod Medeným u Klenovce a geologie jeho okolí. *Sbor. Nár Muz., Praha, 19, 1, 151.*

Madarás, J., Hók, J., Siman, P., Bezák, V., Ledru, P. & Lexa, O., 1996: Extension tectonics and exhumation of crystalline basement of the Veporicum Unit (Central Western Carpathians). *Slov. geol. mag., 3–4, 179–183.*

Maluski, H., Rajlich, P. & Matte, P., 1993: ^{40}Ar–^{39}Ar datting of the Inner Carpathians Variscan basement and Alpine mylonitic overprinting. *Tectonophysics, 233, 313–337.*

Németh, Z., Prochaska, W., Radvanec, M., Kováčik, M., Madarás,

J., KODĚRA, P & HRAŠKO, Ľ., 2004: Magnesite and talc origin in the sequence of geodynamic events in Veporicum (Inner Western Carpathians, Slovakia). *Acta petrol. sin., 20, 4, 837–854.*

OLIVO, G. R. & WILLIAMS-JONES, A. E., 2002: Genesis of the auriferous C quartz-tourmaline vein of the Siscoe mine, Val d Or district, Abitibi subprovince, Canada: Structural, mineralogical and fluid inclusion contraints. *Econ. Geol., 97, 929–947.*

PAULING, L., 1975: The formula, structure and chemical bonding of tetradymite, $Bi_{14}Te_{18}S_8$ and the phase $Bi_{14}Te_{15}S_6$. *Amer. Mineralogist, 60, 994–997.*

PETRO, M., 1977: Metalogenéza veporíd. Čiastková záverečná správa. *Manuskript – archív Geofond Bratislava, 95.*

PLAŠIENKA, D., JANÁK, M., LUPTÁK, B., MILOVSKÝ, R. & FREY, M., 1999: Kinematics and metamorphism of Cretaceous core complex: The Veporic Unit of the Western Carpathians. *Phys. Chem. Earth, 24, 8, 651–658.*

PLATT, J. P., 1984. Secondary cleavages in ductile shear zones. *J. struct. Geol., 6, 439–442.*

RAGAN, M., 1989: Mineralogická, geochemická a paragenetická charakteristika sulfidickej mineralizácie v oblasti Hnúšte (veporikum). [Kandidátska dizertačná práca.] *Manuskript – archív Geofond Bratislava, 199.*

SEJKORA, J., LITOCHLEB, J., ČERNÝ, P. & OZDÍN, D., 2004: Bi-Te minerálna asociácia zo Župkova (Vtáčnik, Slovenská republika). *Mineralia Slov., 3–4, 303–315.*

SLAVKAY, M., BEŇKA, J., BEZÁK, V., GARGULÁK, M., HRAŠKO, Ľ., KOVÁČIK, M., PETRO, M., VOZÁROVÁ, A., HRUŠKOVIČ, S., KNÉSL, J., KNÉSLOVÁ, A., KUSEIN, M., MAŤOVÁ, V & TULIS, J., 2004: Ložiská nerastných surovín Slovenského rudohoria. Vol. 2. *Bratislava, ŠGÚDŠ, 286.*

SOMBATHY, L., 1950: Zpráva o zastavení kutacích prác v Klenovci a na Ostrej. *Manuskript – archív Geofond Bratislava, 9.*

SUCHÁR, A., TOMKO, I., LUKAJ, M. & VALKO, P., 1975: Kokava – Jelšava – Sinec – ložisko Lýdia, mastenec, VP. Čiastková záverečná správa a výpočet zásob, stav k 1. 7. 1975. *Manuskript – archív Geofond Bratislava, 123.*

SUCHÁR, A., ZLOCHA, J., ŠVANTNEROVÁ, E., CABALOVÁ, K. & VALKO, P., 1983: Kokava – Sinec-surovina mastenec, PP. Záverečná správa a výpočet zásob k 1. 1. 1983. *Manuskript – archív Geofond Bratislava, 97.*

ŠUF, J., 1937: Zpráva o nalezištích užitečných nerostů v okolí Hnúšte na Slovensku se zvláštním zřetelem ku geologickým poměrům této oblasti. *Báňský svět, 16, 2–4, 22–46.*

ŠUF, J., 1938: Zpráva o geologických poměrech a o ložiskách užitečných nerostů v okolí Kokavy na Slovensku. *Věst. St. geol. Úst., 14, 91–103.*

ZEPHAROVICH, V., 1873: Mineralogisches lexicon für das Kaisserthum Österreich, *II. Bd. Wien, Wilhelm Braumüller, 627.*

ZOUBEK, V., 1928: Geologické studie z pohoří Veporu. *Věst. St. geol. Úst. Čs. Republ., 8.*

ŽILÁK, J., 1999: Výskyt a ťažba zlatých rúd na niektorých lokalitách stredného Slovenska v druhej polovici 16. storočia. *Mineralia Slov., 31, 421–424.*

Rukopis doručený 25. 4. 2005
Revidovaná verzia doručená 20. 1 2006
Rukopis akceptovaný 21. 2. 2006

Mineralia Slovaca, 38 (2006), 241–252

Nový výskyt hydrotermálnej Au-Bi-Te mineralizácie v oblasti Krokavy (Slovenské rudohorie, veporikum)

FRANTIŠEK BAKOS[1], ŠTEFAN FERENC[2] a ĽUBOMÍR HRAŠKO[1]

[1]Štátny geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava
[2]Štátny geologický ústav D. Štúra, regionálne centrum, Kynceľovská 10, 974 01 Banská Bystrica

New occurrence of hydrothermal Au-Bi-Te mineralization in the vicinity of Krokava (Slovenské rudohorie Mts., Veporic tectonic unit)

The studied locality represents second occurrence of Au-Bi-Te mineralization in the Western Carpathians and rare mustard gold, too. Primary mineralization is partially preserved in the Lazy-východ locality near Krokava only. Lazy-západ and Háj localities represent small deluvial-eluvial to alluvial placers mined already in the Middle Ages. Vein bodies with length up to 50 m bonded to migmatites, gneisses and amphibolites have NE–SW direction. Gold-bearing quartz veins/veinlets with accessory tourmaline, pyrite, native bismuth and Bi tellurides are related to shear zones. Origin of mustard gold is connected by decomposition of unknown Au and Bi mineral phase folloving up to supergene weathering. Character of mineralization and its tectonic position suggest precipitation of ore bearing fluids in shear zone related short extension cracks. Primary fluid inclusions in gold-bearing quartz were not found. Secondary CO_2-rich fluid inclusions correspond to metamorphic fluids (salinity 0–5.6 wt. % NaCl eq., Th 298–352 °C, 93–175 MPa), which generated in the post-peak period of Alpine metamorphism of the Veporic tectonic unit. Other secondary aqueous low and high saline fluid inclusions are related to the Alpine late orogenic to postorogenic hydrothermal activity. Mineral assemblage, geological and tectonic position of Au-Bi-Te mineralization suggest magmatic source of ore bearing fluids. We assume, that Au-Bi-Te mineralization was formed before Alpine metamorphism, though after the Upper Paleozoic or Upper Jurassic granitoid intrusion.

Key words: gold, mustard gold, tellurides, shear zone, placers, fluid inclusions, metallogeny

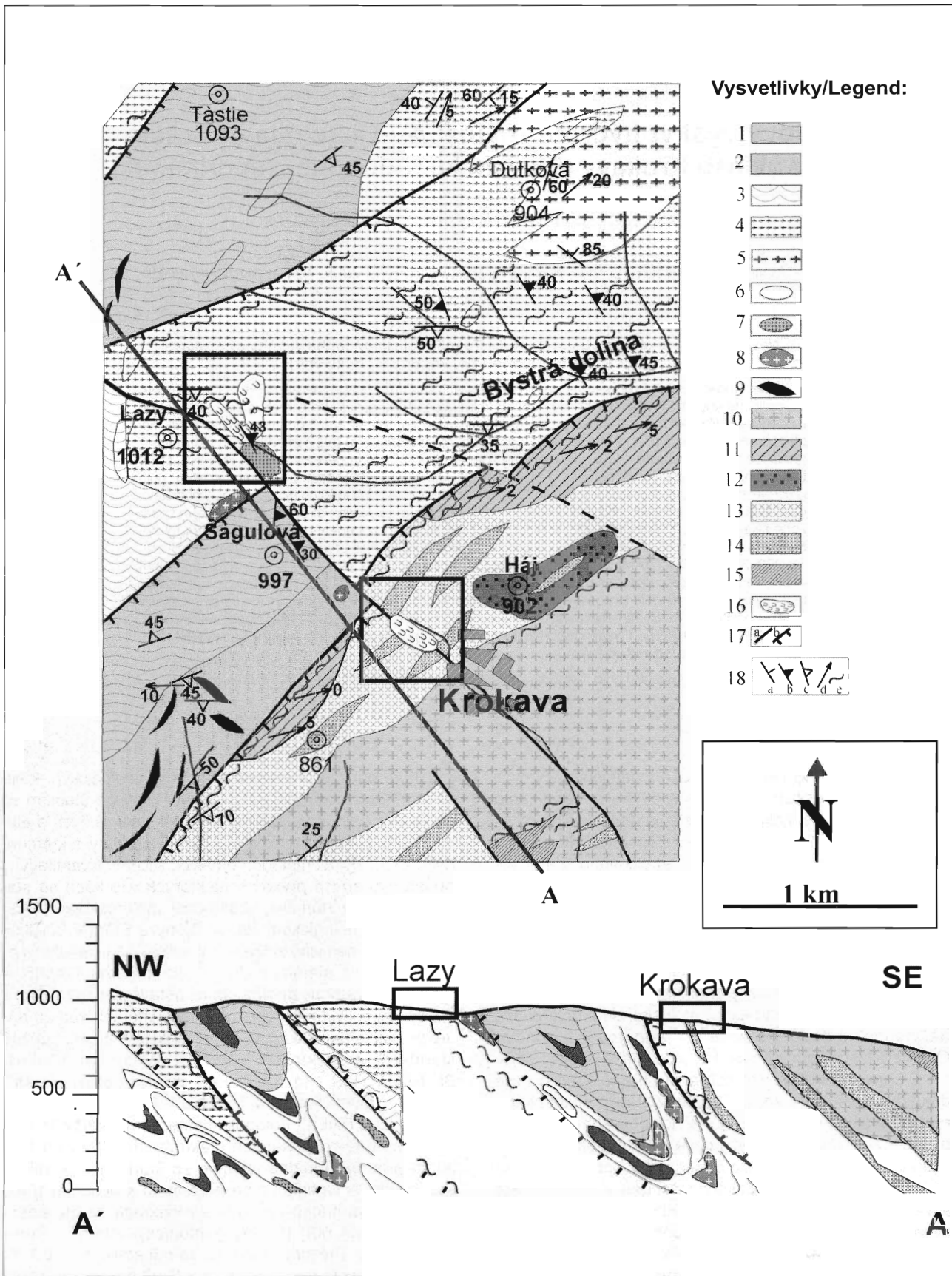
Úvod

Cieľom príspevku je opísať jeden z najmenej známych a doteraz nepreskúmaných výskytov Au mineralizácie v blízkosti Krokavy. Lokalita predstauje druhý výskyt novo-opísanej Au, Bi, Te mineralizácie v Západných Karpatoch ako aj mimoriadne vzácneho tzv. „horčicového" zlata. Výskyt sa prvýkrát spomenul v práci Chovana a Petra (1972), ktorí z neho uviedli krátke štôlničky a niekoľko menších píng. Slavkay et al. (2004) tu na dvoch lokalitách (Háj a Lazy) predpokladali hydrotermálny žilník kremeňa s Au (drahokovovou asociáciou) na kontakte granatického svoru s polohami amfibolitu a migmatitu staršieho paleozoika. Zrudnenie pokladajú za alpínske, strednokriedové až vrchnokriedové, patriace do sideritovej formácie. O mineralizácii doteraz neboli známe nijaké ďalšie údaje.

O baníckej činnosti v okolí Krokavy nie sú ani historické doklady. Presnejšie zaradiť ťažbu zlata do historického rámca môžu pomôcť zmienky starších obyvateľov Krokavy o drevenom žľabe na premývanie rudy na lokalite Lazy, nálezy čakanov a lopát, ako aj náš nález spodného mlynského kameňa na drvenie zlatonosnej rudy v koryte potoka asi 80 m pod ústím zavalenej štôlne. Tieto údaje však svedčia o neúspešných pokusoch obnoviť baníckú činnosť pravdepodobne až koncom 19. alebo začiatkom 20. stor., ale rozsypy sa asi ťažili už v stredoveku.

Metodika práce

Staré banské práce boli zamerané geologickým kompasom. Vzorky na mineralogické a chemické štúdium sa odobrali z háld píng, stien dobývok a z aluviálnych a eluviálno-deluviálnych rozsypov. Ťažké minerály z kremenných žíl sa získali metódou umelých šlichov. Kvantitatívny obsah vybraných prvkov v niektorých vzorkách sa stanovil metódou atómovej absorbčnej spektroskopie (AAS) v Štátnom geologickom ústave Dionýza Štúra v Spišskej Novej Vsi. Chemické zloženie minerálov sa skúmalo vlnovodisperznou metódou (WDS) na prístroji CAMECA SX100 v Štátnom geologickom ústave Dionýza Štúra v Bratislave. Podmienky merania boli: merací prúd 20 nA, urýchľovacie napätie 20 kV, priemer lúča 1–5 μm, použité štandardy a spektrálne čiary: Ag (AgLα), Au (AuLα), Bi (BiLα), HgS (HgLα), $CuFeS_2$ (CuKα, SKα), FeAsS (AsKα), NaCl (ClKα), Sb_2S_3 (SbLβ), Bi_2Te_3 (TeLα), PbS (PbLα), ZnS (ZnLα). Fotodokumentácia minerálov sa urobila v spätne rozptýlených elektrónoch (BSE) na tom istom prístroji. Fluidné inklúzie sa študovali na mikroskope NIKON Optinhot s objektívom so zväčšením 100x. Mikrotermometrické merania sa vykonali na zariadení LINKAM THM 600 (Štátny geologický ústav D. Štúra v Bratislave). Presnosť merania sa odhaduje na ± 0,3 °C pre teplotu okolo mínus 50 °C a ± 3 °C pre teplotu okolo


Vysvetlivky/Legend:
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
a b c d e
Tàstie
1093
Dutková
904
Bystrá dolina
Lazy
1012
Šágulová
997
Háj
902
Krokava
861
A´
A
N
1 km
1500
1000
500
0
NW
Lazy
Krokava
SE
A´
A

350 °C. Zariadenie bolo kalibrované štandardnými metódami pomocou syntetických materiálov a prírodných fluidných inklúzií ako štandardov. Salinita fluidných inklúzií sa vypočítala z teploty topenia ľadu podľa Bodnara (1993), z teploty topenia klatrátu podľa Darlinga (1991) a izochory pre inklúzie bohaté na CO_2 sa počítali podľa Bowersa a Helgesona (1983).

Geologické pomery širšieho okolia Krokavy

Obidva výskyty Au-Bi-Te mineralizácie vystupujú v kryštaliniku veporika (Hraško et al., 2005a). Kým lokalita Krokava-Lazy je v prostredí migmatitizovaných pararúl s polohami telies amfibolitov a dioritov, Krokava-Háj vystupuje v silne alpínsky deformovaných leukokratných granitoidoch prenikaných žilným rojom aplitických granitov (obr. 1). Blízko obidvoch lokalít prebieha mladší krehký zlom približne smeru SSZ–JJV.

V širšom okolí lokality Krokava-Lazy sa v horninách kryštalinika vyskytujú hercýnske štruktúrne prvky s prevahou smeru SSZ–JJV a so sklonom foliácií na VSV, ktoré potom miestami využíva mladšia alpínska tektonika deformačného štádia AD3. Pre územie sú charakteristické mylonitové až ultramylonitové zóny smeru VSV–ZJZ až V–Z s lineáciami sericitu a chloritu smeru SV–JZ. V smere SV–JZ prebehla záverečná alpínska deformácia. V geologickom reze (obr. 1) obidve lokality vystupujú v analogickom vzťahu k podložnému svorovému komplexu. Takáto pozícia v relatívne rigidnom horninovom prostredí (migmatity, granitoidy), tektonicky umiestnenom nad plastickým svorovým komplexom počas alpínskych deformačných štádií, uľahčila ich deformáciu spolu vyvinutými mineralizáciami. Žilná mineralizácia bola v závere alpínskej deformácie AD-3 (napr. Németh et al., 2004) deformačného štádia rozvlečená do štruktúr smeru SV–JZ resp. až VSV–ZJZ.

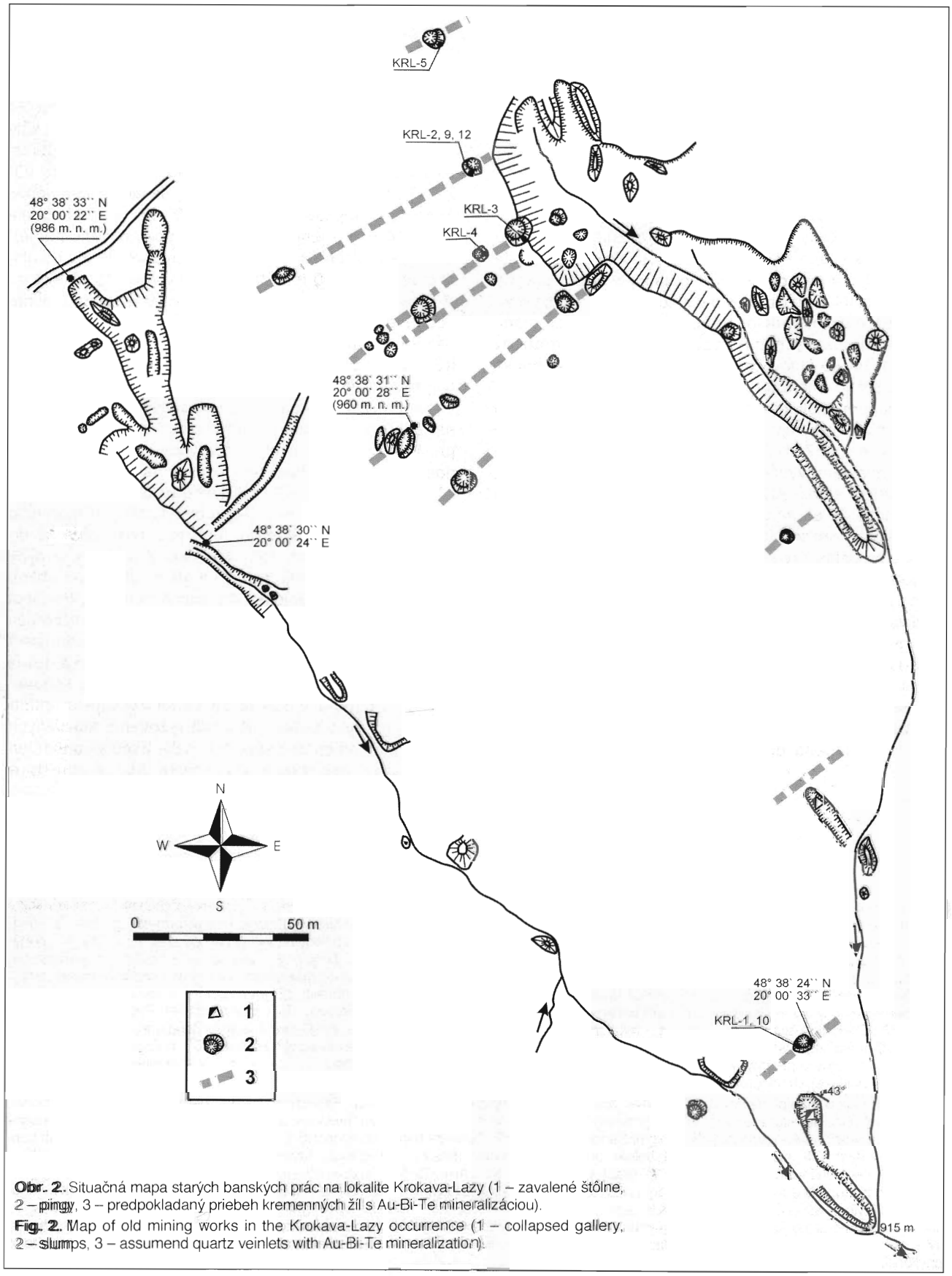
Výsledky

Lokalizácia študovaných výskytov

Lokalita *Krokava-Lazy* (obr. 1) je asi 1600 m na SZ od severného okraja Krokavy 400 až 600 m na SV od kóty Lazy (1012 m) v najvrchnejších častiach Bystrianskej doliny a jej ľavostranného prítoku (48° 38` 33`` N, 20° 00` 22`` E, nadmorská výška 986 m – severný okraj veľkej dobývky, a 48° 38` 24`` N, 20° 00` 33`` E, nadmorská výška 933 m – pinga v smernom pokračovaní štôlne). Staré banské práce a ryžoviská sa rozprestierajú na ploche asi 400 x 220 m v nadmorskej výške 915 až 986 m. V súčasnosti sú na lokalite dve zavalené štôlne pravdepodobne malého rozsahu a asi 25 píng. Pri štôlňach sa haldy nezachovali. Väčšina píng je nevýrazných a plytkých (hĺbka do 1,5 m), iba dve pingy sú hlboké okolo 3 m. Najväčší význam z hľadiska historickej ťažby majú povrchové dobývky v pramenných oblastiach potokov. Slúžili na ťažbu eluviálno-deluviálnych rozsypov, ktoré plynule prechádzajú do aluviálnych rozsypov (obr. 2) Vo väčšej dobývke (Lazy-východ) boli rozsypy na ploche 140 x 20 až 50 m v hrúbke 1–5 m (lokálne bola výška steny dobývky asi 10 m). Celkový objem vyťaženého materiálu odhadujeme minimálne na 7000 m^3, maximálne až do 12 000 m^3. V menšej dobývke (Lazy-západ) sa rozsypy ťažili na ploche približne 100 x 10 až 30 m s hrúbkou 0,5–2 m. Celkový objem vyťaženého materiálu dosiahol 2000–3000 m^3. Aluviálne rozsypy sa tiahnu v dĺžke cca 300 m od dobývky Lazy-západ a 200 m od dobývky Lazy-východ. Končia sa na sútoku potokov, kde sa dolina Bystrianskeho potoka náhle zužuje, nadobúda kaňonovitý charakter a súčasne sa veľmi zvyšuje aj sklon spádovej krivky potoka. Rozsah ryžovania aluviálnych sedimentov na tomto úseku bol malý. Svedčia o tom len sporadicky zachované ryžovnícke kopce (niektoré

◀ **Obr. 1.** Geologická mapa okolia Krokavy (upravené podľa Hraška et al., 2005). *Staršie paleozoikum:* 1 – granatické, granaticko-muskoviticko-chloritické (± biotit, plagioklas) svory, 2 – svory, svorová rula (hrubolupenitá, často s polohami grafitických bridlíc a metakvarcitov), 3 – migmatity a alpínsky deformovaná migmatitizovaná rula, 4 – migmatity a igmatitizovaná rula so silným zastúpením pararulovej zložky, 5 – porfyrické biotitické ortoruly (šlírové diatexity s výrastlicami duktilne deformovaných bielych K živcov), 6 – amfibolity, amfibolická rula (masívna, jemnozrnná, pásikovaná), 7 – amfibolické a biotiticko-amfibolické diority, 8 – serpentinizované ultramafické horniny, 9 – grafitické metakvarcity. *Spodný karbón:* 10 – svetlé, strednozrnné až hrubozrnné metamorfované granodiority (tonality až granity), 11 – svetlé strednozrnné metamorfované granodiority až granit s lineovaným biotitom. *Vrchný karbón:* 12 – sivý metapieskovec (slatvinské súvrstvie). *Perm (staroalpínska etapa?):* 13 – leukokratný, živcový, šlírový – hybridný granit s usmerneným biotitom, 14 – svetlé masívne drobnozrnné až strednozrnné aplity a aplitický granit. *Alpínske diaftority:* 15 – svetlozelené Mg chloritovo-sericitické bridlice (sinecký komplex), 16 – ryžoviská, 17 – a) zlomy, b) alpínske násuny a prešmyky, 18 – plochy foliácie: a) hercýnskej (fixovanou granitizáciou), b) mladšej hercýnskej alebo staršej alpínskej, c) mladšej alpínskej, d) minerálne lineácie, e) výraznejšia fylonitizácia.

Fig. 1. Geological map of the vicinity of Krokava (adapted after Hraško et al., 2005). *Early Paleozoic:* 1 – garnet-muscovite-chlorite (± biotite, plagioclase) mica schists, 2 – mica schists, gneisses (graphite schists and metaquarzite-bearing), 3 – migmatites and migmatitized gneisses (Alpine deformation), 4 – migmatites and migmatitized gneisses (with dominant gneiss component), 5 – porphyric biotite-orthogneises (with ductile deformed white K feldspars), 6 – amphibolites, amphibole gneisses (massive, fine-grained, layered), 7 – amphibole and biotite-amphibole diorites, 8 – serpentinized ultramafic rocks, 9 – graphite metaquarzites. *Early Carboniferous:* 10 – light, medium to coarse-grained metagranodiorites (from tonalites to granites), 11 – light medium-grained metagranodiorites and granites. *Late Carboniferous:* 12 – grey metasandstones (Slatvina Formation). *Permian (Paleoalpine stage?):* 13 – leucocrate, feldspar, hybrid granites with shaped biotite, 14 – light massive fine to medium-grained aplites and aplitic granites. *Alpine diaphtorites:* 15 – green Mg chlorite-sericite schists (Sinec Complex), 16 – placers, 17 – a) faults, b) Alpine upthrusts, 18 – foliation: a) Hercynian, b) Late Hercynian or Paleoalpine, c) Late Alpine, d) mineral lineation, e) strong phyllonitization.



Obr. 2. Situačná mapa starých banských prác na lokalite Krokava-Lazy (1 – zavalené štôlne, 2 – pingy, 3 – predpokladaný priebeh kremenných žíl s Au-Bi-Te mineralizáciou).

Fig. 2. Map of old mining works in the Krokava-Lazy occurrence (1 – collapsed gallery, 2 – slumps, 3 – assumend quartz veinlets with Au-Bi-Te mineralization).

Tab. 1
Obsah vybraných prvkov (ppm) v pôdnych vzorkách (1–5) a v kremennej žilovine (6–12) z lokality Krokava-Lazy (KRL) a Krokava-Háj (KRH)
Content of selected elements (ppm) in the soil samples (1–5) and quartz (6–12) from Krokava-Lazy (KRL) and Krokava-Háj (KRH) localities

	vzorka	Au	Ag	Bi	As	Sb	Ni	Co	Cu	Pb	Zn	Hg	Te
1	KRL-1	0,02	< 0,40	0,70	4	< 2	37	23	76	15	90	0,03	< 1
2	KRL-2	0,70	< 0,40	6	7	< 2	66	29	51	16	33	0,03	< 1
3	KRL-3	< 0,01	< 0,40	0,80	3	< 2	61	25	37	19	104	0,04	< 1
4	KRL-4	< 0,01	< 0,40	0,20	2	< 2	49	35	55	12	104	0,02	< 1
5	KRL-5	< 0,01	< 0,40	0,20	3	< 2	33	19	20	19	91	0,03	< 1
6	KRL-9	5	0,80	25	5	4	16	19	6	6	15	0,01	2
7	KRL-10a	0,20	< 0,40	0,40	4	3	19	13	29	5	38	0,01	< 1
8	KRL-10b	0,03	< 0,40	0,40	3	5	9	5	9	< 3	24	0,01	< 1
9	KRL-10c	0,08	< 0,40	0,30	4	3	13	8	11	3	31	0,01	< 1
10	KRL-11	< 0,01	< 0,4	0,2	2	3	7	8	15	6	4	< 0,01	< 1
11	KRL-12	2,9	< 0,40	17,5	3	9	13	8	9	5	17	0,01	2
12	KRH-1	0,03	< 0,4	0,4	28	5	82	4	14	16	17	0,01	< 1

vysoké do 5 m). Celkový objem ťažby pravdepodobne neprekročil 1000 m^3

Lokalita *Krokava-Háj* (obr. 1) je tesne pri severnom okraji Krokavy a tiahne sa do vzdialenosti cca 350 m na SZ v nadmorskej výške asi 800–825 m. Ide o deluviálno-eluviálne rozsypy s prechodom do aluviálnych, ktoré prebiehajú v dĺžke asi 300–350 m v smere SZ–JV. Haldy preryžovaného materiálu (niektoré vysoké do 3–4 m) sa koncentrujú okolo výrazného údolia dlhého asi 250, širokého do 20 a hlbokého okolo 5–8 m. Je veľmi pravdepodobné, že tento terénny tvar vznikol práve pri ťažbe zlatonosných rozsypov. Údolie sa smerom na SZ splytčuje. V jeho sz. pokračovaní je badateľných niekoľko nevýrazných prstovite usporiadaných plytkých dobývok, ktoré postupne zanikajú v teréne. Na jv. konci údolia sa ryžoviská končia zástavbou a záhradami v obci. V náplavoch Krokavky priamo v obci sa zlato v šlichoch nepodarilo identifikovať. Hrúbka ťažených sedimentov dosahovala 0,5–1,5 m a celkový objem vyťaženého materiálu odhadujeme na 1000 až 3000 m^3. Podľa Chovana a Petra (1972) je na lokalite asi 700 m na Z od kóty Háj (903 m) krátka štôlnička, zrejme slúžiaca na prieskum primárnej mineralizácie. Toto banské dielo sa nám nepodarilo nájsť.

Koncentráty ťažkých minerálov

Pri štúdiu minerálov rozsypov (Lazy) sa v ťažkej frakcii suchého šlichu z pingy KRL-2, 9,12 zistil dominantný ilmenit (45 %) a granát (36 %), v menšom množstve rutil (6 %), hematit (5 %), zirkón (4 %) a magnetit (3 %), akcesoricky vystupuje monazit, turmalín a zlato. Ťažkú frakciu šlichu z veľkoobjemovej vzorky z aluviálnych náplavov pod starými banskými prácami tvorí hlavne granát (53 %) a ilmenit (35 %), v menšom množstve sa zistil rutil (3 %), hematit (2 %), zirkón (4 %) a magnetit (1 %), akcesoricky vystupuje monazit, turmalín, titanit, zlato a zoxidované úlomky železa (pravdepodobne oter baníckych nástrojov).

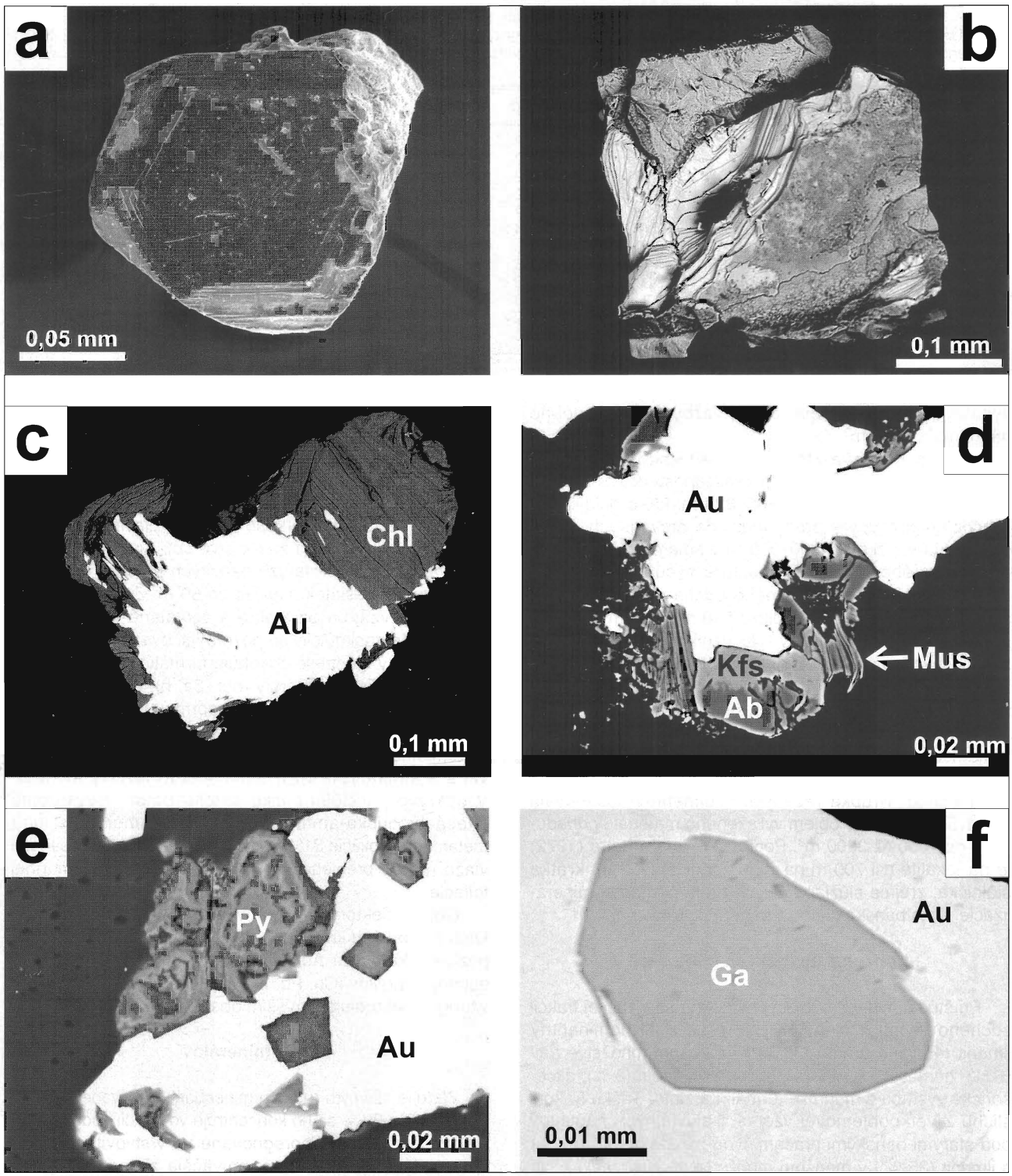
Opis mineralizácie

Primárna mineralizácia sa identifikovala iba na lokalite Lazy-východ (obr. 2). Banícky sa sledovala už spomenutými krátkymi štôlničkami bez zachovaných háld. Pri jej charakteristike sa opierame len o veľmi chudobné nálezy z prehlineného materiálu háld niektorých píng. Mineralizáciu reprezentujú tenké kremenné žilky resp. žilník alebo žilná zóna, podľa priebehu štôlní a píng smeru SV–JZ (obr. 2). Na základe veľkosti úlomkov žiloviny odhadujeme hrúbku jednotlivých žíl na prvé cm, maximálne do 10 cm. Podľa rozsahu starých banských prác nie sú dlhšie ako niekoľko desiatok, najviac do 50 m. Žilky alebo žilné zóny sú navzájom paralelné a vzdialené od seba cca 5–30 m. Makroskopicky sa pozorovali dva typy kremennej žiloviny. Prvý ojedinele obsahuje turmalín, limonitizovaný pyrit, zlato a Te-Bi minerály (obr. 3a, b), druhý vystupuje spolu s rutilom paralelne s metamorfnou foliáciou a rudné minerály neobsahuje. V haldovom materiáli píng vedno s kremennou žilovinou vystupujú svory, ruly, migmatitizované a amfibolické ruly, amfibolity a bázický metatuf. V odkryve pri štôlni blízko sútoku potokov vystupujú telesá biotiticko-amfibolickej ruly so smerom sklonu metamorfnej foliácie 31°/43°. Au-Bi-Te mineralizácia sa teda viaže na žily prebiehajúce priečne na smer metamorfnej foliácie.

Obsah niektorých vybraných prvkov v pôdnych vzorkách a vzorkách kremennej žiloviny (tab. 1) dokumentuje pozitívnu koreláciu Au s Bi a Te. Mierne zvýšený obsah ostatných prvkov (Cu, Pb, Zn, Ni a Co) sa viaže na pôdne vzorky a nekoreluje s vyšším obsahom Au a Bi.

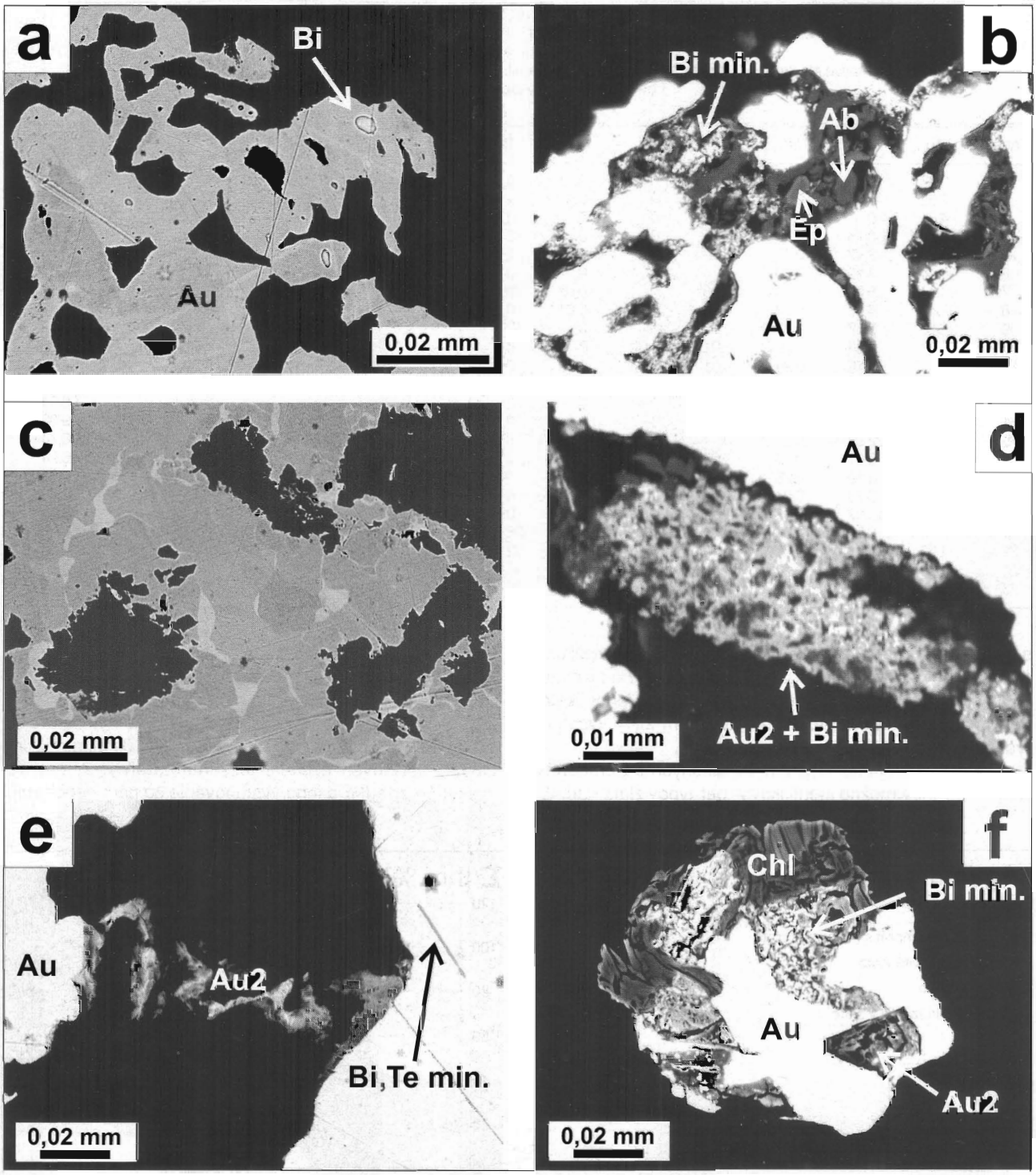
Opis minerálov

Zlato je hlavným rudným minerálom študovanej mineralizácie. Vyše 90 % sa ho koncentruje vo frakcii pod 0,1 mm. Najmenšie zlatinky impregnované vo vrstvovitých silikátoch nedosahujú ani 1 μm, najväčšia zistená zo šlichu v blízkosti primárnej mineralizácie bola veľká 1,2 mm. Zlato väčšinou vytvára idiomorfné zrná s dobre vyvinutými kryštálovými plochami (obr. 3a), často s ryhovaním, ojedinele drôtikovité, dendritické zrná s náznakom kryštálových tvarov alebo jemné a husté impregnácie v kremeni a tvorenom v okolitej hornine, kremeňom, muskovitom, chloritom, albitom, K živcom, tiež rutilom, epidotom a ílovými minerálmi (obr. 3c, d). Pomerne časté sú zrasty zlata



Obr. 3. a – kryštál zlata, **b** – agregát Te-Bi minerálu s povlakom produktov jeho zvetrávania, **c** – agregát zlata (Au) a chloritu (Chl), **d** – zlato (Au) prerastané K živcom (Kfs), albitom (Ab) a muskovitom (Mus), **e** – limonitizovaný pyrit (Py) zatláčaný zlatom (Au), **f** – uzavrenina galenitu (Ga) v zlate (Au).

Fig. 3. a – crystal of gold from old mine dump (sample KRL-9), **b** – aggregate of Te-Bi mineral with secondary minerals cover, **c** – aggregate of gold (Au) and chlorite (Chl), **d** – gold (Au) intergrowth with K feldspar (Kfs), albite (Ab) and muscovite (Mus), **e** – limonitized pyrite (Py) replaced by gold (Au), **f** – inclusion of galena (Ga) in gold (Au).



Obr. 4. **a** – inklúzie bizmutu (Bi) v myrmekitickom nehomogénnom zlate (Au), **b** – Bi minerály (Bi min.), epidot (Ep), albit (Ab) a ílové minerály (drobné tmavosivé zrná) vo výplni voľných priestorov myrmekitického zlata (Au), **c** – žilky vysokorýdzeho zlata (svetlosivé) v medzizrnných priestoroch nehomogénneho nižšierýdzeho zlata (sivé a tmavosivé), **d** – zlato (Au) zatláčané pórovitým špongiovitým agregátom Bi minerálu s inklúziami zlata (Au2 + Bi min.), **e** – zlato (Au) s uzavreninou tabuľkovitého kryštálu Bi-Te minerálu – tetradymit (?) – zatláčané pórovitým zlatom (Au2), **f** – zlato (Au) prerastené chloritom (Chl) zatláčané Bi minerálom (Bi min.) a pórovitým zlatom (Au2).

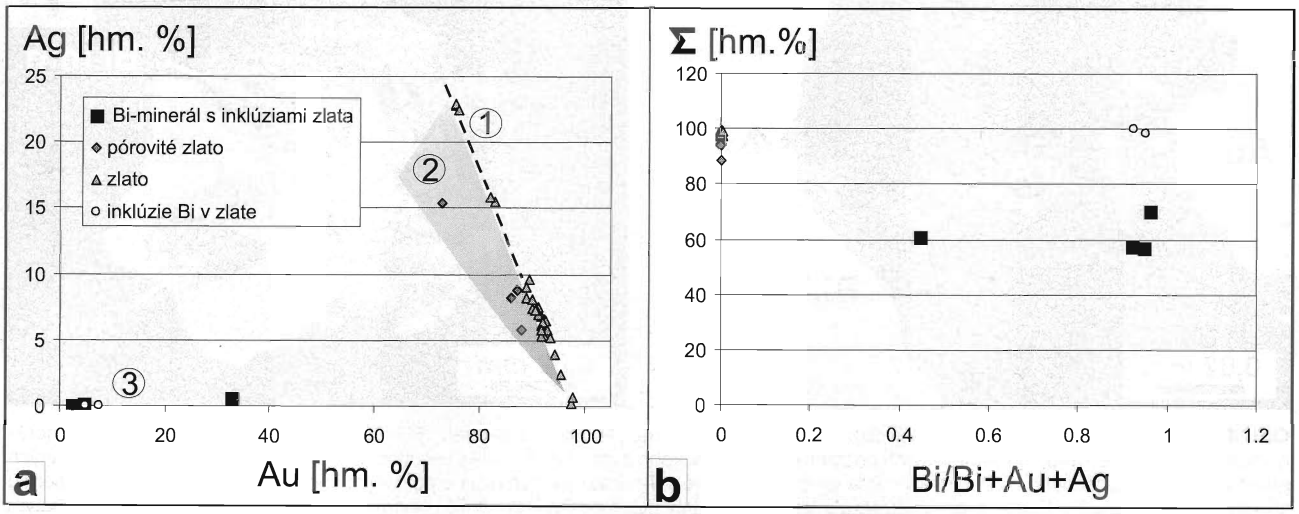
Fig. 4. **a** – inclusions of bismuth (Bi) in myrmekitic inhomogeneous gold (Au), **b** – Bi minerals (Bi min.), epidote (Ep), albite (Ab) and clay minerals (small dark-grey grains) in filling of free spaces of myrmekitic gold (Au), **c** – intergranular veinlets of high fineness gold (light grey) in low fineness gold (grey and dark-grey), **d** – gold (Au) replaced by porous spongy aggregate of Bi mineral with inclusions of gold (Au2 + Bi min.), **e** – gold (Au) with inclusion of tabular crystal of Bi-Te mineral – tetradymite (?) – replaced by porous spongy gold (Au2), **f** – gold (Au) intergrowth with chlorite (Chl) replaced by Bi mineral (Bi min.) and porous spongy gold (Au2).

Tab. 2
Reprezentatívne elektrónové mikroanalýzy galenitu (anal. 1), bizmutu (2–3), zlata (4–15) a horčicového zlata (16–23) z lokality Krokava-Lazy-východ
Representative electron microprobe analyses of galena (anal. 1), native Bi (2–3), gold (4–15) and mustard gold (16–23) from Krokava-Lazy locality (eastern part)

anal.	Au	Ag	Hg	Cu	Sb	Te	Bi	Pb	Zn	Cl	As	S	–
1	0,87	0	0,08	0	0	0,01	0,74	86,02	0,02	0,07	0	13,57	101,38
2	7,52	0	0,16	0	0	0,01	92,44	–	–	–	–	–	100,13
3	4,81	0	0,05	0,02	0	0	93,69	–	–	–	–	–	98,57
4	97,90	0,75	0,33	0	0	0	0	–	–	–	–	–	98,98
5	95,62	2,47	0,16	0	0	0	0	–	–	–	–	–	98,25
6	94,44	3,89	0,59	0	0	0	0	–	–	–	–	–	98,92
7	93,44	5,22	0,13	0,03	0	0,03	0	–	–	–	–	–	98,85
8	92,41	6,63	0,23	0,04	0,01	0,01	0,04	–	–	–	–	–	99,37
9	91,33	7,57	0,35	0,01	0	0	0	–	–	–	–	–	99,26
10	90,83	7,24	0,29	0,01	0,02	0	0	–	–	–	–	–	98,39
11	89,94	8,15	0,39	0,01	0,02	0,02	0	–	–	–	–	–	98,53
12	88,93	9,01	0,41	0	0	0	0	–	–	–	–	–	98,35
13	82,77	15,52	0,62	0,03	0	0	0	–	–	–	–	–	98,94
14	76,11	22,42	0,24	0	0	0	0,23	–	–	–	–	–	99,00
15	75,53	22,83	0,27	0	0,05	0,06	0	–	–	–	–	–	98,74
16	87,26	8,81	0,15	0,02	0	0	0	–	–	–	–	–	96,24
17	86,02	8,19	0,28	0,02	0	0,02	0	–	–	–	–	–	94,53
18	87,97	5,76	0,04	0	0	0,01	0	–	–	–	–	–	93,78
19	72,73	15,37	0,08	0,01	0	0,04	0	–	–	–	–	–	88,23
20	32,63	0,56	1,07	0	0	0,03	26,61	–	–	–	–	–	60,90
21	4,57	0,06	0,05	0,02	0	0,01	52,85	–	–	–	–	–	57,56
22	2,54	0,02	0,24	0	0,02	0,04	47,23	5,16	0,01	0,17	1,14	0,25	56,82
23	2,31	0	0,14	0	0	0,05	58,51	8,1	0,02	0,23	0,78	0,2	70,34

s pyritom (obr. 3e), zriedka s Bi-Te minerálmi a s galenitom (obr. 3f). Myrmekitické agregáty obsahujú inklúzie bizmutu a Bi sekundárnych (?) minerálov (obr. 4a, b). Veľmi často ho zatláča pórovité zlato a prenikajú ním žilky vysokorýdzeho zlata (obr. 4c).

Podľa chemického zloženia, sukcesných a paragenetických vzťahov možno identifikovať päť typov zlata (tab. 2, obr. 5). 1. typ je najhojnejší a je hlavnou masou zlata v rámci primárnej mineralizácie. Zlato je nehomogénne, obsahuje zóny s mierne zvýšeným obsahom Ag (o cca 2–3 hm. %) v porovnaní s rýdzejším okolitým zlatom. Obsahuje 3–10 hm. % Ag a priemerne okolo 0,25 hm. % Hg. Obsah ostatných prímesí je zanedbateľný. 2. typ sa vyskytuje zriedka a jeho vystupovanie sa nám nepodarilo



Obr. 5. a – graf závislosti Au a Ag v rozličných typoch zlata z lokality Krokava-Lazy (1 – trend závislosti obsahu Ag v zlate, 2 – teoretické pole závislosti obsahu Ag v pórovitom zlate, 3 – trend závislosti obsahu Ag a Au v Bi mineráloch s inklúziami zlata), **b** – diagram závislosti obsahu Bi v rôznych typoch zlata a Bi minerálov v porovnaní s celkovou sumou analýz vyjadrujúcou pórovitosť

Fig. 5. a – plot of Ag vs. Au in the different types of gold from Krokava-Lazy (1 – trend of content of Ag in gold, 2 – theoretical field of content of Ag in porous gold, 3 – relation trend of content of Ag and Au in Bi minerals with gold inclusions), **b** – plot of relation of Bi content in different types of gold in comparison with sum of analyses showing the porosity of gold.

dostatočne vysvetliť. Zistilo sa v šlichu z aluviálnych náplavov a píng. Obsahuje 15 až 23 hm. % Ag. Obsah ostatných prímesí je podobný ako v zlate 1. typu. 3. typ vytvára myrmekitické agregáty zložené z vysokorýdzeho zlata s obsahom Ag 0,23 a 0,75 hm. %, horninotvorných silikátov, bizmutu, Bi sekundárnych minerálov (?) a pórovitého zlata. Jeho charakter naznačuje rozpad tuhého roztoku s neznámym zložením Au_xBi_y. Pre 4. typ je typická pórovitá stavba (obr. 4d, e, f), nižšia odraznosť a oranžová až žltohnedá farba. Zatláča zlato 1. a 2. typu a zistilo sa aj na leme zlata 3. typu. Jeho chemické zloženie závisí od pôvodného zlata, z ktorého vzniklo doteraz bližšie nedefinovanou reakciou. Na základe EDX analýz obsahuje iba prvky uvedené v tab. 2. Zonalita v SEM a suma elektrónových mikroanalýz závisí od celkovej pórovitosti. Svetlé zóny sa v rámci agregátov prejavujú vyššou sumou a nižšou pórovitosťou, tmavé naopak. Zlato 5. typu vytvára vysokorýdze žilky (obr. 4c) s obsahom Ag 0,18 hm. % v zlate 1. typu.

Pyrit je bežnou súčasťou zlatonosných kremenných žíl, ale jeho objem neprekračuje 0,1 %. Tvorí idiomorfné, väčšinou intenzívne zvetrané zrná. Zriedka sa prerastá so zlatom (obr. 3e) alebo v ňom tvorí inklúzie spolu s horninotvornými silikátmi.

Te-Bi minerály sú typickými minerálmi študovanej mineralizácie. Zistili sa v šlichu z drvenej kremennej žiloviny (KRL-9), v ktorej tvoria 0,3–0,5 mm veľké tabuľkovité kryštály (obr. 3b) striebristej farby s intenzívnym kovovým leskom. Zriedka sa prerastajú so zlatom a zvetrávajú za vzniku žltohnedého sekundárneho minerálu s matným leskom (montanit?). Ojedinele vytvárajú dokonale obmedzené 1 μm hrubé tabuľkovité kryštály v zlate (obr. 4e). Minerály sa identifikovali len metódou EDAX. Podľa morfológie kryštálov a analógie s podobnými mineralizáciami predpokladáme, že ide o tetradymit.

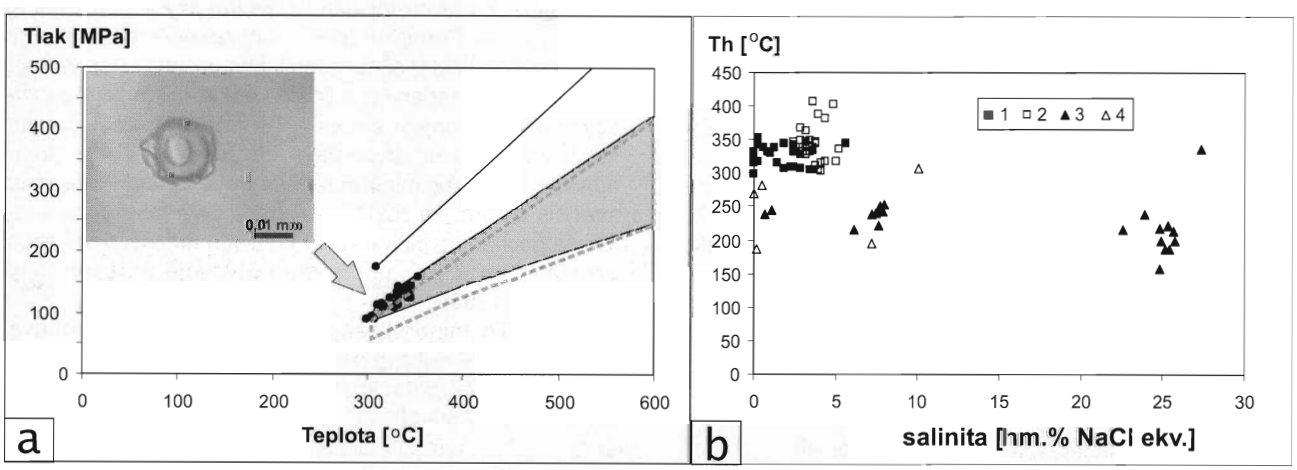
Bizmut v rýdzej forme sa hojne vyskytuje v podobe inklúzií veľkých niekoľko μm v myrmekitických agregátoch zlata (obr. 4a). V homogénnych zrnách a kryštáloch zlata sa nezistil. Vystupuje v paragenetickej asociácii s hojnými oxidmi/hydroxidmi (?) Bi. Má veľmi nízky obsah prímesí a zvýšený obsah Au (tab. 2) súvisí s veľmi malými rozmermi analyzovaných zŕn.

Galenit sa zistil v jednom zrne zlata z veľkoobjemovej šlichovej vzorky blízko primárneho výskytu v podobe izometrickej inklúzie veľkej 30 μm (obr. 3f). Má mierne vyšší obsah Bi (tab. 2).

Rutil sa vyskytuje ako bežná akcesorická prímes kremennej žiloviny žíl alpského typu. Tvorí väčšinou mikroskopické alotriomorfné zrná červenej farby s polokovovým leskom, ojedinele aj dokonale vyvinuté kryštály s typickým krátkostĺpčekovitým habitom veľké vyše 1 cm.

Turmalín sa podradne vyskytuje v kremennej žilovine, najmä v drúzových dutinách v podobe drobných tenkostĺpcovitých kryštálov čiernej a hnedočiernej farby. Je stálou prímesou aj v suchých šlichoch z haldového materiálu píng.

Kremeň je hlavným minerálom študovanej mineralizácie. Starší mliečnobiely, lokálne číry kremeň s častým drúzovým vývojom je nositeľom Au-Bi-Te mineralizácie. Je intenzívne kataklázovaný, miestami rekryštalizovaný a preniká ním hustá sieť puklín. Vystupuje v asociácii s turmalínom. Pomerne často je uzatváraný v zlate spolu s horninotvornými silikátmi. Mladší biely až sivý kremeň v asociácii s rutilom a chloritom priraďujeme k tzv. žilám alpského typu.



Obr. 6. a – izochorická obálka sekundárnych fluidných inklúzií bohatých na CO_2 v zlatonosnom kremeni z lokality Krokava-Lazy (sivé pole) v porovnaní s primárnymi inklúziami bohatými na CO_2 z hydrotermálnometamorfných kremenných žíl alpského typu z Kokavy nad Rimavicou (pole s prerušovanou čiarou bez výplne), **b** – diagram homogenizačnej teploty v závislosti od salinity fluidných inklúzií; 1 – sekundárne bohaté na CO_2 v zlatonosnom kremeni, Krokava-Lazy, 2 – primárne inklúzie bohaté na CO_2 z hydrotermálnometamorfných kremenných žíl alpského typu, Kokava nad Rimavicou-Bohaté, 3 – sekundárne vodné inklúzie v zlatonosnom kremeni, Krokava-Lazy, 4 – sekundárne vodné inklúzie z hydrotermálnometamorfných kremenných žíl alpského typu, Kokava nad Rimavicou-Bohaté.

Fig. 6. a – isochoric envelopes of secondary CO_2-rich fluid inclusions in gold-bearing quartz from Krokava-Lazy occurrence (grey field) in comparison with primary CO_2-rich inclusions from hydrothermal-metamorphic quartz veins (Alpine type) from Kokava nad Rimavicou (dot-and-dash line), **b** – plot of homogenization temperature vs. salinity; 1 – secondary CO_2-rich inclusions in gold-bearing quartz from Krokava-Lazy, 2 – CO_2-rich inclusions from hydrothermal-metamorphic quartz veins (Alpine type) from Kokava nad Rimavicou-Bohaté, 3 – secondary aqueous inclusions in gold-bearing quartz from Krokava-Lazy, 4 – secondary aqueous inclusions from hydrothermal-metamorphic quartz veins (Alpine type) from Kokava nad Rimavicou-Bohaté.

Štúdium fluidných inklúzií

Fluidné inklúzie sa študovali v zlatonosnom kremeni, ktorý je pomerne hrubozrnný, silne rekryštalizovaný a preniká ním hustá sieť mikroskopických trhlín s veľkým množstvom sekundárnych fluidných inklúzií. Primárne inklúzie sú dekrepitované a rekryštalizované, a preto sa mikrotermometricky skúmali sekundárne fluidné inklúzie. Podľa typológie a nameraných hodnôt vytvárajú tri generácie.

Najhojnejšie sa vyskytovali sekundárne trojfázové inklúzie, ktoré tvorí vodný roztok solí, kvapalný a plynný CO_2 (obr. 6a) Podľa planimetrickej analýzy objem CO_2 dosahuje 0,36 až 0,81, priemerný 60 % a hustota 0,6393–0,647 g/cm^3. Teplota topenia hydrátu CO_2 sa pohybovala od 7,1 až do 10 °C, čo predstavuje salinitu roztoku v inklúziách od 0 do 5,6 hm. % NaCl ekv. (obr. 6a). Homogenizácia CO_2 na kvapalinu prebiehala pri teplote od 26,1 do 29,8 °C. Homogenizačná teplota (Th) sa pohybovala od 298 až do 352 °C a dekrepitácia inklúzií nastávala pri teplote od 310 do 352 °C. Namerané údaje zodpovedajú minimálnemu tlaku zachytenia inklúzií od 93 do 175 MPa (obr. 6b).

Lokálne sa v menšej miere vyskytovali aj dvojfázové inklúzie obsahujúce vodný roztok solí a plynnú fázu. Objem plynnej fázy vo všetkých inklúziách bol 15–20 % a maximálna veľkosť inklúzií vyše 50, priemerná okolo 10 μm. Podľa teploty topenia ľadu a eutektickej teploty inklúzie vytvárajú dve generácie. Eutektická teplota (Te) sa pri 1. type pohybovala od –64,5 do –60,3 °C a teplota topenia ľadu ($Tm_{ľad}$) od –20,3 do –27,9 °C. Veľmi nízke Te svedčí o tom, že sa na zložení solí rozpustených vo vodnom roztoku vo veľkej miere zúčastňuje $CaCl_2$. Priemerná salinita inklúzií je 25,1 hm. % NaCl ekv. Pri 2. type sa Te pohybovalo od –21 až do –26 °C a $Tm_{ľad}$ od –0,4 až do –5 °C. Z toho vychodí, že sa na zložení vodného roztoku zo solí v prevažnej miere zúčastňovalo NaCl a v menšej miere pravdepodobne aj KCl. Priemerná salinita inklúzií druhého typu je 6,1 hm. % NaCl ekv. Th obidvoch typov dvojfázových inklúzií kolíše v rozmedzí 158 až 252 °C a nižšie salinných inklúzií (2. typ) je v priemere nižšie ako vysokosalinných inklúzií (1. typ). Napriek tomu, že medzi nízkosalinnými inklúziami 2. typu sú aj veľmi nízkosalinné, vyčlenenie ďalšej generácie by pre nedostatok informácií bolo neodôvodnené.

Diskusia

Študovaná mineralizácia je druhou lokalitou jedinečného a len nedávno opísaného typu mineralizácie – Au-Bi-Te mineralizácie v Kokave na Bohatom (Ferenc a Bakos, 2006), a to nielen vo veporiku, ale aj v rámci Západných Karpát. Pre obidve lokality je typická charakteristická minerálna asociácia kremeňa s turmalínom, zlatom a Bi-Te minerálmi, štruktúrnotektonická pozícia (mineralizované tenzné trhliny v strižnej zóne) a permský alebo vrchnojurský až spodnokriedový vek (vznik pred maximom alpínskej metamorfózy veporika) Pre lokalitu Krokava-Lazy je charakteristický aj výskyt veľmi zriedkavého „horčicového" zlata.

Z Au mineralizácií vo svete je známych niekoľko typov „horčicového" zlata s prímesou Sb, Te, Ni, Fe, Mn atď. Podľa Johana a Šreina (1998) vzniká auroantimonát $AuSbO_3$ hydrotermálnou alteráciou aurostibitu Gamjanin et al. (1987, 1988) publikovali názor o rozpade aurostibitu alebo neznámeho antimonátu Au na zmes pórovitého Au, Sb a Fe sekundárnych minerálov. Podobným spôsobom vysvetľuje vznik „horčicového" zlata aj Chovan et al. (2006) na Kriváni. Petersen et al. (1999) a Li a Makovicky (2001) uvažujú o vzniku „horčicového" zlata v oxidačnej zóne rozpadom pôvodného minerálu, napr. calaveritu. „Horčicové" zlato je špongiovité a voľné priestory vypĺňajú Fe hydroxidy a Pb-Mn-Te sekundárne minerály. Mrkvovočervené zlatinky so submikroskopickými fázami NiSb alebo mikroinklúziami NiSbS (alebo zmesou NiSbS a Sb_2S_3) opísal Maťo a Maťová (1994) z Ozdína. Predpokladajú (l. c.), že toto zlato vzniklo v neskorších fázach mineralizácie rekryštalizáciou časti staršieho zlata I, pričom sa pri vzniku Sb mineralizácie formovalo zlato II, ktoré pri precipitácii strhávalo a uzatváralo submikroskopické fázy NiSb a agregáty NiSbS – Sb_2S_3. „Horčicové" zlato v Krokave, ako aj agregáty myrmekitického zlata s inklúziami Bi a Bi oxidov/hydroxidov (?) naznačujú rozpad neznámych minerálnych fáz s teoretickým zložením Au_xBi_y. Pôvodné neznáme minerály boli destabilizované v dvoch fázach. Pravdepodobne pod vplyvom alpínskej metamorfózy z minerálu podobného maldonitu vznikli myrmekity vysokorýdzeho zlata s inklúziami Bi, ako aj žilky vysokorýdzeho zlata vyvinuté v intergranulárnych priestoroch staršieho zlata. Pórovité (tzv. horčicové) zlato a Bi oxidy/hydroxidy vznikli asi neskôr pod vplyvom supergénnych zvetrávacích procesov.

Mineralizácia na lokalite Krokava-Lazy je v mohutnej strižnej zóne. Pomerne tenké zlatonosné kremenné žily malého vertikálneho aj horizontálneho dosahu sú navzájom paralelne usporiadané priečne na generálny smer hercýnskych deformačných štruktúr. Táto štruktúrnotektonická sukcesia, a hlavne analógia podľa typovej lokality novoopísanej Au-Bi-Te mineralizácie v Kokave nad Rimavicou svedčia o tom, že roztoky, z ktorých skúmaná mineralizácia pochádza, cirkulovali v krátkych tenzných trhlinách vznikajúcich v iniciálnom štádiu vývoja strižnej zóny (Hodgson, 1989).

Au-Bi-Te mineralizácia v strižnej zóne v Krokave podobne ako v Kokave nad Rimavicou vznikla pred maximom alpínskej metamorfózy veporika prebiehajúcej pri teplote okolo 350–500 °C a tlaku 200–400 MPa (Kováčik et al., 1996), kým žily alpského typu vznikli v období po maxime alpínskej metamorfózy južného veporika. Podľa Bowersa a Helgesona (1983) homogenizačná teplota v rozmedzí 300–350 °C z fluidných inklúzií bohatých na CO_2 zo žíl alpského typu na lokalite Krokava-Lazy zodpovedá minimálnemu tlaku zachytenia okolo 100 MPa. Za predpokladu, že maximálna teplota alpínskej metamorfózy južného veporika dosiahla 500 °C (Kováčik et al., 1996), prienik izochorickej obálky pri tejto teplote zodpovedá maximálnemu tlaku kryštalizácie žíl alpského typu na lokalite okolo 300 MPa (obr 6a). Tieto údaje sa veľmi presne zhodujú s výsledkami Huraia et al. (1997) o alpín-

skych metamorfných fluidách vo veporiku, ako aj o vzniku kremenných žíl alpského typu v Kokave nad Rimavicou na Bohatom (Ferenc a Bakos, 2006). Na základe analógie s mineralizáciou v Kokave nad Rimavicou a paragenetických vzťahov možno predpokladať, že Au-Te-Bi mineralizácia pravdepodobne vznikla pri nižšej teplote ako 300 °C. Staršiu alpínsku metamorfnú udalosť vo veporiku datoval Maluski et al. (1993) do obdobia okolo 140 miliónov rokov. Podľa Plašienku et al. (1999) alpínska metamorfóza veporika vrcholila pred asi 110 miliónmi rokov. Na základe týchto údajov študovaná mineralizácia vznikla pred 140–110 miliónmi rokov. Podľa zistených faktov, analógie s Kokavou nad Rimavicou (Ferenc a Bakos, 2006) a údajov zo sveta (Olivo a Williams-Jones, 2002; Cassidy et al., 1998; Goldfarb et al., 1997, a i.) je najpravdepodobnejším zdrojom fluíd granitoidný magmatizmus spodnokriedového až vrchnojurského alebo permského veku, hoci vylúčený nie je ani vplyv metamorfných roztokov derivovaných v počiatočných fázach metamorfózy. Slavkay et al. (2004) považujú mineralizáciu v Krokave za alpínsku (stredná až vrchná krieda) a začleňujú ju do sideritovej formácie. Proti tomuto názoru, a to nielen v Krokave, ale aj v Kokave nad Rimavicou svedčia nielen minerálne asociácie a paragenetické vzťahy, ale aj štruktúrnotektonické postavenie a vek mineralizácie.

Ako ukazuje regionálny geochemický výskum (Hraško et al., 2005b), v južnom veporiku možno pôvod Bi odvodzovať hlavne od dvoch magmatických zdrojov – z vrchnokriedového rochovského granitu a z klenoveckého granitu permského veku. Z hľadiska vzťahu skúmanej mineralizácie k alpínskej deformácii možno za reálne považovať,že zdrojom Bi je predalpínsky granit. To znamená, že rochovský granit ako zdroj Bi v tomto prípade neprichádza do úvahy. Podľa posledných výsledkov mapovania v kohútskej zóne veporika možno identifikovať permský klenovecký granit v priestore Klenovec – Kokava nad Rimavicou-kóta Kečka (862 m) a v podobe mylonitov v oblasti Krnej. Jeho alpínska tektonická pozícia nad svorovým komplexom, v podloží hercýnsky granitizovaného komplexu (južná migmatitová zóna v zmysle Šufa, 1938, resp. rimavického granitu v zmysle Kamenického, 1977) je na JZ od Klenovca doložená. Prítomnosť permského klenoveckého granitu na V od doliny Rimavy sa nepotvrdila. V oblasti na S od Krokavy ho však možno predpokladať v hĺbke, a to na základe podobnej konfigurácie alpínsky uložených litologických celkov. Alpínska sinecká strižná zóna sa tu prejavuje vo forme tektonického alpínskeho styku dvoch odlišných predvrchnokarbónskych typov kryštalinika (migmatity verzus južnejšie ležiace granitoidy), pričom ich styk je miestami sprostredkovaný prítomnosťou zón ultramylonitov.

Najmladšie sekundárne vodné inklúzie zistené v zlatonosnom kremeni nemožno priradiť k známym typom mineralizácie. Na študovanej lokalite sa iné typy mineralizácie nezistili, ale zvetraný haldový materiál starých banských prác a odkrytosť terénu nevylučujú výskyt málo zreteľných prejavov karbonátovej a kremenno-sulfidickej mineralizácie. Charakter týchto inklúzií totiž veľmi dobre zodpovedá fluidám zisteným v inklúziách z kremeňa alebo z mladšieho dolomitu v asociácii so sulfidickou mineralizáciou na lokalite Klenovec-Medené, Cinobaňa-Jarčanisko, Hnúšťa-Mútnik a i. (Bakos – nepublik. údaje).

Práca bola financovaná z úlohy 2898 Hodnotenie geologickosurovinového potenciálu oblasti Slovenské rudohorie-západ a možnosti jeho využitia pre rozvoj regiónu a 0503 Metalogenetické hodnotenie územia Slovenskej republiky.

Literatúra

Bodnar, R., 1993: Revised equation and table for determing the freezing point depression of H_2O-NaCl solutions. *Geochim. cosmochim. Acta, 57, 683–684.*

Bowers, T. S. & Helgeson, H. V., 1983: Calculation of the thermodynamic and geochemical consequences of nonideal mixing in the system H_2O-CO_2-NaCl on phase relations in geological systems: Equation of state for H_2O-CO_2-NaCl fluids at high pressures and temperatures. *Geochim. cosmochim. Acta, 47, 1247–1275.*

Cassidy, K. F., Groves, D. I. & McNaughton, N. J., 1998: Late-Archean granitoid-hosted lode-gold deposits, Yilgarn Craton, Western Australia. Deposit characteristics, crustal architecture and implications for ore genesis. *Ore Geol. Reviews, 13, 65–102.*

Goldfarb, R. J., Miller, L. D., Leach, D. L. & Snee, L. W., 1997: Gold deposits in metamorphic rocks of Alaska. *Econ. Geol. Monograph., 9, 151–190.*

Darling, R. S., 1991 An extended equation to calculate NaCl contents from final clathrate melting temperatures in H_2O-CO_2-NaCl fluid inclusions: Implications for P-T isochore location. *Geochim. cosmochim. Acta, 55, 3869–3871.*

Ferenc, Š. & Bakos, F., 2006: Au-Bi-Te mineralizácia v sineckej strižnej zóne (Kokava nad Rimavicou) – nový typ mineralizácie v Západných Karpatoch. *Mineralia Slov., 38, 3, 223–240.*

Gamjanin, G. N., Ždanov, J. J., Nekrasov, I. J. & Leskova, I. V., 1987: "Gorčičnoje" zoloto iz zoloto-currmjanych rud Vostočnoj Jakutii. Trudy mineralogičeskogo muzeja. *Moskva, Nauka, 34, 13–20.*

Gamjanin, G. N., Nekrasov, I. J., Ždanov, J. J. & Leskova, I. V., 1988: Auroantimonat – novoje prirodnoje sojedinenije zolota. *Dokl. Akad. Nauk SSSR, Mineralogia, 301, 4, 947–950.*

Hraško, Ľ., Madarás, J., Németh, Z., Kováčik, M., Siman, P., Demko, R., Kráľ, J., Maglay, J., Šimon, L., Nagy, A., Vozárová, A., Radvanec, M. & Putiš, M., 2005a: Hodnotenie geologickosurovinového potenciálu Slovenské rudohorie-západ a možnosti jeho využitia pre rozvoj regiónu. Časť 1 – Geologická časť. *Manuskript – archív Geofond Bratislava.*

Hraško, Ľ., Kucharič, Ľ., Maťo, Ľ., Ferenc, Š., Findura, Ľ. & Konečný, P., 2005b: Hodnotenie geologickosurovinového potenciálu Slovenské rudohorie-západ a možnosti jeho využitia pre rozvoj regiónu. Časť 3 – Pôdnogeochemická časť. *Manuskript – archív Geofond Bratislava, 70.*

Hodgson, C. J., 1989: The structure of shear related, vein type gold deposits: A review. *Ore Geol. Reviews, 4, 231–273.*

Hurai, V., Klaus, S. & Bezák, V., 1997: Contrasting chemistry and H, O, C isotope composition of greenschist-facies, Hercynian and Alpine metamorphic fluids (Western Carpathians). *Chem. Geology, 136, 281–293.*

Chovan, M. & Petro, M., 1972: Vysvetlivky k častiam listov Jelšava, Ratkovská Suchá, Ratkovské Bystré, Geologický výskum veporidného kryštalinika. Čiastková záverečná správa. *Manuskript – archív Geofond Bratislava, 77.*

Chovan, M., Bakos, F. & Makovický, E., 2006: Problematika horčicového zlata na príklade lokality Kriváň (Tatry) so stavom k 31 máju 2006. *Mineralia Slov., 38, 3, 280–281.*

Johan, Z. & Šrein, V., 1998: Un nuovel oxyde naturel de Au et Sb. *Sci. de la Terre, Planetes, 326, 533–538.*

Kamenický, J., 1977: Contact metamorphism in the aureole of the Rimavica granite (West Carpathian Mts.). *Mineralia Slov., 9, 3, 161–184.*

KOVÁČIK, M., KRÁĽ, J. & MALUSKI, H., 1996: Alpínsky metamorfný a termochronologický vývoj juhoveporických predalpínskych metamorfitov. *Mineralia Slov., 28, 3, 185–202.*

LI, J. & MAKOVICKY, E., 2001 New studies on mustard gold from the Dongping mines, Hebei province, China: The tellurian, plumbian and mixed varietes. *Neu. Jb. Mineral., Abh.; Mh., 176, 3, 269–297.*

MAŤO, Ľ. & MAŤOVÁ, V., 1994: Mineralizácia v okolí Ozdína, výskyt zlata s obsahom Sb-Ni v tmavých bridliciach, jz. časť veporického kryštalinika, stredné Slovensko. *Mineralia Slov., 26, 1, 30–37*

NÉMETH, Z., PROCHASKA, W., RADVANEC, M., KOVÁČIK, M., MADARÁS, J., KODĚRA, P & HRAŠKO, Ľ., 2004: Magnesite and talc origin in the sequence of geodynamic events in Veporicum (Inner Western Carpathians, Slovakia). *Acta petrol. sin., 20, 4, 837–854.*

OLIVO, G. R. & WILLIAMS-JONES, A. E., 2002: Genesis of the auriferous quartz-tourmaline vein of the Siscoe mine, Val d Or district, Abitibi subprovince, Canada: Structural, mineralogical and fluid inclusion contraints. *Econ. Geol., 97, 929–947.*

PETERSEN, S. B., MAKOVICKY, E., JUILING, L. & ROSE-HANSEN, J., 1999: Mustard gold from the Dongping Au-Te deposit, Hebei Province, Peoples Republic of China. *Neu. Jb. Mineral., Abh.; Mh., 8, 337–357*

PLAŠIENKA, D., JANÁK, M., LUPTÁK, B., MILOVSKÝ, R. & FREY, M., 1999: Kinematics and metamorphism of Cretaceous core complex: The Veporic unit of the Western Carpathians. *Phys. Chem. Earth, 24, 8, 651–658.*

SLAVKAY, M., BEŇKA, J., BEZÁK, V., GARGULÁK, M., HRAŠKO, Ľ., KOVÁČIK, M., PETRO, M., VOZÁROVÁ, A., HRUŠKOVIČ, S., KNÉSL, J., KNÉSLOVÁ, A., KUSEIN, M., MAŤOVÁ, V & TULIS, J., 2004. Ložiská nerastných surovín Slovenského rudohoria. Zv. 2. *Bratislava, ŠGÚDŠ, 286.*

ŠUF, J., 1938: Zpráva o geologických poměrech a ložiskách užitečných nerostů v okolí Kokavy na Slovensku. *Věst. Stát. geol. Úst., 14, 91–103.*

Rukopis doručený 4. 7. 2006
Revidovaná verzia doručená 14. 8. 2006
Rukopis akceptovaný 21 2. 2006

New occurrence of hydrothermal Au-Bi-Te mineralization in the vicinity of Krokava (Slovenské rudohorie Mts., Veporic tectonic unit)

The locality Krokava represents the second occurrence of newly-described Au, Bi, and Te mineralization in the Western Carpathians as well as the very rare so-called mustard gold. The mineralization outcrops in 3 localities (Háj, Lazy-east and Lazy-west) with eluvial-deluvial and alluvial placers being exploited in the Middle Ages (Fig. 1). The primary mineralization was found only in the locality Lazy-east. Mineralization is bound with thin veinlets of short directional range coursing NE–SW (Fig. 2). The close vicinity of the occurrences is built by micaschists, gneisses, migmatitized gneisses, amphibole gneisses, amphibolites and basic metatuffs. Mineralization is formed by two types of quartz veinstone. 1. type represents older Au-Bi-Te mineralization and contains rare tourmaline, limonitized pyrite, gold and Te, Bi minerals. Second mineralization type is represented by younger superimposed so-called veins of Alpine type, outcropping parallel with metamorphic foliation. Besides rutile no other minerals were found. The Au contents in soil samples and samples of quartz veinstone (Tab. 1) document the positive correlation with Bi and Te. The moderately increased contents of further elements (Cu, Pb, Zn, Ni, Co) are tied with the soil samples and remained without correlation with increased contents of Au and Bi.

Gold represents the main ore mineral of studied mineralization. It usually forms idiomorphic grains with well developed crystal faces and fine impregnations in quartz and surrounding rock, as well as myrmekite and porous aggregates (Figs. 3 and 4). Five gold types were identified in the locality (Fig. 5). I. type represents the main gold mass in the frame of primary mineralization. II. type occurs rarely, it has increased Ag content. III. type forms myrmekite aggregates composed from gold of high-fineness, rock-forming silicates, bismuth, Bi secondary minerals and porous-type gold. IV. type – "mustard gold" is typical with porous setting, low reflectivity in comparison with gold and pink to yellow-brown colour. Its chemical composition depends on parental gold. Gold of V. type forms veinlets of high fineness in gold of I. type. The mustard gold as well as aggregates of myrmekite gold with inclusions of Bi and Bi oxides/hydroxides indicate the decomposition of unknown mineral phases with theoretical composition Au_xBi_y. The former unknown minerals were destabilized in two phases. Probable owing to influence of Alpine metamorphism the myrmekite of Au of high-fineness originated containing Bi inclusions, as well as the veinlets of gold with high-fineness. The porous (so-called mustard) gold and Bi oxides/hydroxides originated probable later, owing to influence of supergene weathering processes.

The primary fluid inclusions in gold-bearing quartz were not found. Secondary CO_2-rich fluid inclusions (salinity 0–5.6 wt. % NaCl eq., Th 298–352 °C, 93–175 MPa) correspond to metamorphic fluids (Fig. 6), which were generated in the post-peak phase of Alpine metamorphism of the Veporic tectonic unit. Other secondary aqueous low and high saline fluid inclusions are related with the Alpine late orogenic to postorogenic hydrothermal activity. Based of analogy with mineralization in Kokava (Ferenc and Bakos, 2006) and paragenetic relations, it is possible to suppose, that Au-Te-Bi mineralization originated probable at lower temperature than 300 °C in the period before 140–110 Ma. As the most probable source of fluids there is supposed the granitoid magmatism of Lower Cretaceous to Upper Jurassic or Permian age, though the influence of metamorphic solutions derived in primary metamorphic phases is not excluded.

Mineralia Slovaca, 38 (2006), 253–260

Mineralogická charakteristika aluviálneho zlata z okolia Zlatník v Považskom Inovci

PETER ŽITŇAN a MARTIN CHOVAN

Katedra mineralógie a petrológie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského, Mlynská dolina G, 842 15 Bratislava; pzitnan@fns.uniba.sk; chovan@fns.uniba.sk

Mineralogical characteristic of alluvial gold from the Zlatníky surroundings in Považský Inovec Mts.

Extensive mining activity on Zlatníky gold placers, situated in the Považský Inovec Mts., has probably started in Celtic times. Despite of extensive mining and exploration activity, primary source has not been identified yet and is considered to be completely eroded. Chemical composition of alluvial gold from Považský Inovec Mts. varies from 59.68 to 93.35 wt. % Au. Size of alluvial gold grains ranges between 0.0X–5 mm. Flattening index values and morphological characteristics of gold indicate proximity of primary source in the vicinity of Stará hora area (F. I. = 2.32). Alluvial gold overgrows mostly with quartz, less with Fe oxihydroxides. In one case pyrite and xenotime inclusions were observed.

Key words: alluvial gold, Zlatníky gold placers, Považský Inovec Mts.

Úvod

Zlato v okolí Zlatník v Považskom Inovci ťažili pravdepodobne už Kelti. Dobývky na zlato z tejto oblasti patria medzi najväčšie v Západných Karpatoch. Objem vyťaženej a preryžovanej suroviny sa odhaduje na 4–5 miliónov m^3, pričom sa mohlo získať do 1750 kg zlata, čo túto lokalitu zaraďuje na druhé miesto v odhadovanej historickej produkcii zlata spomedzi tatrických ložísk (Bakos a Chovan, eds., 2004, Knésl a Knéslová, 1998).

Zlatonosné rozsypy sa po znovuobjavení v 60. rokoch 20. stor. stali príťažlivým prieskumným objektom (Polák, 1969). V 90. rokoch o ne prejavila záujem britská spoločnosť SAMAX, ale po počiatočných neúspechoch od väčšieho prieskumu upustila. V rokoch 1994–1997 tam spoločnosť AUREX vykonala prieskum zameraný na vyhľadávanie primárneho zdroja zlata z rozsypov (Knésl a Knéslová, 1998) a v súčasnosti v severnej časti pohoria robí prieskum spoločnosť Eastern Mediterranean Resources. Keďže viaceré pokusy lokalizovať primárny zdroj zlata neboli úspešné, pokladá sa za úplne oderodovaný. Napriek intenzívnej prieskumnej aktivite sa mineralogická charakteristika zlata z tejto lokality doteraz nepublikovala.

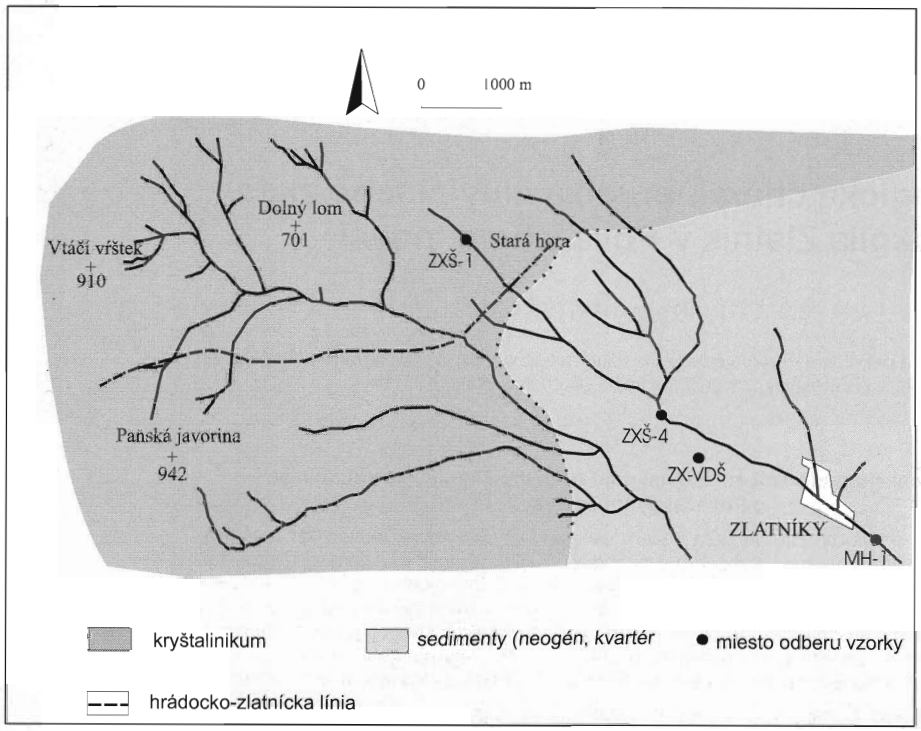
Geologická stavba

Považský Inovec je súčasťou tatrického pásma jadrových pohorí Západných Karpát a tvorí hrastovú štruktúru utvorenú v transpresnom režime iniciovanom kolíziou Západných Karpát so severoeurópskou platformou v ranom miocéne (Kováč et al., 1994). Hrast Považského Inovca sa z južnej strany ponára pod sedimenty Podunajskej nížiny, zo Z a V ho od neogénnej výplne blatnianskej a rišňovskej depresie ohraničujú zlomy (Maheľ, 1986) a na S od Strážovských vrchov oddeľuje jastrabský zlom. Hrast tvoria tri bloky – selecký, bojniansky a hlohovský, oddelené navzájom tektonickými líniami alpínskeho veku smeru ZSZ–VJV (Putiš, 1980). Selecký (severný) blok je na S od hrádocko-zlatníckej línie (obr. 1), bojniansky (stredný) a hlohovský (južný) navzájom oddeľuje koplotovská línia (Maheľ, 1986). Na stavbe seleckého bloku sa v rozhodujúcej miere zúčastňuje kryštalinikum, hlavne metamorfity, v bojnianskom prevažujú granitoidy a významne je zastúpené aj mezozoikum. Hlohovský blok budujú metamorfity a leukokratné granity (Plašienka a Marko, 1993).

Študované územie budujú metamorfity variského veku (svory, rula a amfibolity). V hrádocko-zlatníckej línii sú horniny alpínsky mylonitizované a fylonitizované. Na S od tejto línie vystupujú aj telesá pravdepodobne jurských metabazitov (l. c.). Podľa FT (štiepnych stôp – *fission tracks*) z apatitu sa severná časť Považského Inovca začala dvíhať pred 15,9–16,9 Ma, čiže v spodnom miocéne (Danišík et al., 2004).

Prehľad rudných mineralizácií

Poznatky o rudných mineralizáciách v Považskom Inovci publikoval najmä Polák (1969, 1971, 1987). Rudná mineralizácia tvorí väčšinou ekonomicky bezvýznamné výskyty a časť z nich sa vyčleňuje iba na základe anomálií v šlichoch.

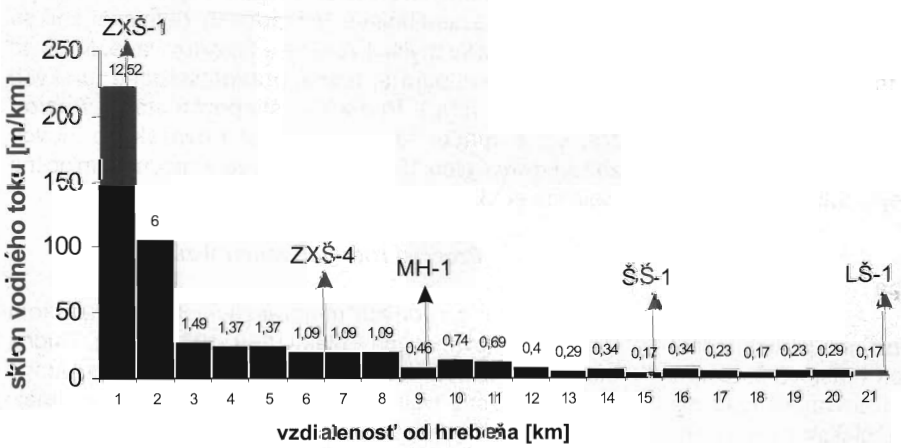


Obr. 1. Schematická geologická mapa s vyznačením miest odberu vzoriek
Fig. 1. Schematic geological map with sampling sites designation

Rozsiahle dobývky rozsypového zlata na východných svahoch severnej časti Považského Inovca prvý opísal Polák (1969). Cu-Pb-Zn polymetalická mineralizácia vystupuje v podobe kremenných žíl v rulovom kryštaliniku severnej časti Považského Inovca (Polák, 1971). Z kremennej žiloviny tejto mineralizácie pochádza aj nález primárneho voľného zlata (Polák et al., 1985; Polák, 1987). Chalkopyritová mineralizácia vystupuje v permských sedimentoch v širšom okolí Kalnice (Polák, 1971). U-Mo-Cu mineralizácia sa vyvinula vo vulkanickosedimentárnom súvrství permského veku a je geneticky spätá s ryolitovým vulkanizmom. Akumulácie priemyselného významu vznikli remobilizáciou v strednej až vrchnej kriede (Rojkovič a Novotný, 1993). Metamorfovaná magnetitová mineralizácia vulkanickosedimentárneho pôvodu je na vrchu Železník v katastri Veľkej Hradnej. Tvorí šošovky v hercýnsky metamorfovaných bázických vulkanitoch hrubé do 40 cm (Polák, 1956, Ozdín a Rojkovič, 2006). Hematitová mineralizácia je vyvinutá v permských horninách na sz. svahu pohoria asi 1 km na Z od kóty Inovec. Hematit a iné Fe oxidy tmelia tektonickú brekciu (Polák, 1971). Barit sa zistil v šlichoch z hydrotermálne alterovanej starohorskej zóny na SZ od Zlatník a v južnej časti pohoria, kde v šlichoch vystupuje spolu so zlatom (l. c.). Anomálie scheelitu sa zistili pri orientačnom šlichovom prieskume v sz. časti pohoria (Polák et al., 1985). Polák (1971) opísal aj výskyt balvanov limonitu na rozhraní kryštalinika a obalovej inoveckej jednotky v okolí Vozokán a v neogénne bánovskej kotliny v okolí Dubodiela.

Metodika prác

Šlichové vzorky sa odoberali najmä na získanie zlata a na ňom sa pozoroval vplyv transportu a exogénnych



Obr. 2. Sklon povodia Liviny v stupňoch s vyznačením miest odberu vzoriek.
Fig. 2. Inclination of drainage area the Livina stream with indication of sampling sites.

činiteľov. Krok odberu bol 4 km, ale hlavne na dolnom toku riek sa pre nevyhovujúce sedimentačné prostredie resp. reguláciu vodných tokov musel upraviť (obr. 1, 2). Odoberala sa štandardná šlichová vzorka (sitovaný brotvan = cca 10 l) na mineralogické hodnotenie šlichov a na výpočet kovnatosti sedimentu. Dostatočné množstvo zlata na mineralogickú analýzu sa získalo doplnkovým šlichovaním. Vzorky sa odobrali z aktívneho alúvia vodných tokov a zo starých dobývok z hĺbky do 50 cm. Materiál sa preosial cez sito s veľkosťou ôk 5 mm a preryžoval. Ťažká frakcia sa uschovala na ďalšie spracovanie.

Veľkosť vyseparovaného zlata sa merala na binokulárnej lupe pomocou okulára s mikrometrickou škálou. Index sploštenia (F. I.) sa vypočítal podľa vzťahu $(a + b)/2c$, kde a je najdlhší meraný rozmer – dĺžka, b šírka a c hrúbka zlatinky (Youngson a Craw, 1999). Získané zlato sa odvážilo a vypočítala sa orientačná kovnatosť sedimentu (1 brotvan = 10 dm^3, nadsitná/podsitná frakcia = 1 : 1). Pozoroval sa vplyv transportu na morfológiu zlatiniek a tiež podiel zrastania aluviálneho zlata s inými minerálmi. Rýdzosť zlata sa vypočítala podľa vzťahu F_T = (Au/Au + Ag) x 1000.

Vzorky sa analyzovali na prístroji JEOL JXA 840A (CLEOM Prírodovedeckej fakulty UK, analytik Stankovič) za týchto podmienok: urýchľovacie napätie 20 kV, 15 nA, priemer lúča 2 μm; štandardy pre vzorky zlata: Au (Au), Ag (Ag), Cu (Cu), Hg (HgS), Sb (Sb), Fe (Fe) a Bi (Bi).

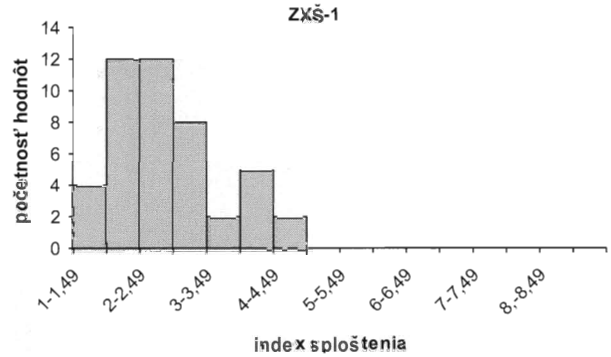
Morfológia zlata

Zlato sa získalo z alúvia potoka Livina v celom výškovom profile (obr. 2). Vystupuje v počte 1–12 zŕn na šlich. Jeho maximálna koncentrácia bola v šlichu ZXŠ-1 (1,12 $g \cdot m^{-3}$ – odobratý zo skalného dna nad najvyššie položenými ryžoviskami) a ZXŠ-4 (0,89 $g \cdot m^{-3}$ – odobratý z falošného dna z hnedého a sivého ílu v tesnej blízkosti najväčších ryžovísk; obr. 1, 2). V dolnom toku Liviny zlatonosnosť sedimentov negatívne ovplyvnil prínos materiálu z neogénnych sedimentov bánovskej kotliny, a tak sa zlato získalo zo sedimentačných pascí (korene rastlín a stromov).

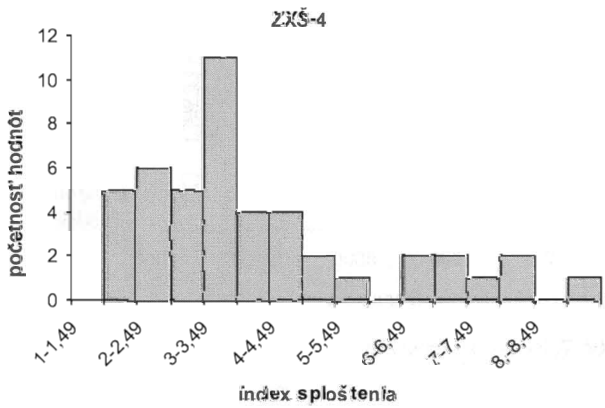
Vzorka ZXŠ-1 je z eróziou obnaženého skalného dna, ktoré tvorí tektonicky porušená metamorfovaná hornina (muskovitický svor?) v oblasti najvyššie položených aluviálnych ryžovísk zlata. Cca 700 m na SSZ od miesta odberu vzorky sa objavili dve prieskumné pingy v delúviu z neznámeho obdobia.

Zlato zo vzorky ZXŠ-1 tvorí kríčkovité agregáty a hrudky s nerovným povrchom veľké do 5 mm. Vyskytujú sa aj drôtiky a zlato s náznakmi kryštálových tvarov. Morfológia zŕn je typická pre zlato transportované na krátku vzdialenosť od primárneho zdroja, čo potvrdzuje aj nízky aritmetický priemer indexu sploštenia (F. I. = 2,35; obr. 3). Zlato je prevažne svetložlté. Sýtožlté zlatinky sú zriedkavé. V skúmanej vzorke (147 zŕn – 496,3 mg) sa 30 % zŕn prerastá s kremeňom a na 11 % sa zistil povlak Fe hydroxidov (obr. 9). Vysokorýdzi lem na okrajoch zlatiniek sa pozoroval iba ojedinele (obr. 8d).

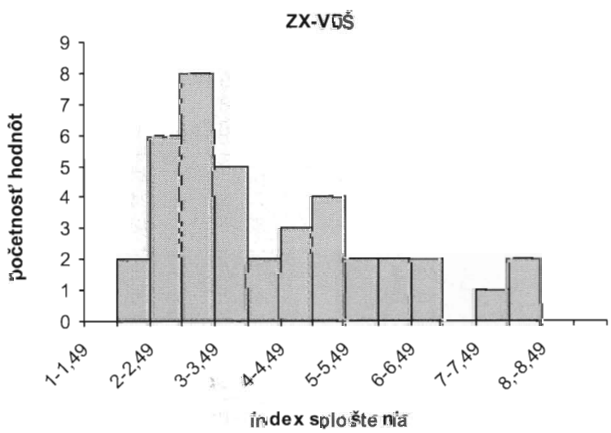
Vzorka ZXŠ-4 sa odobrala z alúvia Liviny blízko najrozsiahlejších ryžovísk pri ústí výpustného kanála dobývky



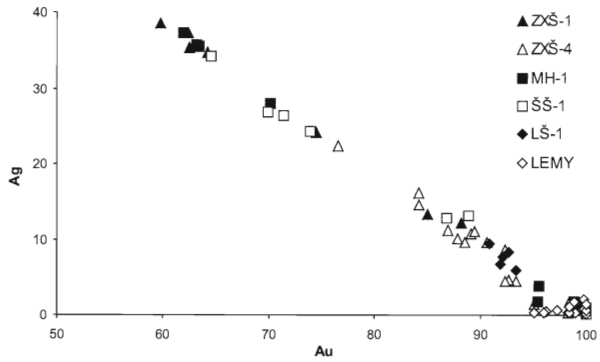
Obr. 3. Histogram indexu sploštenia vo vzorke ZXŠ-1
Fig. 3. Histogram of the flattening index in the sample ZXŠ-1



Obr. 4. Histogram indexu sploštenia vo vzorke ZXŠ-4.
Fig. 4. Histogram of the flattening index in the sample ZXŠ-4.

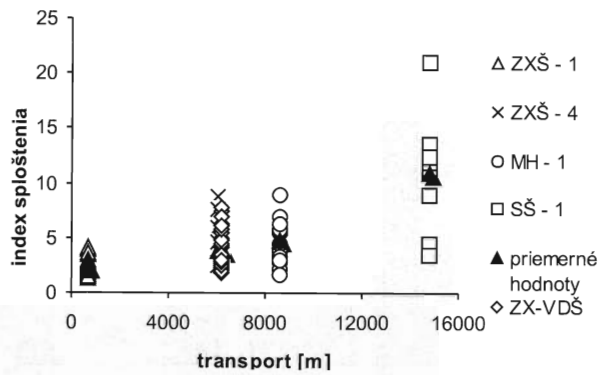


Obr. 5. Histogram indexu sploštenia vo vzorke ZX-VDŠ.
Fig. 5. Histogram of the flattening index in the sample ZX-VDŠ.



Obr. 6. Graf závislosti Au a Ag (hmot. %) v aluviálnom zlate z okolia Zlatník v Považskom Inovci.

Fig. 6. Graph of the relation of Au and Ag (wt. %) in alluvial gold from the surrounding of the Zlatníky in the Považský Inovec Mts.



Obr. 7. Index sploštenia aluviálneho zlata z rozsypov.

Fig. 7. Flattening index of the alluvial gold from gold placers.

Vlčie diery III Lokalita leží na 2 km pod hranicou kryštalinikum/neogén. Vo vzorke sú rozličné morfologické tvary zlata – pliešky, drôtiky, ale prevažujú hrudky s nerovným povrchom a sčasti zaoblenými primárnymi tvarmi. V skúmanej vzorke (235 zŕn – 330,8 mg; priemerná hmotnosť zrna 1,41 mg) sú zrná veľké do 3 mm a úlomky jemnozrnného kremeňa bohato prerasteného zlatom až do 10 mm. Zlato je prevažne matné, sýtožlté. Svetložlté zrná sa pozorovali zriedka. Je to pravdepodobne výsledok intenzívnej tvorby vysokorýdzeho lemu na okrajoch zlatiniek (obr. 8c). Najviac zlatiniek (43 %) je veľkých od 0,5 do 1 mm, 24 % nad 1 mm a 22 % od 0,2 do 0,5 mm. Najmenšie zlato (< 0,2 mm) tvorí 11 % vzorky Kremeňom je prerastených až 24 % zŕn a Fe oxohydroxidmi 9,8 % (obr. 9). Index sploštenia (F. I. = 3,77) vypočítaný z priemeru 46 meraní signalizuje dlhší transport ako pri vzorke ZXŠ-1. Výrazné maximum tohto indexu je v intervale F. I. 3–3,49 (obr. 4).

Vzorka ZX-VDŠ je z výpustného kanála dobývky Vlčie diery II z rovnakej nadmorskej výšky ako ZXŠ-4. Zlato je pomerne jemnozrnné (589 zŕn – 120 mg; priemerná hmotnosť zrna 0,2 mg) a maximálne veľké 3 mm. Najviac zŕn pripadá na zlato veľké 0,2–0,5 mm – 62 %, 27 % je vo veľkostnej frakcii pod 0,2 mm, frakciu 0,5–1 mm zastupuje 10 % zlatiniek a 1 % má zlatinky väčšie ako 1 mm. Priemerný index sploštenia vypočítaný zo 40 meraní je F. I. 3,79 (obr. 7), čo zodpovedá rovnakej dĺžke transportu ako pri vzorke ZXŠ-4. Maximálne F. I. je v intervale 2,3–2,99 (obr. 5).

Vzorka MH-1 sa získala z alúvia Liviny 200 m pod Zlatníkmi približne 1,5 km pod najnižšie položenými dobývkami na zlato v povodí potoka (obr. 1) Vyseparované zlato je pomerne jemnozrnné, sýtožlté, na povrchu matné, vo vzorke 22 zŕn maximálne veľké 1 mm. Najviac zlatiniek (46 %) je vo frakcii 0,2–0,5 mm. Vypočítaný index

Tab. 1
Chemické analýzy (WDS) aluviálneho zlata (hmot. %)
Chemical analyses (WDS) of alluvial gold (wt. %)

vzorka	č. zlatiny	Au	Ag	Hg	Cu	Fe	Pb	suma	rýdzosť
ZXŠ-4	7 – stred	84,2	16,23	0,19	0,22	0,09	–	100,93	838,39
	7 – lem	98,37	1,78	0,32	0,22	0,15	–	100,85	982,23
	8 – stred	76,53	22,41	0,37	0,65	0,17	–	100,14	773,50
	8 – lem	99,99	0,84	0,28	0,61	0,22	–	101,95	991,67
	Au s py – stred	88,18	9,82	0,48	0,08	0,17	0,21	98,95	899,80
	Au s py – lem	96,96	0,62	0,38	0	0,26	0,17	98,38	993,65
ZXŠ-1	8 – stred	62,3	37,21	0,22	0,42	0,15	–	100,3	626,07
	4 – stred	74,53	24,18	0,21	0,55	0,15	–	99,61	755,04
	12 – stred	88,25	12,24	0,19	0,74	0,24	–	101,66	878,20
MH-1	4 – stred	70,13	28,08	0,38	0,39	0,25	–	99,23	714,08
	7 – stred	63,35	35,55	0,23	0,32	0,23	–	99,68	640,55
	7 – lem	98,96	1,53	0,37	0,22	0,27	–	101,35	984,77
ŠŠ-1	10 – stred	73,96	24,32	0,48	0,21	0,09	–	99,06	752,54
	10 – lem	99,98	0,14	0,41	0,24	0,14	–	100,91	998,60
	5 – stred	86,88	12,75	0,54	0,25	0,17	–	100,57	872,03
LŠ-1	2 – stred	93,34	5,86	0,38	0,22	0,15	–	99,95	940,93
	3 – stred	90,86	9,39	0,18	0,32	0,13	–	100,89	906,33

sploštenia (F. I. = 4,83 – 15 meraní) zodpovedá predpokladanej dĺžke transportu cca 9 km. Zlato nesie znaky transportu a je mechanicky opracované. Primárne tvary sú na väčšine zŕn zaoblené. Pri všetkých zrnách bol pozorovateľný vysokorýdzi lem (obr. 8c).

Vzorka ŠŠ-1 bola odobratá v intraviláne Šišova pod mostom cez Livinu pri miestnom parku (obr. 2). Pre prínos materiálu z neogénnych sedimentov Bánovskej kotliny je zlatonosnosť alúvia nízka (1 Au/šlich). Zlato je jemnozrnné, maximálne veľké (11 zŕn) do 0,8 mm. Najviac zlatiniek (82 %) je vo frakcii od 0,2 do 0,5 mm. Zlatinky majú veľmi dobre vyvinutý vysokorýdzi lem (obr. 8a). Priemerný index sploštenia F. I. je 11 (10 meraní; obr. 7).

Vzorka LŠ-1 sa získala pri ústí Liviny do Bebravy z obohateného sedimentu medzi korienkami vegetácie (obr. 2). Obsahuje veľmi jemnozrnné zlato maximálne veľké 0,3 mm. Zhodnotilo sa dovedna 10 zŕn. Dno koryta potoka bolo čiastočne regulované, a preto sa viac zlata nezískalo.

Zlato vystupuje vo forme veľmi dobre opracovaných tenkých plieškov. Ohýbanie *(folding)*, ktoré pri zlatinkách s dlhým transportom opisuje viac autorov, sa nepozorovalo. Index sploštenia sa pre malé rozmery zlata nestanovil.

Zrastanie zlata s inými minerálmi

Podiel zŕn prerastených inými minerálmi klesá v závislosti od dĺžky transportu. Pri ŠŠ-1 a LŠ-1, vzorkách s najdlhším transportom, sa zrasty s inými minerálmi nenašli. Zlato sa najčastejšie prerastá s kremeňom a býva pokryté povlakom Fe oxohydroxidov (obr. 9). Takéto prerastanie bolo pozorovateľné najmä pri zlatinkách väčších ako 0,5 mm. Vo vzorke ZX-VDŠ sa s kremeňom prerastá viac ako 80 % zlata veľkého nad 0,5 mm. Kremeň zrastajúci s aluviálnym zlatom je biely až sivý, zriedka hrdzavožltý až ružový a často tvorí jemnozrnné agregáty.

Vo vzorke ZXŠ-1, ZXŠ-4 a ZX-VDŠ sa pri piatich zrnách pozorovali zrasty zlata s neznámym zeleným minerálom (chlorit?) a zriedka sa na povrchu vyskytoval aj povlak čierneho minerálu (Mn oxohydroxidy?, β-HgS?). V úlomku kremeňa bohato prerastenom zlatom zo vzorky ZXŠ-4 sa EDS analýzou identifikovali inklúzie pyritu a relatívne hojné uzavreniny xenotímu v zlate (maximálne veľké 20 μm). Pyrit tvorí idiomorfné agregáty veľké do 30 μm štvorcového prierezu, často uzatvára drobné maximálne niekoľko μm veľké inklúzie zlata (obr. 8f). Pozoruhodný je jeho výskyt aj vo vysokorýdzom zlate tvoriacom lem na okraji zrna (obr. 8f). V kremeni asociujúcom so zlatom sa pozorovali aj agregáty K, Al, Si, Fe a Mg silikátu (identifikované EDS) s veľmi dobrou štiepateľnosťou (biotit; obr. 8e).

Chemické zloženie

Chemické zloženie zlata z aluviálnych sedimentov v Považskom Inovci sa mení v širokom rozpätí – pri Au od 59,68 do 100 hmot. % a pri Ag od 38,51 do 0,09 %. Pri iných prvkoch bol mierne vyšší iba obsah Hg – do 0,68 hmot. %.

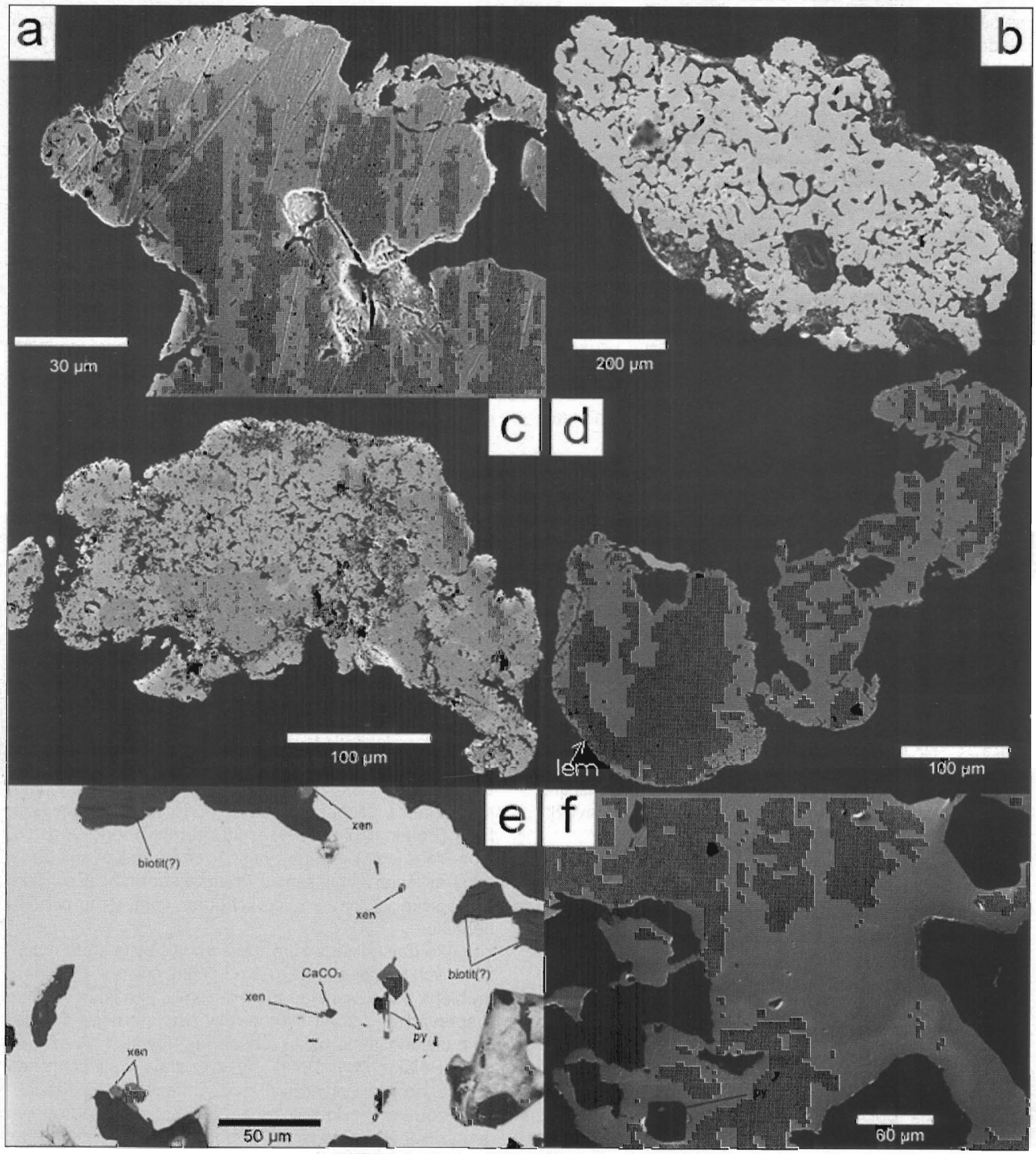
Na základe obsahu Au podľa WDS analýz (tab. 1, obr. 6) sa vyčleňujú tri typy aluviálneho zlata: 1. vysokorýdze (82,9–93,35 hmot. % Au), 2. strednorýdze (69,93–77,49 hmot. % Au) a 3. nízkorýdze (59,68–64,5 hmot. % Au). Rýdzosť sa pohybuje od 607,8 do 999,1. Vysokú rýdzosť má lem, ktorý sa zistil na okraji zlatiniek pri všetkých typoch zlata. Hrúbka vysokorýdzeho lemu rastie so stúpajúcou dĺžkou transportu. Vo vzorke ZXŠ-1 sa vysokorýdzi lem vyskytuje iba zriedka a jeho hrúbka je najviac 40 μm (obr. 8d). Vo vzorke ZXŠ-4 (obr. 8c) bol miestami bežný a miestami hrubý až 300 μm, pričom v strede bolo možno vidieť relikty nižšierýdzeho pôvodného jadra. Vo vzorke MH-1 sa pozoroval na všetkých zrnách aluviálneho zlata a vyskytli sa aj zrná úplne vyrýdzeného zlata vo veľkosti až 300 μm (obr. 8b). Pri vysokorýdzom zlate tvoriacom lem na povrchu zŕn aluviálneho zlata sa často vyskytovali póry, čo svedčí o ich vzniku samoelektrorafináciou (Groen et al., 1990). S rastúcou dĺžkou transportu sa ďalšie hrubnutie vysokorýdzeho lemu nepozorovalo.

Diskusia

Staré ryžoviská sa pokladali za prirodzený morfologický výtvor. Prvý ich ako dobývky na zlato opísal Polák (1969). Primárny zdroj zlata sa napriek viacerým prieskumom nepodarilo lokalizovať a považuje sa za úplne oderodovaný (Polák, 1987; Knésl a Knéslová, 1998). V prvých etapách prieskumu sa za možný zdroj zlata v sedimentoch pokladala hypotetická sulfidická mineralizácia analogická polymetalickému Pb-Zn-Ag výskytu Ján Baptista v západnej časti Považského Inovca (Polák, 1971). Zo vzorky žiloviny z tejto mineralizácie bol prvý raz publikovaný nález primárneho zlata v Považskom Inovci (Polák et al., 1985; Polák, 1987). Túto teóriu podporovala aj anomália zlata v šlichoch v oblasti pod výskytom Ján Baptista (Polák, 1971). Neskôr sa od tejto teórie upustilo, lebo ide o jediný známy výskyt hydrotermálnej sulfidickej mineralizácie v kryštaliniku Považského Inovca a nijaké analogické výskyty sa vo východnej časti tohto pohoria nenašli.

Ako ďalší možný zdroj zlata sa vyčlenila zóna polarizovaných hornín s indukovanou polarizáciou > 4 %, ktorá prebieha pozdĺž celej hrádocko-zlatníckej násunovej línie a sprevádza ju zóna hydrotermálneho kremeňa s obsahom zlatonosného pyritu (obsah Au v pyrite 1,44 až 2,48 ppm; Polák, 1969, 1971). Výskyty zlata v šlichoch nad touto zónou sa vysvetľovali možným opakovaním podobných zón vo vyššie položenej časti pohoria. Podrobným geofyzikálnym meraním sa podobné zóny nenašli (Polák a Kucharič, 1973).

Knésl a Knéslová (1998) plnili prieskumnú úlohu Zlatníky-VP, Au rudy, zameranú na vyhľadávanie primárneho zdroja rozsypového Au. V jej rámci hodnotili pôdne a horninové vzorky, ako aj vzorky riečnych sedimentov. V oblasti Panská Javorina-severozápad sa zistil anomálny obsah Au vo vzorke amfibolitu (1,2 $g \cdot t^{-1}$) a 1,6 $g \cdot t^{-1}$ svorovej ruly (1,6 $g \cdot t^{-1}$), ktoré môžu reprezentovať koreňové zóny primárnej Au mineralizácie. Autori (l. c.) považujú za pôvodný zdroj zlata v rozsypoch zlatonosný pyrit a predpokladajú



Obr. 8. Aluviálne zlato z rozsypov z okolia Zlatník. **a** – vysokorýdzi lem na zlate zo vzorky ŠŠ-1, **b** – zlato kompletne vyrýdzené samoelektrorafináciou (MH-1), **c** – vysokorýdzi lem uzatvárajúci nižšierýdze jadro – štruktúra typická pre samoelektrorafináciu – ZXŠ-4, **d** – veľmi slabo vyvinutý vysokorýdzi lem na zlate zo vzorky ZXŠ-1, **e** – inklúzie v aluviálnom zlate – ZXŠ-4, **f** – inklúzia pyritu vo vysokorýdzom leme – ZXŠ-4.
Fig. 8. Alluvial gold from the gold placers in surrounding of Zlatníky gold placers. **a** – rim of high-fineness on gold from the sample ŠŠ-1, **b** – gold with increased fineness by self-electrorefining (MH-1), **c** – rim of high-fineness enclosing the core with lower fineness – structure typical for self-electrorefining – ZXŠ-4, **d** – very weakly developed rim of high-fineness in gold from the sample ZXŠ-1, **e** – inclusion in alluvial gold – ZXŠ-4, **f** – pyrite inclusion in rim of high-fineness –ZXŠ-4.

jeho rozptyl pozdĺž celej zlatnícko-hrádockej línie, nie iba v okolí Starej hory. Podľa nich sa remobilizáciou obsahu zlata v pyrite pri mladších tektonických procesoch akumulovalo zlato v cementačnej zóne, ktorá sa pri zdvihu pohoria oderodovala.

Na iných lokalitách v tatriku sa doteraz vyčlenili dva až štyri typy zlata, a to 1. vysokorýdze zlato z pyritovo-arzenopyritovej periódy zodpovedajúce vysokorýdzemu aluviálnemu zlatu, 2. nižšierýdze zlato zo sulfidickej periódy, kde asociuje s galenitom, tetraedritom a pyritom; je príbuzné strednorýdzemu zlatu z Považského Inovca, 3. nízkorýdze zlato; vyčlenilo sa aj na lokalite Pezinok-Staré Mesto, Chvojnica a Kriváň (Bakos et al., 2002; Mikuš a Chovan, 2003; Bakos, 2003), 4. zlato zistené iba na Kriváni vo Vysokých Tatrách, kde vystupuje v podobe „horčicového" zlata (*mustard gold;* Bakos, 2003).

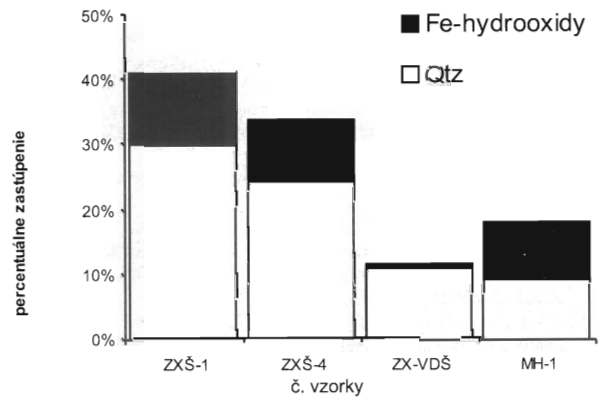
Vysokorýdzi lem sa na aluviálnom zlate tvorí často a zistil sa aj na mnohých západokarpatských lokalitách (Bačo et al., 1999; Bahna et al., 2001; Bahna a Chovan, 1999; Bakos a Žitňan, 1999; Mikuš a Chovan, 2003; Smirnov a Chovan, 2003). V alúviu Ľupčianky v Nízkych Tatrách, v ktorej povodí leží Sb-Au ložisko Magurka, sa tvorba vysokorýdzeho lemu nepozorovala. Zlato z aluviálnych sedimentov má obsah Ag o 2–3 % nižší ako primárne zlato (Bakos a Chovan, 1999).

Veľmi dobre vyvinutý vysokorýdzi lem je charakteristický pre zlato z rozsypov (Morávek, eds., 1992). Knight et al. (1999) opísali takýto lem hrubý 60 μm na zlate z paleorozsypov na Klondiku. Anomálne hrubý (500 μm) vysokorýdzi lem vo vzorkách z Považského Inovca môže byť výsledkom náhodného šikmého rezu aluviálnym zlatom vo výbruse. Pozorovaná štruktúra vysokorýdzeho lemu svedčí o jeho vzniku pri samoelektrorafinácii (SER; Groen et al., 1990). Pórovitá štruktúra, typická pre vysokorýdzi lem vo vzorke ZXŠ-4 a MH-1, sa pre mechanickú deformáciu vo vysokorýdzom leme na zlate s dlhším transportom neprejavila.

Maximálny index sploštenia dobre korešponduje s percentuálnym podielom zŕn prerastajúcich sa s inými minerálmi. Podľa Loena (1995) vzorky s podielom zŕn nad 20 % zrastajúcich s inými minerálmi neprekračujú priemer F. I. 5. V prípade Považského Inovca to bola vzorka ZXŠ-1 – 30 % (F. I. = 2,32) a ZXŠ-4 – 24 % (F. I. = 3,77).

Priemerný index sploštenia aluviálneho zlata (F. I. = 2,32) a veľmi nízka opracovanosť zlatiniek vo vzorke ZXŠ-1, odobratej blízko píng, potvrdzujú veľmi krátky transport a indikujú primárny zdroj zlata, z ktorého sa zlato uvoľňuje a transportuje aj v súčasnosti. Rovnaký náhľad má aj Štefík (2001), udáva index sploštenia zlata F. I. 2,5 vo vzorkách odobratých medzi starou dobývkou Speváčka a Stará hora (cca 1 km pod ZXŠ-1) a podľa morfologických vlastností aluviálneho zlata tiež predpokladá primárny zdroj zlata v priľahlej časti kryštalinika.

Nepatrný rozdiel v priemernom indexe sploštenia vo vzorkách zo sedimentov recentného alúvia Liviny ZXŠ-4 (F. I. = 3,77) a z paleosedimentov ZX-VDŠ (F. I. = 3,79; obr. 9) signalizuje rovnakú dĺžku transportu zlata vo fosílnych a recentných sedimentoch. Vzorka ZX-VDŠ predstavuje zlato, ktoré sa nepodarilo zachytiť pri historickej ťažbe, preto sú v nej zrejmé rozdiely v zrnitosti zlata a v percentuálnom zastúpení zlatiniek prerastených kremeňom v porovnaní so vzorkou ZXŠ-4 (obr. 9). Podobné správanie aluviálneho zlata opísal aj Kyselica a Hvožďara (1997), ktorí uvádzajú priemerný index sploštenia zlata z blízkosti primárnych zdrojov vo veporiku od 2,3 do 3. S dĺžkou transportu rastie aj index sploštenia na 6,5 (po 12 km) resp. na 7 (po 25 km).



Obr. 9. Percentuálne zastúpenie zŕn zlata zrastajúcich s inými minerálmi.

Fig. 9. Percentage of gold grains abundance intergrowing with other minerals.

Záver

Distribúcia zlata v aluviálnych sedimentoch Liviny je nerovnomerná a ovplyvňuje ju najmä sedimentačné prostredie. Maximálne koncentrácie zlata sa zistili blízko starých dobývok a nad najvyššie položenými dobývkami na zlato (0,89 resp. 1,12 g/m^3). Podľa rýdzosti sú tri typy aluviálneho zlata. Vysokorýdzi lem sa pozoroval pri všetkých typoch zlata a najlepšie vyvinutý bol vo vzorkách aluviálneho zlata z paleorozsypov (ZX-VDŠ) a vo vzorke ZXŠ-4 z aktívneho alúvia. Index sploštenia stúpa s rastúcou dĺžkou transportu. Priemerný index sploštenia zo vzorky ZXŠ-1 (F. I = 2,32) signalizuje blízkosť primárneho zdroja v okolí Starej hory, v oblasti nad najvyššie položenými ryžoviskami zlata.

Literatúra

Bačo, P., Križáni, I. & Baláž, B., 1999: Distribúcia zlata vo východoslovenskom regióne z pohľadu šlichovej prospekcie. *Mineralia Slov., 31, 3–4, 193–199.*

Bahna, B. & Chovan, M., 1999: Morfológia a chemické zloženie zlata z Pukanca. *Mineralia Slov., 31, 3–4, 259–263.*

Bahna, B., Smirnov, A., Chovan, M. & Bakos, F., 2001: Zmeny chemického zloženia zlata pri transporte v aluviálnych sedimentoch (príklady z lokalít Západných Karpát). *Mineralia Slov., 33, 6, 514–515.*

Bakos, F., 2003: Hydrotermálne mineralizácie v kryštaliniku Tatier [Dizertačná práca.] *Manuskript – archív Katedry mineralógie a petrológie Prírodovedeckej fakulty UK Bratislava, 106.*

Bakos, F. & Chovan, M., 1999: Genetické typy zlata z oblasti Magurky (Nízke Tatry). *Mineralia Slov., 31, 3–4, 217–225.*

Bakos, F., Pršek, J. & Tuček, P., 2002: Variscan granitoid hosted hydrotermal gold deposit Pezinok-Staré Mesto (Malé Karpaty Mts., Western Carpathians): Mineralogy, paragenesis, fluid inclusions study. *Slov. Geol. Mag., 8, 1, 37–47.*

Bakos, F. & Žitňan, P., 2001 Supergénne obohatené zóny – možný zdroj zlata v rozsypoch v oblasti Tribeča. *Mineralia Slov., 33, 5, 453–458.*

Bakos, F. & Chovan, M., eds., 2004: Zlato na Slovensku. *Monografia. Slovenský skauting, 298.*

Danišík, M., Dunkl, I., Putiš, M., Frisch, W. & Král, J., 2004: Tertiary burial and exhumation history of basement highs along the NW margin of the Pannonian basin: An apatite fission track study *Aust. J. Earth Sci., 95, 96, 60–70.*

Groen, J. C., Craig, J. R. & Rimstidt, D., 1990: Gold-rich rim formation on electrum grains in placers. *Canad. Mineralogist, 28, 207–228.*

Knésl, J. & Knéslová, A., 1998: Perspektívy Au mineralizácie v Považskom Inovci. *Mineralia Slov., 30, 6, 413–422.*

Knight, J. B., Morison, S. R. & Mortensen, J. K., 1999b: The relationship between placer gold shape, rimming and distance of fluvial transport as exemplified by gold from Klondike District, Yukon Territory, Canada. *Econ. Geol., 94, 635–648.*

Kováč, M., Kráľ, J., Márton, E., Plašienka, D. & Uher, P., 1994: Alpine uplift history of Central Western Carpathians: Geochronological, paleomagnetic, sedimentary and structural data. *Geol. Carpath., 45, 2, 83–96.*

Kyselica, M. & Hvožďara, P., 1999: Morfológia a chemické zloženie zlata v rozsypoch veporika. *Mineralia Slov., 33, 4–5, 320–322.*

Loen, J. S., 1995: Use of placer gold characteristics to locate bedrock gold mineralization. *Explor. Mining. Geol., 4, 335–339.*

Maheľ, M., 1986: Geologická stavba československých Karpát. Paleoalpínske jednotky. *Bratislava, Veda, 503.*

Mikuš, T. & Chovan, M., 2003: Hydrothermal Sb-Au mineralization in the Strážovské vrchy Mountains (Malá Magura, Western Carpathians). *Geol. Carpath., 54, 4, 207–216.*

Morávek, P., eds., 1992: Zlato v Českém masívu. *Praha, Čes. geol. ústav, 245.*

Plašienka, D. & Marko, F., 1993: Geologická stavba strednej časti Považského Inovca. *Mineralia Slov., 25, 1, 11–22.*

Polák, S., 1956: Výskyt magnetitu na Železníku pri obci Jastrabie, okr. Bánovce nad Bebravou. *Geol. Práce, Zpr., 7, 137–143.*

Polák, S., 1969: Orientačné poznatky o zlate v recentných náplavoch a mladých fosílnych sedimentoch na východnom úbočí Považského Inovca. *Mineralia Slov., 1, 1, 27–31.*

Polák, S., 1971 Príspevok k metalogenéze Považského Inovca. *Mineralia Slov., 3, 11, 237–240.*

Polák, S., 1987 K prognózam primárneho Au zrudnenia v pohorí Považský Inovec. *Mineralia Slov., 19, 1, 61–68.*

Polák, S. & Kucharič, Ľ., 1973: Transverzálna zóna polarizovateľných geologických objektov v Považskom Inovci a jej ložisková perspektíva. *Mineralia Slov., 5, 3, 257–270.*

Polák, S., Rak, D. & Hanas, P., 1985: Regionálna geochémia Západných Karpát. Považský Inovec-VP rudy. *Manuskript – archív Geofond Bratislava, 108.*

Putiš, M., 1980: Succession of tectonic structures in the crystalline and envelope Paleozoic of the Považský Inovec Mts. *Geol. Zbor. Geol. carpath., 34, 457–482.*

Rojkovič, I. & Novotný, L., 1993: Uránová mineralizácia v tatriku a veporiku. *Mineralia Slov., 25, 5, 341–348.*

Ozdín, D. & Rojkovič, I., 2006: Magnetitová mineralizácia na lokalite Železník v Považskom Inovci. *Mineralia Slov., 38, 2, 109–123.*

Smirnov, A. & Chovan, M., 2003: Heavy minerals in alluvial sediments of the Boca river (Nízke Tatry Mts., Slovakia). *Slov. Geol. Mag., 9, 269–280.*

Štefík, S., 2001 Ťažké minerály v rozsypoch Považského Inovca. [Diplomová práca.] *Manuskript – archív Katedry mineralógie a petrológie Prírodovedeckej fakulty UK Bratislava, 70.*

Youngson, J. H. & Craw, D., 1999: Variation in placer style, gold morphology and gold particle behaviour down gravel bed-load rivers: An example from the Shotover/Arrow-Kawarau-Clutha River system, Otago, New Zealand. *Econ. Geol., 94, 615–634.*

Rukopis doručený 24. 4. 2006
Revidovaná verzia doručená 14. 8. 2006
Rukopis akceptovaný 21. 2. 2006

Mineralia Slovaca, 38 (2006), 261–272

Hydrotermálna mineralizácia na lokalite Medzibrod a Sopotnická dolina

BRONISLAVA LALINSKÁ a MARTIN CHOVAN

Katedra mineralógie a petrológie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského,
Mlynská dolina G, 842 15 Bratislava
lalia@centrum.sk; chovan@fns.uniba.sk

Hydrothermal mineralization in Medzibrod deposit and Sopotnická dolina valley

The Medzibrod antimony and gold deposit is situated in the metamorphic rocks in the southern part of the Nízke Tatry Mts. Studied samples were collected from the wells and mining dumps. The middle and high level of alteration was defined in surrounding of the ore zones. On the basis of detailed paragenetic relations study, we have defined the minerals of hydrothermal alteration as the first in succession, that contains pyrite, arsenopyrite, quartz, carbonates and white micas. The next stage was the carbonate stage, afterwards, the arsenopyrite–pyrite stage was classified. Younger age of the stibnite stage (containing also sphalerite, zinkenite, berthierite, jamesonite, and antimony) was found. As the youngest the tetrahedrite stage is considered, encompassing chalcopyrite, bournonite, jamesonite, and gold.

Key words: hydrothermal mineralization, hydrothermal alteration, stibnite, Medzibrod deposit, Western Carpathians

Úvod

Významné v minulosti ťažené ložisko Sb rudy je na južných svahoch Ďumbierskych Tatier 5 km na S a asi 4 km na SSZ od Medzibrodu (Slávik et al., 1967) v údolí potoka Močiar v nadmorskej výške cca 550 m (Hak, 1966; obr. 1). Objavili ho pravdepodobne nemeckí baníci z Ľubietovej v 16.–17. stor. Pôvodne sa z neho ťažilo zlato viažuce sa na sulfidy a neskôr antimonit (Klein, 1942). Sb-Au ruda sa dobývala v rokoch 1938–1950, intenzívne počas vojny v rokoch 1941–1945. V tom období sa vyťažilo 9000 t rudy ročne s takýmto priemerným zložením: Sb 6 hmot. %, As 2 hmot. % a Au 8 g/t (ibid.).

Pomerne vysoký priemerný obsah Au (okolo 5 g/t) bol podnetom na intenzívny geologický prieskum ložiska a jeho okolia. Najväčšie práce prebiehali v 80. rokoch 20. stor. (Michálek et al., 1988).

Cieľom nášho výskumu bolo spresniť identifikáciu hydrotermálnych minerálov a stanoviť mineralogicko-paragenetickú schému ich vzniku. Študovali sa vzorky z ložiska Medzibrod a zo Sopotnickej doliny (obr. 1), kde sa predpokladá jeho pokračovanie. Analyzovali sa vzorky z háld, ako aj vrtný materiál, ktorý poskytol ŠGÚDŠ, regionálne centrum v Spišskej Novej Vsi.

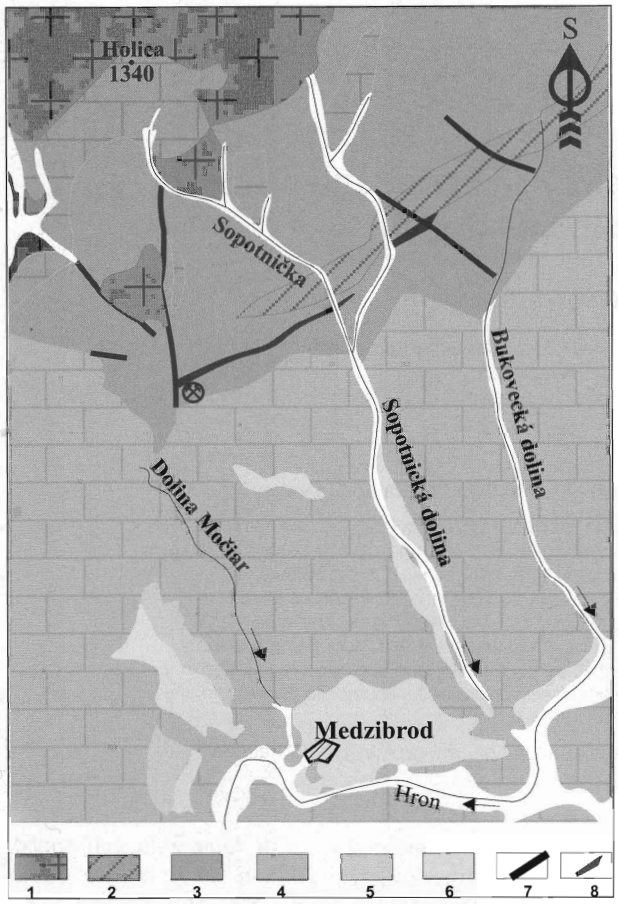
Geológia a ložiskové pomery

Ložisko Medzibrod je v komplexe variského kryštalinika. V bezprostrednom okolí rudnej mineralizácie vystupujú intenzívne metamorfované horniny s prevahou biotitickej a dvojsľudnej ruly a pararuly postihnutých intenzívnou retrográdnou metamorfózou až do fácie zelených bridlíc. V zóne metamorfovaných hornín sú pomerne časté šošovkovité amfibolitové telesá a polohy metamorfovaných hornín so zvýšeným obsahom organickej hmoty. Granitoidy sú zastúpené variskými granodioritmi prašivského typu, ktoré intrudovali do metamorfného plášťa. Lokálne horninami prenikajú dajky aplitoidného granitu neurčeného veku (Michálek et al., 1988, 1999). V širšom okolí mineralizovaných štruktúr sa vyskytujú zvyšky obalového mezozoika triasového lužianskeho súvrstvia (Biely a Bezák, eds., 1997).

Zrudnenie tvoria (obr. 2) ložné žily a šošovky smeru SV–JZ až V–Z so sklonom 20–35° na J prevrásnené do vrás (Michálek et al., 1988). Rudné polohy sú konformné s okolitými kryštalickými bridlicami (Čillík, 1978) a z toho vychádza hypotéza, že ide o ložisko vrstvového *(strata-bound)* typu. Rudné telesá sú usporiadané kulisovite, ich celková smerná dĺžka je 350 m a dosahujú dĺžku 100–150 m (Michálek et al., 1988, a Cambel, 1978, udávajú ich maximálnu dĺžku 80 m). Ťažili sa paralelné šošovky so sklonnou dĺžkou do 100 m (Michálek et al., 1988, 1999; Slávik et al., 1967). Pre ložisko je popri Sb a Au charakteristický vyšší obsah Fe a Pb a hojný výskyt berthieritu a jamesonitu v rude (Hak, 1958, 1966).

Metodika práce

Študijný materiál sa skúmal v polarizačnom mikroskope JENAPOL v odrazenom aj prechádzajúcom svetle na Prírodovedeckej fakulte UK. Vybrané rudné minerály sa analyzovali na elektrónovom mikroanalyzátore JEOL Superprobe



Obr. 1. Geologická mapa okolia ložiska Medzibrod (upravené podľa Bieleho ed., 1992). 1 – granitoidné horniny, 2 – biotitická pararula 3 – biotitická a dvojsľudná rula s páskovanou textúrou, 4 – nečlenené mezozoikum, 5 – terciér, 6 – kvartér, 7 – zlomy, 8 – polohy s grafitickou prímesou, 9 – ložisko.

Fig. 1. Geological map of the Medzibrod deposit and surrounding area (after Biely, ed., 1992). 1 – granitoids, 2 – biotite paragneisses, 3 – biotite and two mica gneisses with banded texture, 4 – unspecified Mesozoic rocks, 5 – Tertiary, 6 – Quaternary, 7 – faults, 8 – graphitized rocks, 9 – deposit.

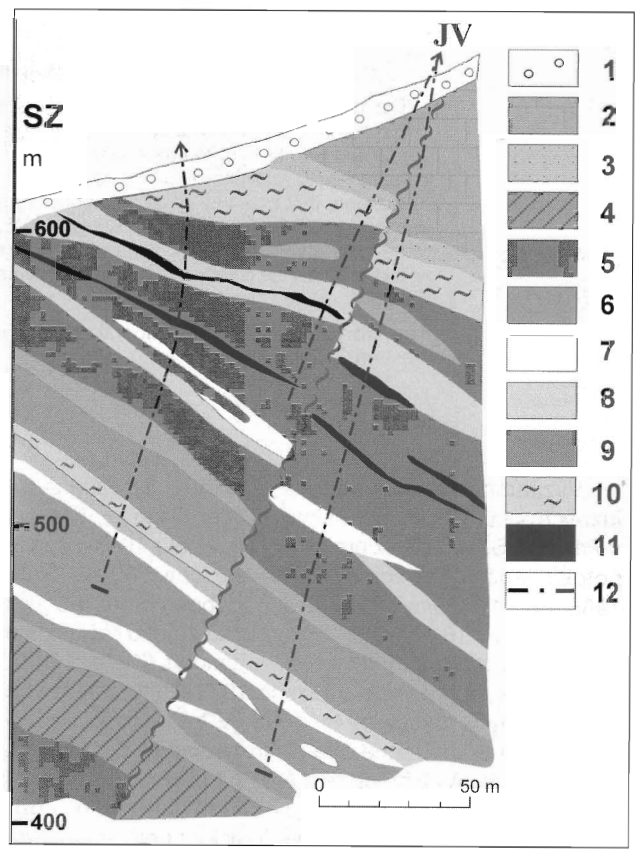
733 a karbonáty na prístroji CAMECA SX-100 (ŠGÚDŠ Bratislava). Podmienky merania: urýchľovacie napätie 20 kV, prúd 15 nA, veľkosť lúča 5–10 μm. Pri sulfidoch sa použili tieto štandardy: ZnS pri Zn, Ag-Ag, PbS-Pb, Sb-Sb, $CuFeS_2$-Cu, Fe, S, Hg-HgS, Au-Au, Ni-Ni, Cd-Cd, Bi-Bi_2Se_3, pri sľude BaF_2-F, albit-Na, wollastonit-Si, Ca, Al_2O_3-Al, MgO-Mg, NaCl-Cl, ortoklas-K, TiO_2-Ti, hematit-Fe, rodonit-Mn, chromit-Cr, pri karbonátoch MgO-Mg, wollastonit-Ca, hematit-Fe, rodonit-Mn, $SrTiO_3$-Sr, pri turmalíne BaF_2-F, NaCl-Cl, albit-Na, wollastonit-Si, Al_2O_3-Al, MgO-Mg, ortoklas-K, wollastonit-Ca, hematit-Fe, TiO_2-Ti, rodonit-Mn, chromit-Cr.

Na sledovanie inhomogenity a vzájomných vzťahov minerálov, prevažne sulfosolí, sa použila rastrovacia elektrónová mikroskopia. Vybrané dokumentačné objekty sa fotografovali. Použili sa na to prístroje pracoviska Elektrotechnického ústavu SAV v Bratislave (analytik RNDr. V. Šmatko), CLEOM Prírodovedeckej fakulty UK (analytik RNDr. J. Stankovič) a ŠGÚDŠ (analytik Mgr. D. Ozdín, PhD.).

Opis rudných minerálov

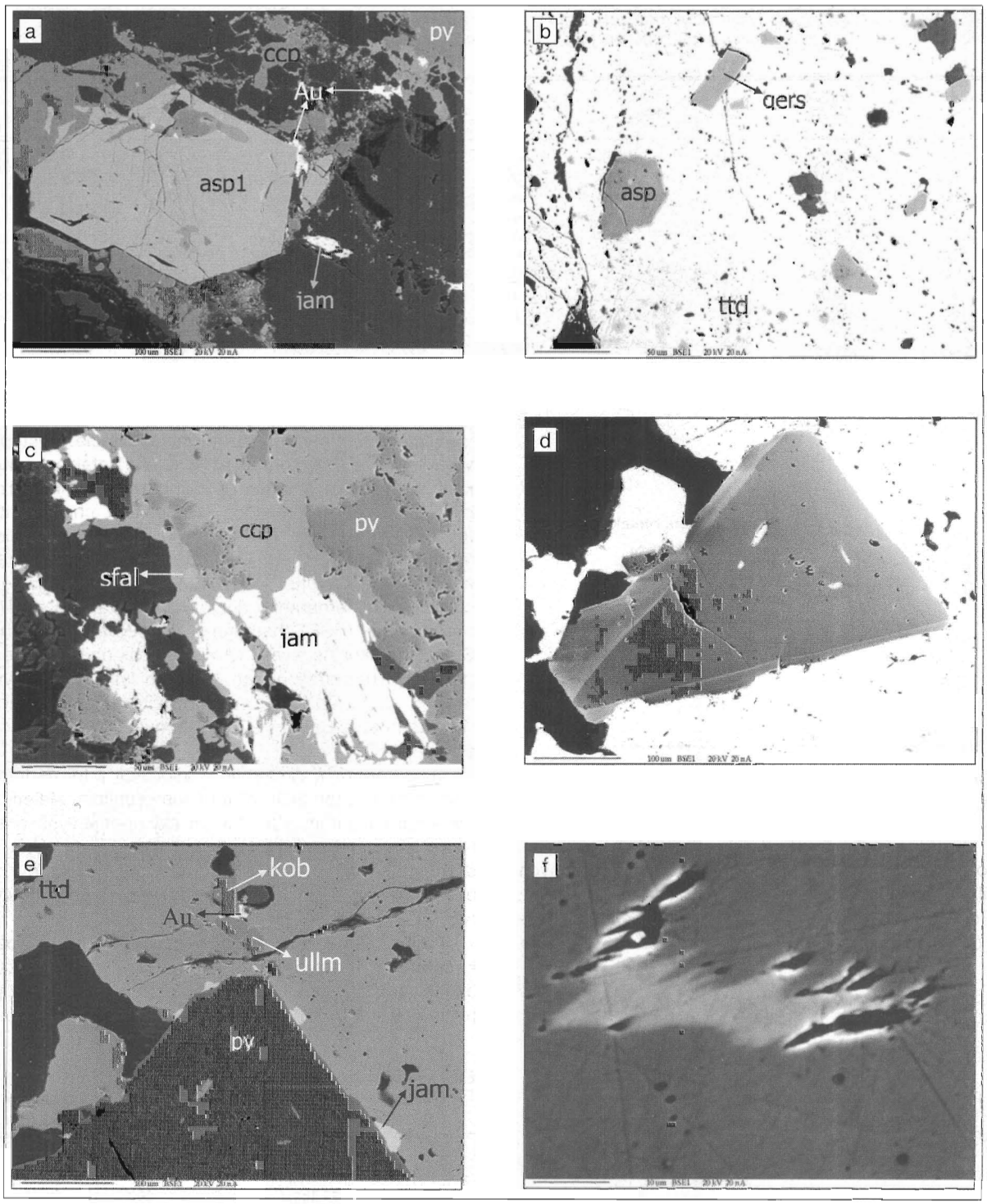
Minerály opisujeme v poradí predpokladanej sukcesie tak, ako tvoria minerálne paragenézy. V niektorých prípadoch (gersdorffit, kobaltit, ullmannit) je postavenie minerálov v sukcesii určené nedostatočne.

Arzenopyrit je na študovaných lokalitách veľmi hojný. Vystupuje vo forme idiomorfných až hypidiomorfných kryštálov vo veľkej miere priamo v alterovanej okolitej hornine, ale aj v kremenno-karbonátovej žilovine. Spolu s pyritom



Obr. 2. Rez ložiskom Medzibrod (upravené podľa Michálka, 1988). 1 – kvartér, 2 – slieň a dolomitický vápenec (vrchný trias), 3 – bridlica s vložkami pieskovca a dolomitu (norik), 4 – biotitická pararula, 5 – biotitická a dvojsľudná rula s okatou textúrou, 6 – biotitická a dvojsľudná rula s páskovanou textúrou, 7 – páskované žily a šošovky kremeňa s rozptýleným pyritom a arzenopyritom, 8 – metasedimenty a metavulkanity so subgrafitickou prímesou, 9 – kremité pararuly s grafitickou prímesou, 10 – zóny mylonitizácie, 11 – páskované žily a šošovky s Sb rudou, 12 – prieskumné vrty.

Fig. 2. Cross-section through the Medzibrod deposit (after Michálek et al., 1988). 1 – Quaternary, 2 – marl and dolomitic marls (Upper Triassic), 3 – shales with sandstones and dolomites intercalations (Norian), 4 – biotite paragneisses, 5 – biotite and two mica gneisses with augen texture, 6 – biotite and two mica gneisses with banded texture, 7 – banded veins and quartz lenses with disseminated pyrite and arsenopyrite, 8 – metasediments and metavolcanites with subgraphitic admixture, 9 – quartzitic paragneisses with graphitic admixture, 10 – mylonitized zones, 11 – banded veins and Sb-ore lenses, 12 – exploration boreholes.

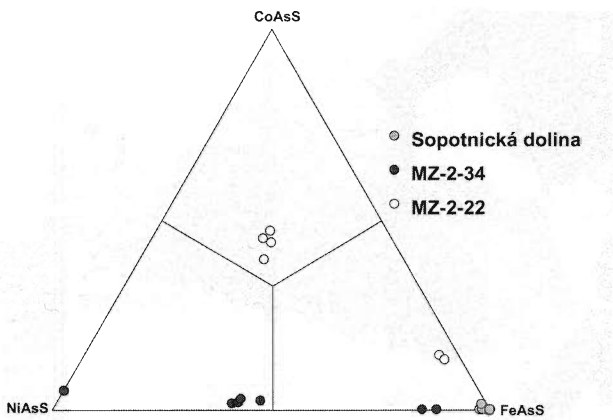


Obr. 3. A – chalkopyrit (ccp) (tmavosivý) vypĺňa pukliny v arzenopyrite (asp), čierny je kremeň, B – kryštály gersdorffitu a arzenopyritu II vo forme uzavrenín v tetraedrite, C – chalkopyrit tmeliaci silne korodované kryštály pyritu. Sfalerit tvorí v chalkopyrite inklúzie, jamesonit ako mladší minerál vypĺňa pukliny, D – zonálny kryštál pyritu v tetraedrite (biely), E – zlato vypĺňa priestor medzi kryštálmi kobaltitu, na obrázku v paragenéze s ullmannitom v tetraedrite, F – antimonit (svetlosivý) vo forme odmiešaniny v berthierite (tmavosivý).

Fig. 3. A – chalcopyrite (ccp) (dark-grey) filling fractions in arsenopyrite (asp), black is quartz, B – inclusions of gersdorffite and arsenopyrite II in tetrahedrite, C – chalcopyrite cementing cataclased grains of pyrite. Inclusions of sphalerite in chalcopyrite, jamesonite as younger mineral filling fractures, D – zonal crystal of pyrite in tetraedrite (white), E – gold filling space in between cobaltite crystals with ullmanite in tetrahedrite, F – stibnite exolution in berthierite

Tab. 1
Elektrónové mikroanalýzy arzenopyritu 1 zo Sopotnickej doliny (hmot. %)
Electron microprobe analyses of arsenopyrite 1 from Sopotnická dolina (wt. %)

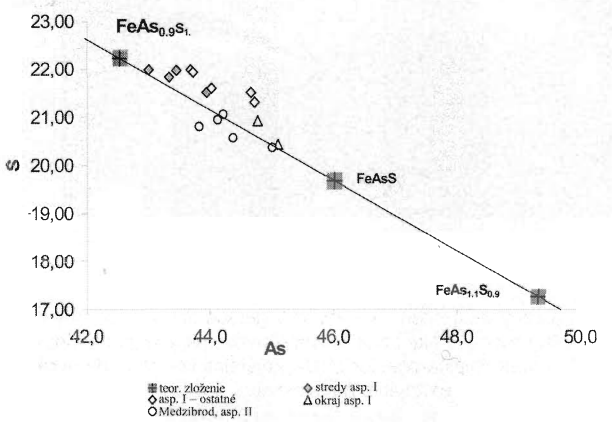
anal. číslo	vnt 3/7 stred	stred	medz.str	okraj	stred	stred	medz.str	vnt 3/7 okraj
As	44,52	43,85	45,38	45,33	44,76	44,28	44,60	45,84
Co	0,07	0,02	0,10	0,62	0,04	0,08	0,01	0,07
Ni	0,11	0,13	0,64	0,45	0,07	0,02	0,00	0,05
Bi	0,00	0,07	0,00	0,00	0,10	0,00	0,13	0,16
Fe	34,66	34,85	33,61	33,39	34,42	34,93	34,51	34,36
Cu	0,02	0,01	0,00	0,10	0,07	0,09	0,07	0,08
Sb	0,10	0,15	0,01	0,17	0,07	0,05	0,09	0,30
Au	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00	0,00
S	21,81	22,12	21,88	21,20	21,32	22,41	21,90	20,78
Spolu	101,32	101,20	101,62	101,27	100,84	101,91	101,32	101,63



Obr. 4. Ternárny klasifikačný diagram sulfoarzenidov.
Fig. 4. Ternary classification diagram of sulphoarsenides.

často tvorí zhluky idiomorfných kryštálov usporiadaných do žiliek kopírujúcich priebeh zón mylonitizácie.

Podľa vystupovania a chemického zloženia sme rozlíšili dva typy arzenopyritu. *Arzenopyrit I* sa vyskytuje



Obr. 5. Závislosť obsahu As od S v arzenopyrite.
Fig. 5. Correlation between the amount of As and S in arsenopyrite.

v asociácii s minerálmi Sb-Au mineralizácie. Vystupuje v paragenéze s pyritom. Pukliny v jeho kataklázovaných kryštáloch sú vyhojované minerálmi mladších mineralizačných štádií, a to zinkenitom, antimonitom, chalkopyritom (obr. 3A) a galenitom. Niekedy vystupuje aj vo forme idiomorfných kryštálov v masívnom antimonite. Chemické analýzy arzenopyritu I (obr. 4, tab. 1) sa premietajú do vrcholu FeAsS ternárneho diagramu. Kryštály sú zonálne, tmavé stredy (BSE) charakteristické zvýšeným obsahom Sb a S na úkor As, svetlé okraje naopak obohatené o As (tab. 1). Priemerný obsah As tohto typu arzenopyritu je 31,5 at. %, čo podľa arzenopyritového termometra (Kretschmar a Scott, 1975) zodpovedá teplote vzniku okolo 400 °C.

Arzenopyrit II vystupuje v asociácii s tetraedritom, gersdorffitom (obr 3B), pyritom, jamesonitom, sfaleritom, kobaltitom a zlatom. Charakteristický preň je vyšší obsah Ni a Co, ako má arzenopyrit I (tab. 2). Aj arzenopyrit vyskytujúci sa spolu s kobaltitom (vz. MZ-2-22) má vyšší obsah Co ako arzenopyrit v paragenéze s gersdorffitom (vz. MZ-2-34; obr. 4).

Podľa chemického zloženia arzenopyritu I i II možno konštatovať, že pre obidva je charakteristický znížený obsah As voči teoretickému zloženiu FeAsS a že sa približujú skôr k teoretickému vzorcu $FeAs_{0,9}S_{1,1}$ (obr. 5).

Tab. 2
Elektrónové mikroanalýzy arzenopyritu 2 z Medzibrodu (hmot. %)
Electron microprobe analyses of arsenopyrite 2 from Medzibrod (wt. %)

anal. číslo	MZ-2-22	MZ-2-22	MZ-2-34	MZ-2-34
As	44,12	44,21	44,37	45,01
Co	4,38	4,14	0,06	0,07
Ni	1,35	1,18	4,75	3,90
Bi	0,02	0,23	0,00	0,00
Fe	28,59	28,33	29,37	30,36
Cu	0,72	0,95	0,56	0,53
Sb	0,41	0,50	0,57	0,38
Au	0,15	0,00	0,00	0,00
S	20,96	21,08	20,58	20,38
Spolu	100,70	100,62	100,26	100,63

Pyrit je hojný na obidvoch lokalitách. Pyrit I vystupuje v paragenéze s arzenopyritom. Obidva druhy vytvárajú impregnácie v okolitej alterovanej hornine. Pyrit je veľmi často kataklázovaný a niekedy tvorí až kataklastické textúry. Pukliny v pyrite bývajú vyhojované mladšími minerálmi, najčastejšie antimonitom, zinkenitom, chalkopyritom a jamesonitom (obr. 3C), z nerudných minerálov hlavne kremeňom. V supergénnej etape do puklín vstupuje limonit. Zatláčajú ho aj sekundárne Ti oxidy. Pyrit na niektorých vzorkách vypĺňa pukliny v starších karbonátoch identifikovaných ako siderit. Spolu s arzenopyritom vytvára zhluky idiomorfných kryštálov (najčastejšie ide o pentagonálny dodekaéder), ktoré preukazujú jasné väzby so zónou mylonitizácie. Chemicky zonálny pyrit II vystupuje v podobe idiomorfných (obr. 3D) a niekedy kostrovitých kryštálov v antimonite a tetraedrite. Pyrit vystupuje aj v asociácii s tetraedritom, kobaltitom a zlatom. Jamesonit sa často vyskytuje ako reakčný lem na styku kryštálov pyritu a tetraedritu (obr. 3E).

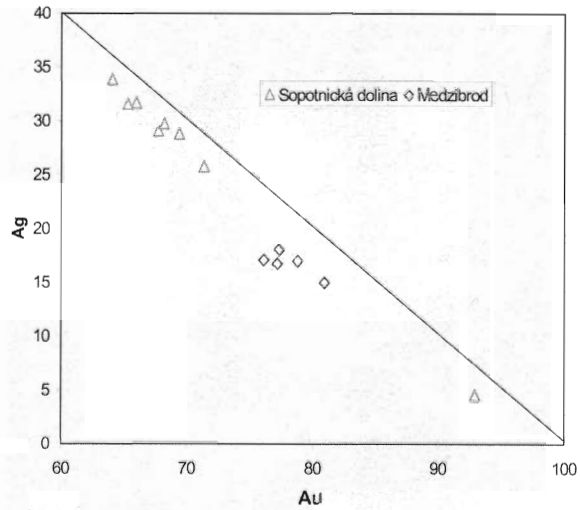
Gersdorffit je zriedkavý. Vystupuje vo forme idiomorfných kryštálov veľkých do 1 mm (obr. 3B). Vyskytuje sa v asociácii s arzenopyritom II, kobaltitom a ullmannitom v tetraedrite. Výsledky elektrónovej mikroanalýzy sú v tab. 3.

Kobaltit je zriedkavý. Vyskytuje sa v podobe idiomorfne až hypidiomorfne ohraničených kryštálov veľkých do 80 μm. Je v paragenéze s gersdorffitom, ullmannitom, pyritom a arzenopyritom II v tetraedrite (obr. 3E). Priestor medzi kryštálmi kobaltitu vypĺňa zlato. Vo vzorke je aj jamesonit. Kobaltit sa identifikoval elektrónovou mikroanalýzou (tab. 4). Charakteristický preň je vysoký obsah Ni.

Zlato sa vyskytuje v podobe žiliek a vypĺňa priestor medzi kryštálmi iných minerálov. Z tejto oblasti sa identifikovalo v dvoch odlišných minerálnych asociáciách. Au I sme študovali v Sopotnickej doline. Vo vzorke je jedno s arzenopyritom I, pyritom, chalkopyritom, sfaleritom a jamesonitom. Vystupuje priamo v kremeni alebo s arzenopyritom (obr. 3A).

Au II vystupuje s kobaltitom na ložisku Medzibrod. Vyskytuje sa v tetraedrite a vypĺňa priestor medzi kryštálmi kobaltitu (obr. 3E).

Au I má iné chemické zloženie ako Au II (obr. 6). Obidva typy majú pomerne nízku rýdzosť, pričom obsah Ag vo



Obr. 6. Závislosť obsahu Ag od Au v zlate z lokality Medzibrod a Sopotnická dolina.

Fig. 6. Correlation between Ag and Au in gold from Medzibrod and Sopotnická dolina.

vzorke Au I zo Sopotnickej doliny (vzorka VNT 3/7a) je s výnimkou jednej analýzy vyšší ako v type Au II z Medzibrodu (vzorka MZ-2-22; tab. 5). Obidva typy Au vystupujú v paragenéze s Cu-Sb sulfidmi alebo aj s Ni-Co sulfoarzenidmi. Arzenopyrit a pyrit tvoria staršie, reliktné kryštály. S Au II pravdepodobne súvisí aj výskyt vysokorýdzeho zlata, ktoré sa potvrdilo iba v jednej analýze (obr. 6, tab. 5).

Galenit sa zistil len v niekoľkých vzorkách. Vyskytuje sa s pyritom, chalkopyritom a jamesonitom. Je mladší ako arzenopyrit I, ktorého pukliny vyhojuje spolu s chalkopyritom.

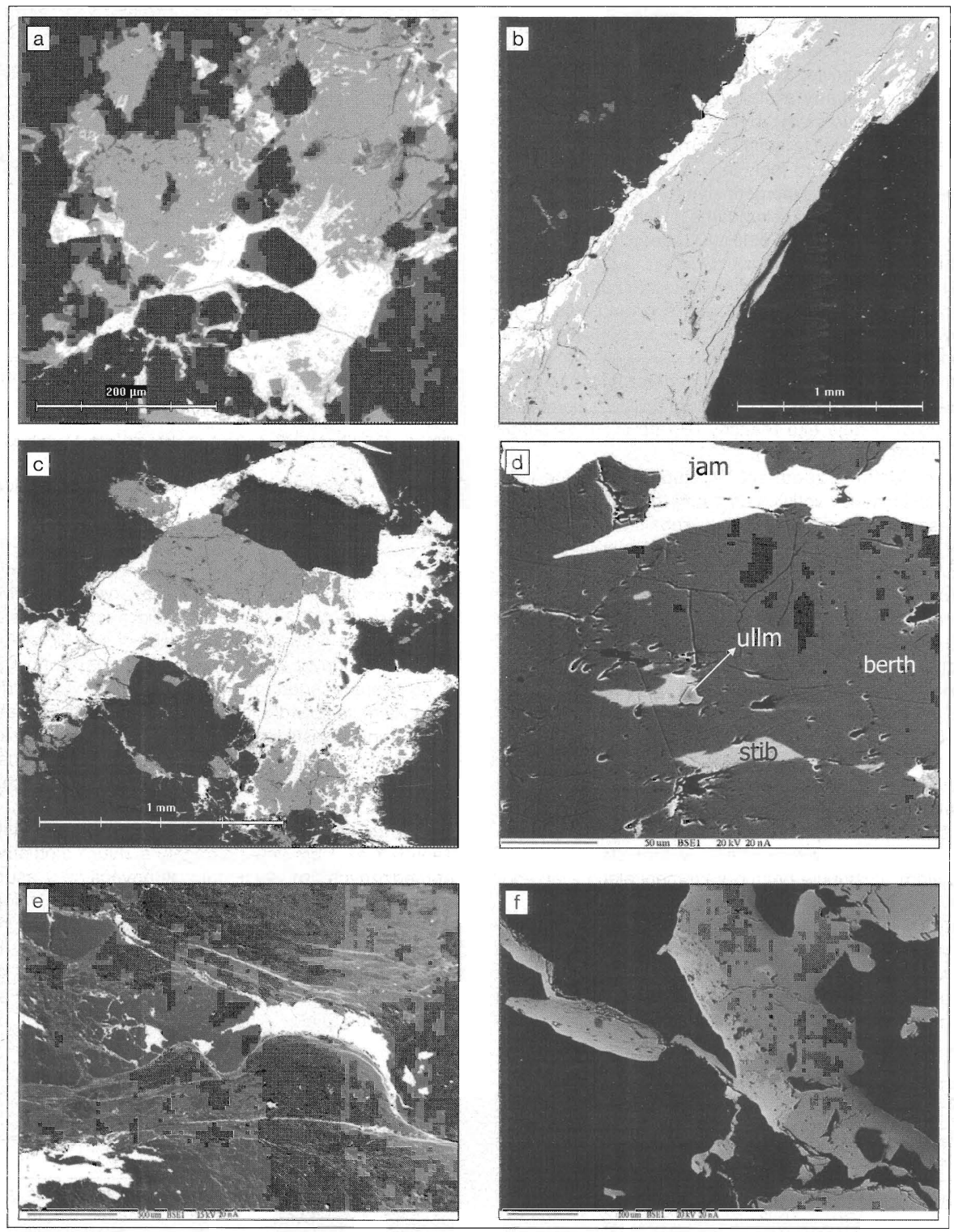
Sfalerit bol identifikovaný na obidvoch lokalitách. Tvorí 0,X až 1 cm veľké agregáty a zhluky alotriomorfne obmedzených zŕn. Vyskytuje sa poväčšine v asociácii s antimonitom a Pb-Sb sulfosoľami (zinkenit, fülöppit), ktoré ho zatláčajú (obr. 7C, 7A). Vystupuje i vo forme inklúzií v chalkopyrite (obr. 3C). Vo forme inklúzií je aj v tetraedrite spolu s gersdorffitom a arzenopyritom II. Bol identifikovaný v polarizačnom mikroskope v odrazenom svetle a na základe EDS.

Tab. 3
Elektrónové mikroanalýzy gersdorffitu z Medzibrodu (hmot. %)
Electron microprobe analyses of gersdorffite from Medzibrod (wt. %)

anal. číslo	1	2	3	4	5
As	45,31	43,02	45,09	44,87	46,40
Co	0,63	0,88	0,77	1,02	0,16
Ni	20,17	17,98	19,67	19,08	23,49
Bi	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Fe	13,23	15,43	13,65	13,49	9,86
Cu	0,69	1,05	0,84	1,05	0,97
Sb	0,25	0,23	0,30	0,34	0,40
S	19,60	20,39	19,71	19,73	19,16
Au	*	*	*	*	0,00
Spolu	99,88	98,98	100,03	99,58	100,43

Tab. 4
Elektrónové mikroanalýzy kobaltitu z Medzibrodu (hmot. %)
Electron microprobe analyses of cobaltite from Medzibrod (wt. %)

anal. číslo	1	2	3	4
As	45,28	45,16	45,49	45,48
Co	13,73	15,28	16,18	15,10
Ni	11,03	9,68	9,20	10,14
Bi	0,36	0,01	0,02	0,28
Fe	9,35	9,14	8,49	8,88
Cu	0,54	0,57	0,74	0,62
Sb	0,26	0,22	0,28	0,24
S	19,96	20,40	19,98	19,89
Au	0,01	0,04	0,06	0,05
Spolu	100,53	100,50	100,52	100,68



Obr. 7. A – zinkenit (svetlá fáza) zatláčajúci sfalerit (sivá fáza) v kremeni (čierny), B – zatláčanie antimonitu (šivý) zinkenitom (biely). C – fülöppit (svetlá fáza) zatláčajúci sfalerit (sivá fáza) v kremeni (čierny), D – uzavreniny ullmannitu a jamesonitu v berthierite a odmiešaniny antimonitu v berthierite, E – berthierit (biely) vypĺňa pukliny v muskovite (sivý), F – prerastanie antimonitu (svetlosivý) s berthieritom (tmavosivá fáza) v kremeni (čierny).

Fig. 7. A – zinkenite (bright phase) replacing sphalerite (grey phase) in quartz (black), B – zinkenite (white) replacing stibnite (grey), C – fülöppite bright phase) replacing sphalerite (grey phase) in quartz (black), D – inclusions of ullmanite and jamesonite in berthierite and exolutions of stibnite in berthierite, E – berthierite (white) filling the fractures of white mica (grey), F – contact of stibnite (bright gray) with berthierite (dark-grey) in quartz (black).

Antimonit vystupuje v Medzibrode i v Sopotnickej doline. Je najbežnejším minerálom rudných žíl tejto oblasti. Podľa paragenetických vzťahov medzi minerálmi sme odlíšili jeho niekoľko typov.

Starší *antimonit I* tvorí jemnozrnný, miestami aj hrubozrnný agregát. Vystupuje v podobe hniezd alebo žiliek. Sú v ňom pozorovateľné tlakové lamely, ktoré môžu byť výsledkom metamorfných procesov (časť lamiel mohla vzniknúť pri výrobe preparátov). Anizotropia je prevažne sivá až hnedá. Tento antimonit vystupuje v asociácii s Pb-Sb sulfosoľami a so sfaleritom. Vypĺňa pukliny v kataklázovanom pyrite I a v arzenopyrite, ktoré patria do širšej minerálnej paragenézy. Zatláča sfalerit a sám je zatláčaný zinkenitom (obr. 7B). Pyrit v ňom tvorí inklúzie v podobe idiomorfných a kostrovitých kryštálov. Možno v ňom pozorovať aj inklúzie rýdzeho Sb, ktorý lemuje okraje jednotlivých zŕn v mozaikovej textúre antimonitu. Pukliny v ňom vypĺňa tetraedrit a chalkopyrit mladšej periódy.

Antimonit II je mladší a poväčšine vystupuje vo forme odmiešanín v berthierite (obr. 3F, tab. 6). Niekedy sa s ním prerastá, a preto je pravdepodobné, že časť antimonitu vznikala spolu s berthieritom.

Pravdepodobne najmladší je antimonit reprezentovaný sivobielymi idiomorfnými ihličkovitými kryštálmi mm až cm veľkosti. Dvojodraz je výrazný, farba anizotropie varíruje od sivomodrej po výrazne modrú. Vyskytuje sa väčšinou izolovane v kremennej žilovine.

Zinkenit je na obidvoch lokalitách pomerne hojný, najčastejšie vystupuje vo forme hniezd v kremennej žilovine alebo v okolitej hornine a redšie tvorí ihličkovité kryštály. Vypĺňa pukliny v kataklázovanom pyrite a v arzenopyrite. Intenzívne zatláča sfalerit (obr. 7A), ktorý je často zastúpený len vo forme reliktov uprostred agregátov zinkenitu, a pozorovalo sa zatláčanie antimonitu zinkenitom (obr. 7B). Výsledky jeho elektrónovej mikroanalýzy sú v tab. 7.

Fülöppit sa našiel na lokalite Sopotnická dolina (tab. 8). Tvorí kryštály alotriomorfného obmedzenia v asociácii so sfaleritom v kremeni. Sfalerit ako starší člen mineralizačného štádia je ním intenzívne zatláčaný (obr. 7C).

Antimón sa identifikoval v polarizovanom svetle vo viacerých vzorkách. Tvorí alotriomorfné kryštály, vystupuje v asociácii s antimonitom a vytvára v ňom agregáty lemujúce okraj jednotlivých zŕn v mozaikovitej textúre antimonitu.

Berthierit je jedným z najhojnejších minerálov lokality Medzibrod. Vystupuje v podobe hniezd a žiliek v kremeni spolu s antimonitovou mineralizáciou. Obsahuje inklúzie jamesonitu a ullmannitu. Väčšie pukliny bývajú vypĺňané Sb oxidmi. Podľa EDS môže ísť o stibikonit (obr. 7D). Vzťah s antimonitom je rozličný. Vo väčšine prípadov v ňom antimonit tvorí inklúzie, ale zistilo sa aj ich vzájomné prerastanie (obr. 7F). V alterovaných horninách vyhojuje pukliny v mylonitizovanom muskovite (obr. 7E) a vypĺňa pukliny v kataklázovanom arzenopyrite staršej periódy. Je mladší ako všetky zistené variety karbonátov, ktorých pukliny vypĺňa. Výsledky elektrónových mikroanalýz sú v tab. 9

Tetraedrit sa identifikoval pomerne v hojnom množstve v Medzibrode (elektrónové mikroanalýzy – tab. 10).

Tab. 5
Elektrónové mikroanalýzy zlata z Medzibrodu (hmot. %)
Electron microprobe analyses of gold from Medzibrod (wt. %)

anal. číslo	VNT3/7A	VNT3/7A	VNT3/7A	VNT3/7A	VNT3/7A	VNT3/7A
Te	0,00	0,05	0,09	0,00	0,01	0,00
Ag	18,83	18,27	20,26	18,20	21,95	16,02
Au	78,99	77,91	76,66	80,20	75,95	80,99
Hg	0,50	0,31	0,49	0,54	0,57	0,34
Fe	0,42	0,43	0,55	0,39	0,49	0,46
Sb	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00
Cu	0,16	0,57	0,37	0,07	0,06	0,44
Spolu	98,90	97,55	98,44	99,42	99,03	98,25
	VNT3/7A	MZ-2-22	MZ-2-22	MZ-2-22	MZ-2-22	MZ-2-22
Te	0,03	0,02	0,05	0,00	0,00	0,03
Ag	20,29	10,00	8,81	10,79	10,00	10,39
Au	77,39	84,95	86,81	84,69	84,25	84,23
Hg	0,24	2,82	2,58	3,37	3,25	2,99
Fe	0,30	0,13	0,28	0,26	0,23	0,76
Sb	0,06	0,10	0,00	0,00	0,10	0,22
Cu	0,43	0,41	0,26	0,30	0,82	0,50
Spolu	98,75	98,42	98,78	99,42	98,64	99,08

Tab. 6
Elektrónové mikroanalýzy antimonitu z Medzibrodu (hmot. %)
Electron microprobe analyses of stibnite from Medzibrod (wt. %)

anal. číslo	MZ-6-79	MZ-44	MZ-44	MZ-44
Ag	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,08	0,02	0,08	0,60
Sb	71,67	71,08	71,53	70,30
Cu	0,01	0,06	0,06	0,09
Fe	0,00	0,38	0,24	0,34
Zn	0,01	0,00	0,00	0,00
Bi	0,00	0,00	0,00	0,05
Cd	0,05	0,03	0,04	0,04
S	27,37	27,69	27,76	27,21
Cl	0,02	*	*	*
Spolu	99,20	99,26	99,71	98,63

Tab. 7
Elektrónové mikroanalýzy zinkenitu z Medzibrodu (hmot. %)
Electron microprobe analyses of zinkenite from Medzibrod (wt. %)

anal. číslo	1	2	3	4	5
S	24,46	19,3	19,58	21,98	22,35
Fe	0,12	0,14	0,14	0,23	0,23
Cu	0,27	0,38	0,47	0,43	0,52
Ag	0,32	0,28	0,29	0,37	0,37
Sb	42,48	41,32	40,75	43,34	42,43
Pb	31,33	38,51	37,38	34,7	33,48
Spolu	98,99	99,78	98,61	101,5	99,39

Tab. 8
Elektrónové mikroanalýzy fülöppitu z Medzibrodu
Electron microprobe analyses of fülöppite from Medzibrod

	hm. %	at. %	hm. %	at. %
Cu	0,19	0,26	0,34	0,44
Fe	0,15	0,23	0,15	0,22
Sb	49,28	33,83	46,28	30,86
Ag	0,23	0,18	0,24	0,18
S	20,71	53,59	22,05	55,82
Pb	28,55	11,52	31,88	12,49
Spolu	99,12	100	100,94	100

Tab. 9
Elektrónové mikroanalýzy berthieritu z Medzibrodu (hmot. %)
Electron microprobe analyses of berthierite from Medzibrod (wt. %)

	MZ-12	MZ-44	MZ-12	MZ-79
Pb	0,39	0,57	0,86	0,32
Sb	56,90	57,44	57,39	57,21
Cu	0,00	0,00	0,02	0,00
Fe	12,40	12,48	12,19	12,36
Zn	0,00	0,00	0,00	0,00
Bi	0,00	0,02	0,00	0,00
Cd	0,02	0,03	0,00	0,01
S	29,02	29,11	28,96	29,18
Cl	*	*	*	0,01
Spolu	98,73	99,65	99,42	99,10

Tab. 10
Elektrónové mikroanalýzy tetraedritu z Medzibrodu (hmot. %)
Electron microprobe analyses of tetrahedrite from Medzibrod (wt. %)

anal. číslo	MZ-2-22a	MZ-2-22b	MZ-2-22c
S	24,71	25,01	24,87
Ag	0,53	0,59	0,55
Cu	36,75	36,95	36,41
Cd	0,02	0,05	0,02
Hg	0,12	0,00	0,00
As	0,09	0,27	0,23
Bi	0,04	0,00	0,19
Co	0,00	0,03	0,04
Ni	0,00	0,06	0,01
Fe	4,68	4,71	4,98
Sb	29,49	29,48	29,43
Zn	2,38	2,24	2,03
Au	0,00	0,00	0,00
Spolu	98,82	99,39	99,78

Tab. 12
Elektrónové mikroanalýzy bournonitu z Medzibrodu (hmot. %)
Electron microprobe analyses of bournonite from Medzibrod (wt. %)

anal. číslo	1	2	3	4
Cu	13,57	15,71	12,23	12,96
S	19,36	19,77	18,79	20,11
Pb	43,63	42,23	44,89	43,86
Ag	0,06	0,06	0,05	0
Sb	23,04	22,51	23,94	23,56
Fe	0,27	0,27	0,27	0,28
Spolu	99,93	100,55	100,17	100,78

Tab. 11
Elektrónové mikroanalýzy jamesonitu z Medzibrodu (hmot. %)
Electron microprobe analyses of jamesonite from Medzibrod (wt. %)

anal. číslo	MZ-6-76	MZ-6-76	MZ-6-76	MZ-6-76	MZ2	VNT3/7A	VNT3/7A
Ag	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	39,79	39,58	39,79	40,33	38,36	39,48	39,55
Sb	35,08	35,86	34,95	35,14	35,20	35,53	34,39
Cu	0,08	0,07	0,09	0,07	0,01	0,23	0,08
Fe	2,43	2,48	2,48	2,54	2,65	2,60	2,56
Zn	0,00	0,02	0,05	0,04	0,04	0,00	0,02
Bi	0,22	0,20	0,00	0,00	0,12	0,03	0,12
Cd	0,02	0,06	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00
S	21,36	21,37	21,52	21,39	21,47	20,96	21,33
Cl	*	*	*	*	*	*	*
Spolu	98,97	99,64	98,90	99,50	97,87	98,83	98,04
anal. číslo	MZ-2-21	MZ-2-22	MZ-2-22	MZ-2-22	MZ-2-22	MZ-2-22	MZ-2-22
Ag	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	40,30	38,19	38,58	36,93	39,12	39,65	38,18
Sb	34,01	35,51	35,59	36,19	35,20	35,43	36,17
Cu	0,07	0,87	0,78	1,45	0,24	0,01	0,68
Fe	2,50	2,89	2,90	2,98	2,57	2,61	2,97
Zn	0,02	0,08	0,06	0,11	0,02	0,00	0,06
Bi	0,54	0,42	0,43	0,26	0,22	0,74	0,62
Cd	0,00	0,03	0,03	0,01	0,03	0,02	0,00
S	21,55	20,98	20,77	20,95	21,15	20,89	20,88
Cl	*	0,04	0,03	0,02	0,05	0,05	0,03
Spolu	98,99	99,02	99,17	98,90	98,60	99,40	99,59

Tvorí hniezda mm veľkosti alebo zhluky drobných zŕn a vypĺňa pukliny v kataklázovanom pyrite staršej periódy Často sa vyskytuje vo vzorkách s bournonitom, ktorý ho intenzívne zatláča. Býva i v asociácii s kobaltitom, gersdorffitom, ullmannitom a arzenopyritom II (obr. 3B, 3E). Chalkopyrit, zlato a jamesonit vystupujú v tetraedrite vo forme inklúzií.

Chalkopyrit sa často vyskytuje na obidvoch lokalitách. Najčastejšie má formu alotriomorfne obmedzených zŕn a zhlukov mm až cm veľkosti v asociácii s tetraedritom. V podobe žiliek vniká do puklín v antimonite a v kataklázovanom pyrite. So zlatom tvorí inklúzie v tetraedrite (obr. 3A). Jamesonit ako mladší minerál v ňom vypĺňa pukliny.

Jamesonit sa identifikoval v mnohých vzorkách z lokality Medzibrod aj Sopotnická dolina. Tvorí prevažne ihličkovité kryštály, ale aj alotriomorfne obmedzené kryštalické agregáty veľké až 0,5 cm. Je jedným z najmladších minerálov lokality. Na styku zŕn pyritu a tetraedritu vytvára drobné inklúzie, ktoré mohli vzniknúť ako reakčný lem (obr 3E). Tvorí inklúzie v antimonite I i v berthierite (obr 7D) a vypĺňa pukliny v chalkopyrite. Výsledky jeho elektrónovej analýzy sú v tab. 11.

Bournonit sa našiel iba v jednej vzorke z Medzibrodu. Býva v asociácii s tetraedritom, ktorý od okrajov intenzívne zatláča. Potvrdil sa elektrónovou mikroanalýzou (obr. 8, tab. 12).

Ullmannit identifikovala elektrónová mikrosonda (tab. 13) vo vzorkách z háld Medzibrodu. Tvorí idiomorfne až hypidiomorfne ohraničené kryštály veľké 0,X mm. Vystupuje v paragenéze s gersdorffitom a kobaltitom v tetraedrite (obr. 3E). Pozorovali sa aj jeho inklúzie v berthierite (obr. 7D).

Zo sekundárnych minerálov sa polarizačným mikroskopom zistil limonit, na základe EDS anglesit (Pb 65,02, Sb 0,09, Cu 0,02, Fe 0,01, Bi 0,63, Cd 0 a S 7,1 hm. %) a podľa záznamu rtg. difrakčnej analýzy sa predpokladá výskyt stibikonitu (záznam sa nedá zhodnotiť dostatočne presne, lebo stibikonit(?) sa intenzívne prerastá s kremeňom).

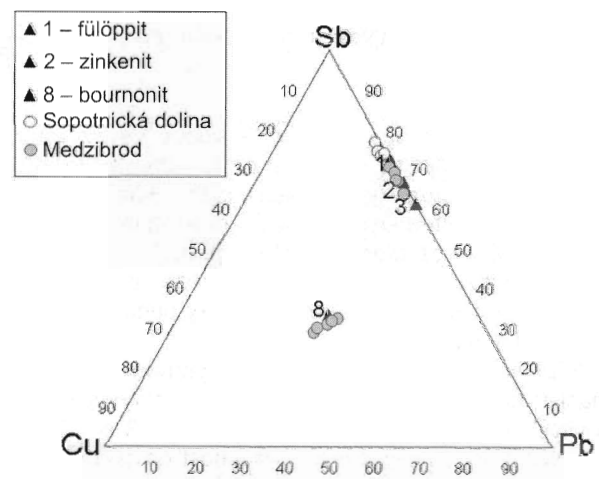
Opis nerudných minerálov

Kremeň sa vyskytuje vo viacerých typoch. Kremeň I tvoria jemnozrnné agregáty v jednom smere predĺženého tvaru. Charakteristické je undulózne zhášanie. Tento typ kremeňa sa pokladá za horninotvorný metamorfného pôvodu. Kremeň II tvorí väčšie kryštály alotriomorfného tvaru, tiež undulózne zhášajúce. Identifikoval sa ako vzniknutý pri hydrotermálnej alterácii horniny. V tomto type sa vyskytuje mladšia sulfidická mineralizácia. Kremeň III tvorí priehľadné agregáty alotriomorfného obmedzenia a pravdepodobne vznikal spolu s hydrotermálnou sulfidickou mineralizáciou.

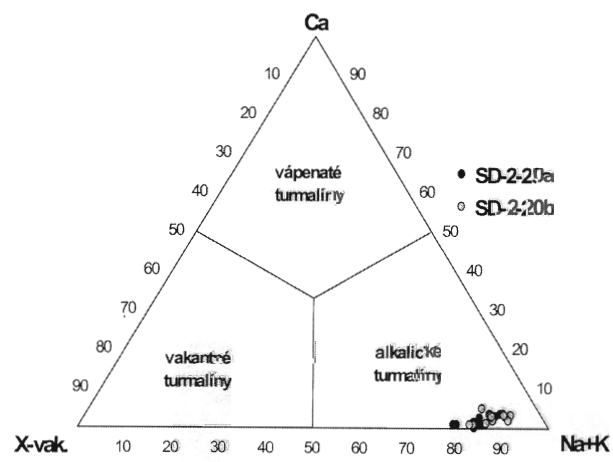
Karbonáty. Elektrónovou mikroanalýzou sa vo vzorkách z haldového materiálu ložiska Medzibrod identifikoval dolomit a karbonáty radu magnezit – siderit. Priemerné výsledky mikrosondovej analýzy dolomitu sú: $FeCO_3$ 8,46, $MnCO_3$ 0,77, $MgCO_3$ 38,23, $CaCO_3$ 52,71, $SrCO_3$

Tab. 13
Elektrónové mikroanalýzy ullmannitu z Medzibrodu (hmot. %)
Electron microprobe analyses of ullmannite from Medzibrod (wt. %)

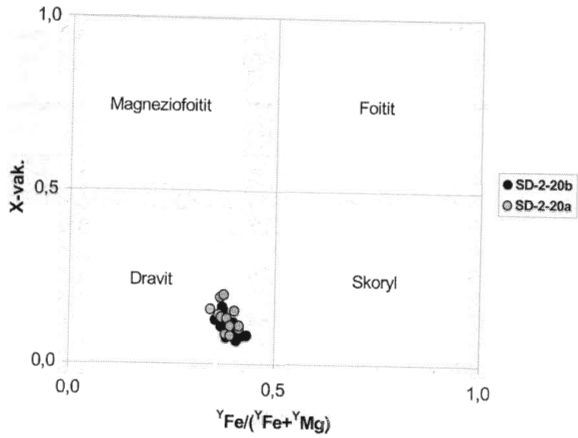
anal. číslo	1	2	3	4	5
As	0,21	0,3	0,25	0,06	0
Co	0,23	0,08	0,14	0,01	0
Ni	26,28	26	26,27	26,06	26,38
Bi	0,15	0,15	0	0	0,39
Fe	0,15	0,26	0,26	0,55	0,22
Cu	0,06	0,04	0,09	0,41	0,09
Sb	57,42	58,14	57,54	56,24	57,26
Au	0	0	0,1	0	0,03
S	14,9	14,87	14,93	14,68	14,87
Spolu	99,39	99,85	99,57	98,02	99,25



Obr. 8. Ternárny diagram elektrónových mikroanalýz Pb-Sb sulfosolí.
Fig. 8. Ternary diagram of Pb-Sb sulphosalts microprobe analyses.

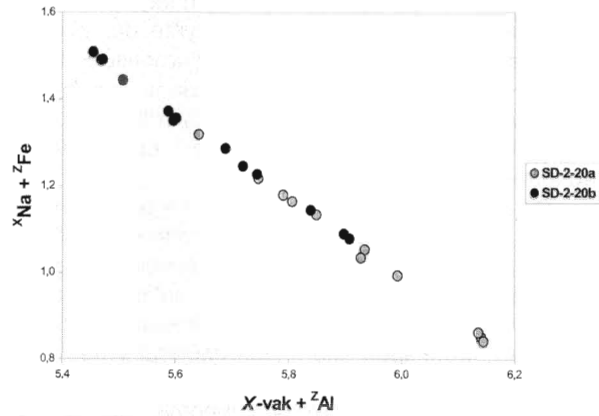


Obr. 9. Klasifikačný ternárny diagram turmalínov z doliny Sopotnička modifikovaný podľa Hawthorna a Henryho (1999).
Fig. 9. Classification ternary diagram of tourmalines from Sopotnička valley modified after Hawthorne and Henry (1999).



Obr. 10. Klasifikačný diagram turmalínov na základe pomeru X-vak. a $^{Y}Fe/(^{Y}Fe + ^{Y}Mg)$.

Fig. 10. Classification diagram of tourmalines on the base of X-vak. and $^{Y}Fe/(^{Y}Fe + ^{Y}Mg)$ rate.



Obr. 11. Graf závislosti $^{X}Na + ^{Z}Fe$ verzus X-vak. + ^{Z}Al v turmalínoch z doliny Sopotnička.

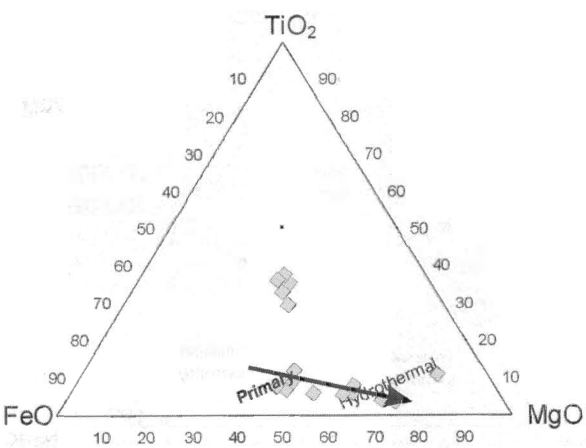
Fig. 11. Diagram of the $^{X}Na + ^{Z}Fe$ versus X-vak. + ^{Z}Al correlation in tourmalines from Sopotnička valley.

0,21; karbonátov radu magnezit – siderit: $FeCO_3$ 20,63, $MnCO_3$ 1,17, $MgCO_3$ 76,63, $CaCO_3$ 1,26, $SrCO_3$ 0,04 hmot. %. Podľa paragenetických vzťahov väčšina karbonátov vznikala pred kryštalizáciou sulfidickej mineralizácie. Mikroskopicky sa identifikoval dolomitický(?) karbonát v antimonitovej minerálnej paragenéze. Karbonátová mineralizácia sa stále skúma. Výsledky budú zverejnené v osobitnej publikácii.

Turmalín z doliny Sopotničky vystupuje vo forme masívnych agregátov a žiliek, lokálne aj s vývojom ihličkovitých kryštálov čiernej farby veľkých do 3 cm. Z chemických analýz vyplýva jeho príslušnosť do skupiny alkalických turmalínov s veľmi nízkym obsahom Ca a vakancií v pozícii X (obr. 9). Na základe diagramu X-vak. verzus $^{Y}Fe/(^{Y}Fe + ^{Y}Mg)$ spadá do poľa dravitu (obr. 10). V štruktúre je dominantný uvitový substitučný trend. Dobrú koreláciu prejavuje substitúcia $^{X}Na + ^{Z}Fe$ verzus X-vak. + ^{Z}Al (obr. 11).

Svetlá sľuda je dôležitým zdrojom informácií pri výskume hydrotermálnych alterácií. Na medzibrodskom ložisku vystupuje prevažne vo forme drobnozrnných šupiniek a tvorí základný matrix vedno s drobnozrnným karbonátom a chloritom(?). Menej často vystupujú jej väčšie agregáty (mm veľkosti) v jednozrnnom matrixe v smere bridličnatosti okolitej horniny. Vykonala sa jej elektrónová analýza. Pri použití ternárneho diagramu TiO_2, FeO, MgO modifikovaného podľa Millera et al. (1981) sa pokusne vyčlenila primárna a hydrotermálna (alteračná) svetlá sľuda (obr. 12). Alteračná vzniká alteráciou biotitu, plagioklasu a chloritu. Môže ísť o fengitický muskovit a illit(?). Za primárnu svetlú sľudu sa pokladá pôvodná horninotvorná sľuda biotitickej a dvojsľudnej ruly resp. pararuly.

Doteraz nie je jasná povaha muskovitu vyskytujúceho sa v mylonitových zónach a zaujímavého prítomnosťou inklúzií iných minerálov, a to rutilu, apatitu, turmalínu, zirkónu a xenotímu. Pri mylonitizácii v ňom vznikli pukliny, ktoré vyhojuje mladší berthierit.



Obr. 12. Rozlíšenie medzi primárnou a hydrotermálnou K sľudou na základe obsahu TiO_2, FeO, MgO (modifikované podľa Millera et al., 1981).

Fig. 12. Difference between primary and hydrothermal K-micas on the base of TiO_2, FeO, MgO content (after Miller et al., 1981).

Hydrotermálna alterácia okolitých hornín

Biotitická a dvojsľudná rula a pararula z bezprostredného okolia rudných polôh majú vysoký stupeň hydrotermálnej premeny. Menej vzoriek postihla strednostupňová premena.

Stredne alterovaná biotitická a dvojsľudná rula resp. pararula sú makroskopicky sivej až sivohnedej farby a majú páskovanú textúru. V stredne alterovanej hornine sa identifikoval kremeň, biotit, svetlá sľuda, plagioklas a pyrit. Vo vzorkách je sledovateľná premena plagioklasu na svetlú sľudu, plagioklasu na svetlú sľudu + kalcit, ako aj postupná premena biotitu na svetlú sľudu (vybielenie biotitu).

V silne alterovaných horninách je v prevažnej miere zastúpený kremeň. Charakteristické preň je undulózne

zhášanie a miestami sa rekryštalizuje na jemnozrnný agregát kremeňa. Jemnozrnný alteračný kremeň vzniká kryštalizáciou z SiO_2 aq., ktorý sa uvoľnuje pri rozpade silikátov do prostredia. Ďalším typickým minerálom silne alterovaných hornín je novo sa tvoriaca svetlá sľuda vznikajúca alteráciou (vybielením) biotitu.

Tvorbu rudných žíl sprevádza tektonická aktivita. Vo vzorkách sa dajú odlíšiť mylonitové zóny a na nich sa drvia staršie minerály. Možno ich nájsť v podobe úlomkov tmelených asociáciou alteračných minerálov.

Vývoj mineralizácie a diskusia

Pri detailnom mikroskopickom a makroskopickom štúdiu sme vyčlenili niekoľko minerálnych paragenéz. Za najstaršiu pokladáme paragenézu minerálov vzniknuvších hydrotermálnou alteráciou biotitickej a dvojsľudnej ruly alebo pararuly. V stredne alterovaných horninách sa pozorovala hlavne premena plagioklasu na svetlú sľudu, plagioklasu na svetlú sľudu + karbonát a premena biotitu na chlorit. V silne alterovaných horninách je dominantným produktom alterácie kremeň, svetlá draselná sľuda (fengitický muskovit + illit?) a lokálne sú zastúpené aj karbonáty. Často sa zisťovala pyritizácia. Identifikované premeny sú v zhode s výsledkami alterácií v biotitickej rule pezinského Sb-Au ložiska (Moravanský, 2002), ako aj s prácou Orvošovej et al. (1998). V nasledujúcom štádiu predpokladáme vznik karbonátov magnezitovo-sideritového radu a dolomitu.

Zo sulfidických minerálnych štádií sme ako najstaršie vyčlenili pyritovo-arzenopyritové. Najhojnejším minerálom v ňom je pyrit a v hojnom množstve aj arzenopyrit. Zlato, ktoré sa do tohto štádia zaradilo na lokalite Lom a na viacerých lokalitách v Nízkych Tatrách – Dúbrava (Chovan, 1990), Mlynná dolina (Majzlan a Chovan, 1997) i v Malých Karpatoch – Pezinok-Kolársky vrch (Chovan et al., 1992), sa na ložisku nepotvrdilo. Jeho vysokú rýdzosť, charakteristickú pre túto periódu, potvrdila len jedna analýza, ale postavenie meranej zlatinky v sukcesii nie je jasné. Ojedinelý výskyt zlata s arzenopyritom v kremeni uviedol Hak (1958, 1966). Priemer As v arzenopyrite tejto etapy mineralizácie (z jedenástich analýz) je 31,5 at. %, čo podľa arzenopyritového termometra (Kretschmar a Scott, 1976) zodpovedá teplote kryštalizácie 420 °C.

Pôvod a vek minerálnej paragenézy turmalínu, apatitu, zirkónu, xenotímu a muskovitu zostáva nejasný, ale tieto minerály vykryštalizovali pred antimonitovým štádiom mineralizácie, lebo pukliny vzniknuvšie pri mylonitizácii v muskovite vypĺňa berthierit.

Do antimonitového štádia mineralizácie zaraďujeme okrem antimonitu aj sfalerit, zinkenit, fülöppit, jamesonit a berthierit. Najhojnejší je antimonit, ale vysoké je aj zastúpenie berthieritu. Na začiatku tohto štádia sa predpokladá kryštalizácia kremeňa, dolomitu a sfaleritu. Sfalerit vo všetkých vzorkách zatláčajú mladšie Pb-Sb sulfosoli (obr. 7A). Antimonit je v dvoch generáciách. Antimonit I sa vyskytuje s intenzívne zatláčaným zinkenitom (obr. 7B), čo opisuje aj Bakos et al. (2000) na ložisku Magurka. Kosakevitch a Moëlo (1982) na Sb ložiskách v Maroku predpokladajú metasomatický vznik zinkenitu a nasledujúci vznik vyššieolovnatých sulfosolí pripisujú zvýšeniu obsahu Pb vo fluide. Antimonit II je mladší a vystupuje vo forme odmiešanín v berthierite (obr 3F). V tomto štádiu mohla vznikať aj menšia časť jamesonitu, ktorý tvorí uzavreniny v berthierite.

Najmladšie je tetraedritové štádium hydrotermálnej sulfidickej mineralizácie s bournonitom, zlatom, chalkopyritom a jamesonitom. Zlato tejto minerálnej paragenézy je nízkorýdze, s obsahom Ag 25,8–33,8 at. %. Zlato nízkej rýdzosti v asociácii s tetraedritom opisuje i Chovan et al. (1995) z oblasti Magurky

Tetraedritové štádium patrí medzi základné minerálne paragenézy a spolu s arzenopyritovo-pyritovým a antimonitovým tvorí komplexnú sukcesiu vyskytujúcu sa na všetkých Sb-Au ložiskách Nízkych Tatier (Chovan et al., 2002).

Miesto paragenézy gersdorffit + kobaltit + ullmannit + arzenopyrit v sukcesii nie je jasné. Tieto minerály sú na lokalite zriedkavé. Podľa pozorovania paragenetických vzťahov možno predpokladať, že ide o mladšie minerály ako tetraedrit, ktorý ich uzatvára (obr. 3E). Dôkaz, že gersdorffit a kobaltit sú mladšie ako niektorý z minerálov antimonitového štádia, chýba, ale ullmannit vystupuje aj vo forme uzavrenín v berthierite, čiže sa dá predpokladať, že kryštalizoval skôr. Potvrdený nie je ani vzťah s kremeňom, ktorý vzniká na začiatku antimonitovej periódy, a tak sa doteraz nevie, či ullmannit vznikol pred počiatočnou kryštalizáciou antimonitového mineralizačného štádia alebo po nej.

Ni-Co sulfoarzenidy sa v Sb-Au ložiskách bežne nevyskytujú. Ullmannit v paragenéze s kobaltitom sa na Sb-Au ložisku Mari Rosa (Španielsko) zaradil do druhej etapy Fe-Cu-Sb-Pb mineralizačného štádia (Ortega, 1996). Opísaný je aj z Sb-Au mineralizácie lokality Pezinok-Trojárová, kde vystupuje vedno s pyritom, karbonátmi s gudmunditom, chalkopyritom, tetraedritom a berthieritom v kalcite (Andráš a Chovan, 1995). Opísaný je aj z Au mineralizácie v Mládzove (Maťo a Maťová, 1994).

Pre ložisko Medzibrod je charakteristický zvýšený obsah berthieritu a jamesonitu. Ide o minerály s obsahom Fe pravdepodobne vznikajúce v závislosti od horninového prostredia. Typický je aj vyšší obsah karbonátov. Na ostatných nízkotatranských žilných Sb ložiskách sú Sb-Fe sulfidy zriedkavé (Chovan et al., 1996). Berthierit a ďalšie Sb-Fe sulfidy sú naopak charakteristické pre malotatranskú mineralizáciu (Cambel, 1959, Chovan et al., 1992).

Záver

Na ložisku Medzibrod sa identifikoval kremeň, magnezit, dolomit, siderit, pyrit, arzenopyrit, zlato, turmalín, apatit, zirkón, xenotím, rutil, muskovit, ullmannit, gersdorffit, kobaltit, sfalerit, galenit, zinkenit, fülöppit, antimonit, berthierit, antimón, tetraedrit, bournonit, chalkopyrit a jamesonit. Výskyt nepresne určeného teluridu zlata a markazitu, ktoré uvádza Hak (1966), sa nepotvrdil. Pre lokalitu Medzibrod je charakteristický zvýšený výskyt berthieritu a jamesonitu.

Mineralizácia vznikala v piatich mineralizačných štádiách (pozri tabuľku sukcesie). Najstaršie je hydrotermálno-alteračné, mladšie karbonátové štádium. Sulfidická mineralizácia sa tvorila v najstaršom, arzenopyritovom štádiu. Pre mladšie antimonitové štádium je okrem antimonitu charakteristická prítomnosť zinkenitu, sfaleritu a hojný výskyt berthieritu. Najmladšie je tetraedritové štádium s častým výskytom chalkopyritu, a najmä s hojným jamesonitom.

Poďakovanie. Analýzy sa vykonali v rámci projektu VEGA 1/8318/01 a 1/1027/04. RNDr D. Moravanskému, PhD., ďakujeme za pomoc pri štúdiu hydrotermálnych alterácií, Mgr J. Pršekovi, PhD. a Mgr D. Ozdínovi, PhD., pri identifikácii minerálov a Mgr P Bačíkovi za spoluprácu pri štúdiu vzoriek turmalínu.

Literatúra

ANDRÁŠ, P. & CHOVAN, M., 1995: Ullmannit z ložiska Trojárová (Malé Karpaty). *Mineralia Slov., 27, 1, 75–77.*

BAKOS, F., CHOVAN, M. & MICHÁLEK, J., 2000: Minerálne zloženie hydrotermálnej Sb, Cu, Pb, Zn, As mineralizácie na SV od Magurky v Nízkych Tatrách. *Mineralia Slov., 32, 5, 497–506.*

BIELY, A., ed., 1992: Geologická mapa Nízkych Tatier 1 50 000. *Bratislava, GÚDŠ.*

BIELY, A. & BEZÁK, V., eds., 1997: Vysvetlivky ku geologickej mape Nízkych Tatier. *Bratislava, GÚDŠ, 232.*

CAMBEL, B., 1959: Hydrotermálne ložiská v Malých Karpatoch. Mineralógia a geochémia ich rúd. *Acta geol. geogr. Univ. Comen., Geol., 3, 338.*

CAMBEL, B. & JARKOVSKÝ, J., 1978: Geochémia mikroprvkov v antimonitoch z československých ložísk. *Náuka o Zemi, Sér. geol., 12, 13, 226.*

ČILLÍK, I., 1978: Prognózy rudných nerastných surovín v tatroveporidách stredného Slovenska. *In: Teoretické základy prognóz nerostných surovin v ČSSR. Kat. lož. geol. Prír. fak. UK, Praha, 86–92.*

HAK, J., 1958: Výskyt jamesonitu, berthieritu a rýdzeho zlata na antimonitových žilách u Medzibrodu a Lomnisté. *Věst. Ústř. Úst. geol., 33, 298–299.*

HAK, J., 1966: Mineralogie a geochemie nízkotatranských antimonových ložisek. *Sbor. geol. Věd, Geol., 71–144.*

HAWTHORNE, F. C. & HENRY, D. J., 1999: Classification of the minerals of the tourmaline group. *Eur. J. Mineral., 11, 201–205.*

CHOVAN, M., 1990: Mineralogical-paragenetical relationships on the Dúbrava Sb-deposit and their significance for metallogenesis of the Nízke Tatry Mts. *Acta geol. geogr. Univ. Comen., Geol., 45, 89–101.*

CHOVAN, M., ROJKOVIČ, I., ANDRÁŠ, P. & HANAS, P., 1992: Ore mineralizations of the Malé Karpaty Mts. (Western Carpathians). *Geol. Carpath., 47, 6, 371–382.*

CHOVAN, M., SLAVKAY, M. & MICHÁLEK, J., 1996: Ore mineralizations of the Ďumbierske Tatry Mts., Western Carpathians. *Geol. Carpath., 47, 371–382.*

CHOVAN, M., PÓČ, I., JANCSY, P., MAJZLAN, J. & KRIŠTÍN, J., 1995: Rudná mineralizácia Sb-Au (As-Pb) na ložisku Magurka, Nízke Tatry. *Mineralia Slov., 27, 6, 397–406.*

CHOVAN, M., HURAI, V., PRŠEK, J. & OZDÍN, D., 2002: Metalogenéza mineralizácií v kryštaliniku Západných Karpát. Záverečná správa za úlohu VTP GP č. 160, Bratislava, 80.

KLEIN, R., 1942: Das Antimon-Gold Vorkommen von Medzibrod nad Hronom in der Slowakei. *Ber. U. hüttenmänn. Mh (Wien), 90, 34–38.*

KRETSCHMAR, U. & SCOTT, S. D., 1976: Phase relations involving arsenopyrite in the system Fe-As-S and their applications. *Canad. Mineralogist, 14, 364–386.*

KOSAKEVITCH, A. & MOËLO, Z., 1982: Le plomb dans les gisements d'antimoine du Maroc cenral· expression minéralogique, type paragénétique, signitifacion géochemique. *Chronique de la Recherche Minére, 467, 33.*

MAJZLAN, J. & CHOVAN, M., 1997· Hydrotermálna mineralizácia v Mlynnej doline, Nízke Tatry. *Mineralia Slov., 29, 2, 149–158.*

MAŤO, Ľ. & MAŤOVÁ, V., 1994: Mineralizácia v okolí Ozdína, výskyt zlata s obsahom Sb-Ni v tmavých bridliciach, jz. časť veporického kryštalinika, stredné Slovensko. *Mineralia Slov., 26, 1, 30–37.*

MICHÁLEK, J., ARVENSIS, M., HAURÉROVÁ, J., MUDRÁKOVÁ, M., LINKEŠOVÁ, M., HALÁSOVÁ, A., DVORŠŤÁK, J. & MINKO, J., 1988: Nízke Tatry. Záverečná správa, surovina antimonit – Au, vyhľadávací prieskum. *Manuskript – archív Geofond Bratislava, 163.*

MICHÁLEK, J., CHOVAN, M., HATÁR, J., MUDRÁKOVÁ, M., PÚCHIOVÁ, M., BLAŠKO, B., VESHÉGHY, R., OROSLÁNY, J. & BARTEK, J., 1999: Nízke Tatry – zlato, vyhľadávací prieskum. *Manuskript – archív Geofond Bratislava, 126.*

MILLER, C. F., STODDARD, E. F., BRADFISH, L. J. & DOLLASE, W A., 1981 Composition of plutonic muscovite: Genetic implications. *Canad. Mineralogist, 19, 25–34.*

MORAVANSKÝ, D., 2002: Hydrotermálne alterácie granitoidov metabazitov a metasedimentov sprevádzajúcich As-Au-Sb mineralizáciu (Malé Karpaty). [Dizertačná práca.] *Manuskript – archív Kat. min. a petr. Prírodovedeckej fakulty UK Bratislava, 133.*

ORVOŠOVÁ, M., MAJZLAN, J. & CHOVAN, M., 1998: Hydrothermal alteration of granitoid rocks and gneisses in the Dúbrava Sb-Au deposit, Western Carpathians. *Geol. Carpath., 49, 377–387.*

ORTEGA, L., OYARZUN, R. & GALLEGO, M., 1996: The Mari Rosa late Hercynian Sb-Au deposit, western Spain. Geology and geochemistry of the mineralizing processes. *Mineral. Depos., 31, 172–187.*

SLÁVIK, J., et al., 1967: Nerastné suroviny Slovenska. Bratislava, SVTL, 510.

Rukopis doručený 6. 3. 2006
Revidovaná verzia doručená 24. 8. 2006
Rukopis akceptovaný 21. 2. 2006

Mineralia Slovaca, 38 (2006), 273–278

Technológia úpravy hornín s obsahom zlata v závislosti od ich mineralogických vlastností

ĽUBOMÍR TUČEK a JÁN DERCO

Štátny geologický ústav D. Štúra, regionálne centrum, oddelenie aplikovanej technológie nerastných surovín, Jesenského 8, 040 01 Košice

Dressing technology of gold-bearing ore in relation to their mineralogical properties

Article briefly summarizes the course of gold prices from 2001 The gold properties and its use are described in the second part of the article. The principal part of the article defines the technological ways of elaboration of gold-bearing rocks in relation to their mineralogical properties. The technology of dressing of non-sulphidic, sulphidic and sparely elaborating rock types with the gold content, also with examples and values of some technological indicators are defined in details. At the end of the article there is generally shown the fulfilling of valid legislative regulations at technological elaboration of gold-bearing ore with regard to hygienic, safeguard, ecological, resp. other aspects during operation, liquidation and storing of harmful waste and substances after dressing.

Key words: gold, technological elaboration, gravitation dressing, flotation, cyanization, leaching, concentrate

Úvod

Rast svetovej ceny zlata hlavne v posledných piatich rokoch natoľko ovplyvnil jeho cenu na Slovensku, že sa reálne zvažuje možnosť obnoviť ťažbu niektorých zlatonosných rúd. Aktivita sa prejavuje predovšetkým v geologickom prieskume a nastoľuje rad otázok najmä v oblasti technológie úpravy rúd s obsahom zlata.

S ohľadom na cenu zlata a jej budúci priaznivý vývoj sa pri úprave zlatonosných rúd môže aplikovať rad technologických metód a postupov, ktoré by pri úprave iných rúd boli neekonomické. Rozmanitosť úpravníckych metód, nároky na investičné a prevádzkové náklady, ako aj nezvyčajná pestrosť typov zlatonosných rúd výber správnej schémy úpravy veľmi sťažuje, a to najmä z technologického, ekonomického aj environmentálneho hľadiska.

Vlastnosti zlata a jeho využívanie

Zlato sa najdlhšie a v najväčšej miere využíva v šperkárstve a zlatníctve (84 %), a to pre jeho výnimočné fyzikálne (farba, lesk, spracovateľnosť) i chemické vlastnosti (inertnosť voči kyselinám a zásadám, rozpustnosť iba v lúčavke kráľovskej, v kyanide sodnom a v Hg; Betechtin, 1955). Nekoroduje, nepovlieka sa nijakými vrstvičkami oxidov alebo sulfidov a nemení ani farbu. Je najkujnejšie (Gažo et al., 1981) zo všetkých kovov (možno z neho urobiť fóliu hrubú 10^{-4} mm), veľmi ťažné (z 1 g možno vytiahnuť drôt dlhý až 3 km), má vysokú odrazivosť na infračervené žiarenie a viditeľné spektrum, ľahko tvorí zliatiny s väčšinou kovov, má vysokú elektrickú a tepelnú vodivosť. V šperkárstve je významné aj to, že je nealergické a ľahko sa tvaruje.

Od druhej polovice 20. stor. je novou a veľmi dôležitou oblasťou používania zlata elektrotechnický priemysel (6 %). Počítače majú zo zlata rozličné súčiastky v zložitých obvodoch, čo im zaručuje spoľahlivý chod. V kozmonautike sa zlato používa aj na výrobu tieniacich zariadení na ochranu človeka pred intenzívnym slnečným žiarením.

Špeciálne sa zlato a jeho zliatiny využívajú v elektronických súčiastkach v leteckom priemysle (konektory, plošné spoje, reflektory infračerveného žiarenia) a zabezpečuje chemickú a metalurgickú stabilnosť počas celej životnosti zariadení, a hlavne dlhodobú reprodukovateľnosť.

V podobe organometalických zlúčenín je zlato prostriedkom aj na dekoráciu porcelánu a skla. Tradične sa používa v mincovníctve (5 %) – mince, pamätné medaily a pod., od prehistorických dôb v zubárstve (2 %) a v súčasnosti aj v ortopédii.

Technológia úpravy zlatonosných hornín v závislosti od ich mineralogických vlastností

Zlato sa v ložiskách vyskytuje prevažne v kovovej forme, no nie je to rýdze Au, ale vždy prírodná zliatina s Ag (elektrum) alebo s inými kovmi (Cu, Hg a pod.). Chemicky viazané Au sa vyskytuje v zlúčeninách s Te (minerál sylvanit $AgAuTe_4$, calaverit $AuTe_2$, petzit Ag_3AuTe_2). Zlato je aj v sulfidoch Sb, As, Cu, Fe a Ag a pri ich spracúvaní sa získava ako vedľajšia zložka (Gažo et al., 1981).

Z hľadiska úpravy je rozhodujúce poznať typ zlatonosnej rudy a podľa toho zvoliť metódu zaručujúcu maximálnu výťažnosť zlata pri najefektívnejšej technologickej schéme. Úprava zlatonosných rúd má charakteristické špecifické znaky a zásady viac-menej všeobecne platné pri úprave všetkých spracúvaných typov rudy. Je to:

• požiadavka vysokej výťažnosti, väčšinou prekračujúcej 90 % (výnimkou je lúhovanie na haldách)
• prevaha lúhovania a posudzovanie upraviteľnosti rudy podľa toho, ako je lúhovateľná v roztoku kyanidu
• smerovanie vývoja technológie pod vplyvom prechodu na ťažbu chudobnejších rúd s „koloidne" rozptýleným zlatom na priame lúhovanie rudy
• nemennosť princípu technológie, ale prispôsobenie vývoja jej niektorých technologických uzlov súčasným vlastnostiam hornín s obsahom zlata

Členenie zlatonosných rúd z hľadiska technológie úpravy

V tab. 1 je typové rozdelenie zlatonosných rúd a technologické postupy používané pri ich úprave.

Z tab. 1 vidno, že základným kritériom delenia na typy je prítomnosť S. Za oxidické sa pokladajú rudy s obsahom sulfidov pod 2 %. Druhým kritériom je väzba zlata prevažne na sulfidy. Ruda sa vždy posudzuje podľa toho, ktorý typ prevažuje. Väčšina rúd totiž v technologicky nevýznamnom množstve obsahuje rozmanité rudné minerály, napr. pyritové a pyrotitové rudy sprevádzajúce sulfidy farebných kovov, v sulfidoch sa vyskytujúce teluridy a pod.

Vo všeobecnosti sa v súčasnosti ekonomicky povrchovo ťažia rudy s obsahom 2–5 $g \cdot t^{-1}$ a hlbinne s obsahom 5–10 $g \cdot t^{-1}$, a to v závislosti od typu rudy a jej technologického a ekologického spracovania.

Úprava oxidických rúd

Hlavným postupom úpravy oxidických rúd je kyanidové lúhovanie (tab. 2).

Tab. 2
Hlavné technologické operácie získavania zlata z oxidických rúd
Main technological operations during the gold leaching from oxidic ore

Postup	Technologické operácie
I	dynamické lúhovanie, zrážanie zlata Zn
II	dynamické lúhovanie, sorpcia zlata z rmutu, elektrolýza
III	perkolačné lúhovanie, sorpcia zlata na aktívnom uhlí, elektrolýza

Dynamické lúhovanie a zrážanie zlata zinkom

Je to najrozšírenejší technologický postup a charakteristické preň je takéto poradie operácií: drvenie – mletie – lúhovanie – premývanie nelúhovateľného zvyšku – filtrácia – kontrolná filtrácia výluhu – získavanie drahých kovov z výluhov. Rozdielne usporiadanie operácií príp. ich doplnenie sleduje tieto hlavné ciele:
• dosiahnuť maximálnu možnú výťažnosť
• využiť kapacitu všetkých zariadení na lúhovanie
• skrátiť nevyhnutný čas lúhovania vydelením veľkých častíc zlata

Tab. 1
Rozdelenie rúd z hľadiska technológie spracúvania (Čáp et al., 1984)
Division of ore regarding the dressing technology (Čáp et al., 1984)

Typ rudy	Užšia špecifikácia typu	Technologický postup
Nesulfidické rudy (oxidické rudy)	rudy obsahujúce voľné zlato v kremeni alebo vápencoch	gravitačná úprava a lúhovanie
	kremenné horniny obsahujúce voľné zlato s nízkym obsahom S a so stopovými prvkami (As)	(gravitačná úprava), flotácia, lúhovanie koncentrátu príp. odpadu
	náplavy	triedenie, gravitačná úprava, amalgamácia a príp. lúhovanie
	ťažko upraviteľné oxidické rudy	viacstupňové lúhovanie s úpravou suspenzií
Sulfidické rudy	rudy obsahujúce sulfidy Fe	flotácia, lúhovanie príp. tavenie koncentrátu
	Cu porfýrové rudy	flotácia, tavenie koncentrátu
	Pb-Zn rudy	flotácia, tavenie koncentrátu príp. lúhovanie odpadu
	rudy s obsahom As alebo Sb	flotácia, praženie koncentrátu, lúhovanie praženca
	rudy obsahujúce teluridy alebo komplexné rudy, v ktorých sa zlato viaže v zlúčeninách	flotácia, oxidácia pražením alebo pri lúhovaní, kyanizácia
Uhlíkaté rudy (ťažko upraviteľné)	nesulfidické rudy	oxidácia pred lúhovaním, flotácia uhlíkatých zlúčenín
	sulfidické rudy	použitie prídavných chemikálií a reagencií pred lúhovaním a pri lúhovaní

Tab. 3
Niektoré údaje zo spracúvania oxidických zlatonosných rúd lúhovaním kyanidom a zrážaním zlata Zn (Čáp et al., 1984)
Some data from elaboration of oxidic gold-bearing ore using leaching by cyanide and gold coagulation by Zn (Čáp et al., 1984)

Konkrétny závod	Rosario Dominicana	Cerro Colorado (Mino de Rio Tinto)	Tefler Newmont	Central Norseman Gold
Typ rudy	kremičitá ruda, v hornej časti ložiska zoxidovaná, zlato je v mikroskopickej forme a je asociované s limonitom a hematitom, sulfidy farebných kovov prešli oxidáciou	kremeň, hematit, limonit, pyrit v malom množstve	kremenné polohy, v ktorých bola pyritická mineralizácia premenená na limonity, zlato je sčasti hrubozrnné	v kremeni je prítomné mikroskopické zlato
Kvalita rudy	Au = 3,9 g·t^{-1} Ag = 24 g·t^{-1}	Au = 2,5 g·t^{-1} Ag = 42 g·t^{-1}	Au = 9,6 g·t^{-1}	
Technologický postup	drvenie, mletie s CN^-, lúhovanie, premývanie, filtrácia, deaerácia, zrážanie, rafinácia	drvenie, mletie, zahusťovanie, lúhovanie s CN^- premývanie, filtrácia, deaerácia, zrážanie, rafinácia	drvenie, mletie, gravitačná úprava, amalgamácia, zahusťovanie, lúhovanie s CN^- premývanie, filtrácia, deaerácia, zrážanie, rafinácia	drvenie, mletie, gravitačná úprava, (amalgamácia), lúhovanie s CN^- premývanie, filtrácia, deaerácia, zrážanie, rafinácia
Mletie rudy	65 % –0,074 mm	70 % –0,074 mm	72 % –0,074 mm	
Technologické ukazovatele		Výťažnosť Au = 90 % Ag = 40 %	Výťažnosť Au = 30 % (gravitačne) Au = 66 % (lúhovanie) Au = 96 % (celková)	Výťažnosť Ag = 40 % (gravitačne) Au = 56 % (lúhovanie) Au = 96 % (celková)

• znížiť na minimum straty rozpusteného zlata z nelúhovateľného zvyšku

Podľa charakteru rudy možno voliť tieto základné schémy:

• mletie v roztoku kyanidu – lúhovanie – protiprúdne premývanie – filtrácia

• mletie v roztoku kyanidu – gravitačné oddelenie častíc Au – lúhovanie – protiprúdne premývanie – filtrácia

• mletie – gravitačné získavanie častíc Au – zahusťovanie – lúhovanie v roztoku kyanidu – premývanie – filtrácia

Lúhovanie Au je vždy kontinuálne, viacstupňové a súprudné. Lúhovanie zlatonosných rúd má niekoľko spoločných znakov, a to:

• lúhuje sa jemne rozomletá ruda (cca 70–90 % častíc pod 0,071 mm)

• rmut je extrémne hustý (40–50 % pevnej fázy)

• pevné častice v suspenzii sedimentujú len veľmi pomaly

• lúhovací čas sa pohybuje do cca 30 h

Úsilie skrátiť lúhovací čas vedie k zaraďovaniu gravitačných zariadení do cyklu mletia s cieľom odstrániť prevažnú časť makroskopických častíc zlata z technológie pred lúhovaním resp. zaradiť lúhovanie v autokláve pri normálnej teplote, ale vysokom tlaku (10–20 MPa), pričom sa lúhovací čas skracuje na niekoľko desiatok minút.

Technologický postup lúhovanie – premývanie – zrážanie zlata Zn je realizovateľný, len ak má pevná fáza v rmute dostatočnú sedimentačnú rýchlosť alebo ju možno zvýšiť flokulačnými činidlami.

Zrážanie zlata z výluhov má tieto operácie: filtrácia – deaerácia – zrážanie Zn prachom – filtrácia zrazeniny. Princíp dvoch hlavných technologických uzlov vyjadrujú chemické rovnice (Gažo et al., 1981):

• pre kyanizáciu zlata $4\,Au + 8\,CN^- + 2\,H_2O + O_2 = 4\,[Au(CN)_2]^- + 4\,OH$

• pre zrážanie Zn prachom $2\,[Au(CN)_2]^- + Zn = [Zn(CN)_4]^{2-} + 2\,Au$

Dynamické lúhovanie a sorpcia zlata z rmutu

Tieto postupy možno rozdeliť na dve skupiny. Je to

• dynamické lúhovanie a sorpcia na aktívnom uhlí (postup CIP)

• dynamické lúhovanie a sorpcia na ionexoch

Porovnaním týchto postupov z hľadiska ukazovateľov sorpcie zlata z rmutov možno konštatovať, že kapacita sorpcie na ionexoch je vyššia približne dvakrát, ale jeho selektivita oproti postupu na aktívnom uhlí je horšia cca 4–5x (konkrétne operácie uvádza tab. 4).

Technologický postup sorpcie na aktívnom uhlí (CIP) má takéto výhody:

• sorpciu možno urobiť z veľmi hustého rmutu (až 50 % pevnej fázy)

• odpadajú veľké premývacie zahusťovače

• odpadá spracúvanie veľkého objemu roztokov (filtrácia, deaerácia, zrážanie, filtrácia zrazeniny)

• rafinačná tavba Au-Fe huby je jednoduchšia

a nevýhody:

• náročnosť kontroly procesu sorpcie

• problémy s eluáciou zlata

• kvalita aktívneho uhlia a jeho regenerácia

Ak z ekologických príčin nemožno rmut s obsahom kyanidu vypúšťať na odkalisko, kyanidy v odpade sa musia likvidovať, odpad filtrovať, a preto je klasický postup zrážania zlata Zn výhodnejší ako CIP.

Tab. 4
Porovnanie dvoch postupov lúhovania zlata
Comparison of two techniques during the gold leaching

Poradové číslo operácie	Technologický postup zrážanie Zn	CIP a elektrolýza
1	lúhovanie	lúhovanie
2	premývanie v 4 až 5 stupňoch	
3		sorpcia CIP
4	čerpanie rmutu na odkalisko	čerpanie rmutu na odkalisko
5	zrážanie zlata z výluhu	
6		eluácia zlata z uhlia
7		elektrolýza
8	rafinačná tavba zrazeniny	rafinačná tavba Au-Fe huby

Alternatívou CIP je sorpcia zlata z rmutu ionomeničom – anexom, ale v tejto technológii je veľmi komplikovaný uzol eluácie zlata z ionexu a potom regenerácia ionexu.

Technologický postup lúhovania s CN^- – sorpcia na aktívnom uhlí (CIP) – elektrolýza – rafinácia Au-Ag huby použila spoločnosť Homestake Mining Corporation a z oxidickej rudy s obsahom Au 2,6 $g \cdot t^{-1}$ sa ním získalo zlato s výťažnosťou 92,31 % a s obsahom Au 11 660 $g \cdot t^{-1}$ v nasorbovanom uhlí.

Perkolačné lúhovanie a sorpcia zlata na aktívnom uhlí

Perkolačné lúhovanie v kadiach je iba ojedinele používaný technicky zastaraný postup. Nahradilo ho perkolačné lúhovanie na haldách, ktoré sa aj dnes pokladá za najlacnejšie lúhovanie Au rúd. Využíva sa pri spracúvaní chudobných zlatonosných rúd (na hranici 1 $g \cdot t^{-1}$).

Zlatonosná hornina háld na perkolačné lúhovanie musí spĺňať nasledujúce kritériá:

– Au (Ag) možno vylúhovať kyanidom
– častice drahých kovov sú extrémne malé
– hornina je porézna a túto vlastnosť počas lúhovania nemení
– pri horninách s nízkou porozitou je zlato v puklinách hornín
– nie sú v nej uhlíkaté materiály
– neobsahuje kyanizačné jedy
– neobsahuje „príliš veľa" jemných podielov
– neobsahuje zložky tvoriace kyseliny

Uvedeným podmienkam vyhovuje:

– vápenatý pieskovec s minimálnym obsahom pyritu, galenitu, antimonitu a častíc zlata v submikrónových rozmeroch
– kremičitanový pieskovec so zlatom s častými oxidmi Fe
– dolomit, v ktorom je zlato na poruchách
– žilné kremenné rudy, v ktorých je zlato v dutinovej výplni a na poruchách spolu s limonitmi
– kremenný hydrotermálny sinter

V princípe sú dva lúhovacie postupy, a to krátkodobý cyklus lúhovania ťaženej drvenej rudy a dlhodobý cyklus lúhovania odvalov (háld) bez predchádzajúcej granulometrickej úpravy

Nedostatočné poznanie vlastností zlatonosnej horniny, najmä mineralogického zloženia, väzby a formy Au, priepustnosti a lúhovateľnosti, vedie pri obidvoch postupoch k oveľa nižšiemu zisku zlata. Hlavnou výhodou týchto postupov je nízka investičná náročnosť, ale iba pri priaznivých klimatických podmienkach (suché a teplé podnebie), dostatočnej tolerancii štátnych (obecných) úradov k nebezpečenstvu a pri kontaminácii životného prostredia kyanidmi.

Uvedené lúhovacie postupy používajú sorpciu zlata C z výluhu (závod Smoky Valley Min. tak získaval z ťaženej rudy s obsahom 0,6–1,8 $g \cdot t^{-1}$ Au produkt zlata v množstve 1710 $kg \cdot rok^{-1}$ a Cortez Gold Mines z materiálu odvalov s obsahom 0,3–1,6 $g \cdot t^{-1}$ Au zlato až s 97 % účinnosťou sorpcie).

Získavanie zlata z náplavov

Náplavy sú prakticky ložiská charakterom podobné oxidickým rudám, ale zásadne sa od nich odlišujú formou zlata, lebo obsahujú mikroskopické a makroskopické zlato.

Kým pri oxidických rudách prevláda úprava lúhovaním, náplavy sa upravujú výlučne gravitačnými metódami. Všeobecná schéma postupu ich úpravy spočíva v uzloch triedenie → pranie → triedenie → gravitačná úprava (sadzačky, žľaby, koncentračné splavy), pričom napr. po amalgamácii sa získa amalgám Au, koncentrát Au a ťažkých minerálov (granát, ilmenit, zirkón a pod.).

Úprava sulfidických rúd

Zlatonosné sulfidické rudy možno rozdeliť na pyritové (pyrotitové), medené a polymetalické, pyritovo-arzenopyritové a pyritovo-teluridové.

Dominantným postupom u oxidických rúd je lúhovanie, náplavov gravitačné postupy a sulfidických flotácia (Kmeť, 1982) doplnená lúhovaním alebo hutníckymi procesmi. Dôvody takéhoto postupu sú:

– dominantnou úpravou sulfidických rúd je flotácia
– zlato je z veľkej časti asociované so sulfidmi; asociácia je taká tesná, že lúhovanie vyžaduje veľmi jemné mletie, a tak je efektívnejšie koncentrát premieľať
– hutníckymi procesmi sa získavajú drahé kovy v technologickom procese s vysokou výťažnosťou
– arzenopyritové a teluridové minerály nevyhnutne treba pred lúhovaním zlata upravovať tepelne alebo lúhovaním; tak sa koncentrát spracúva výhodnejšie.

Pyritové (pyrotitové) rudy

V pyritových (pyrotitových) rudách sa zlato sčasti viaže na sulfidy a sčasti je voľné. Technologické postupy závisia od pomeru medzi voľným a viazaným zlatom a od veľkosti častíc voľného zlata. Tieto rudy sa pokladajú za ťažšie lúhovateľné a vyžadujú dlhý lúhovací čas, vyššiu koncentráciu kyanidov, väčšiu jemnosť mletia a väčšiu spotrebu vápna.

Z hľadiska flotácie výťažnosť zlata do sulfidického koncentrátu je vyše 95 %, pričom technologické schémy môžu obsahovať priame lúhovanie alebo kombináciu

Tab. 5
Niektoré údaje zo spracúvania pyritových (pyrotitových) rúd s obsahom zlata (Čáp et al., 1984)
Some data from dressing of pyrite (pyrrhotine) ore containg gold (Čáp et al., 1984)

Závod	Lamaque Min. Co.	Dolnite Mines Ltd.	Kerr Addison Mines Ltd.
Typ rudy	žilný typ rudy (kremeň – turmalín) s obsahom voľného mikroskopického a makroskopického zlata, pričom sa časť Au viaže na zlatonosný pyrit	pyritová (pyrotitová) ruda	ruda obsahuje zlato s malým podielom Ag v silikátových horninách a prekremenených karbonátoch spolu s pyritom
Kvalita rudy	Au = 9 $g \cdot t^{-1}$	Au = 7,1–9,1 $g \cdot t^{-1}$	Au = 14 $g \cdot t^{-1}$
Technologický postup	drvenie, mletie, triedenie, lúhovanie, filtrácia, rafinácia	drvenie, mletie, triedenie, flotácia, lúhovanie, filtrácia, praženie koncentrátu	drvenie, mletie, triedenie, flotácia, lúhovanie, hutnícke procesy
Mletie vzorky	75 % pod 0,074 mm	mletie a premieľanie na veľmi jemné zrno (0,04 mm)	80 % pod 0,074 mm
Technologické ukazovatele	Výťažnosť Au = 96 %	Výťažnosť Au = 94 % Obsah Au vo flotačnom koncentráte 92–140 $g \cdot t^{-1}$	Výťažnosť Au = 98 %

flotácia – lúhovanie (s možným začlenením gravitačného uzla do cyklu mletia). Náklady pri priamom lúhovaní sú o cca 40 % nižšie ako pri kombinácii flotácia – lúhovanie.

Medené a polymetalické rudy

V tejto skupine sú rudy, v ktorých obsah farebných kovov je významnou časťou hodnoty rudy, často prekračujúcou hodnotu zlata. Ich flotáciou sa má získať zlato v koncentrátoch farebných kovov alebo v gravitačnom koncentráte zaradením vhodného zariadenia do cyklu mletia, ale dosiahnuté technologické ukazovatele sú často pomerne nízke. Uspokojivým riešením na zvýšenie výťažnosti zlata je lúhovanie flotačného resp. gravitačného odpadu kyanidom, ale vedie k neekonomickej úprave ako celku.

Tab. 6
Niektoré údaje zo spracovania polymetalických rúd s vysokým obsahom drahých kovov
Some data from elaboration of polymetallic ore with high content of precious metals

Závod/Štát	Analýza rudy	Postup	Produkty	Výťažnosť
Tuba Filipíny	Au 20,2 $g \cdot t^{-1}$ Ag 99,5 $g \cdot t^{-1}$ Cu 0,75 % Zn 10,5 %	Cu flotácia kyanizácia Zn flotácia	Cu konc. Zn konc. Au zliatok	60 % Cu 96 % Zn 90 % Au 89 % Ag
Palidan Filipíny	Cu, Zn Au 6,4 $g \cdot t^{-1}$	gravitácia Cu flotácia kyanizácia	Cu konc. Au zliatok	54 % Cu 90,4 % Au
El Mohito Honduras	Au 0,2 $g \cdot t^{-1}$ Ag 358 $g \cdot t^{-1}$ Pb 7,9 % Zn 8,9 %	Pb flotácia Zn flotácia kyanizácia	Pb konc. Zn kon. Ag (Au) zliatok	28,3 % Pb 90,3 % Zn 86,7 % Au 93,3 % Ag
Pachua Mexiko	Pb, Zn, pyrit Au 0,95 $g \cdot t^{-1}$ Ag 172,3 $g \cdot t^{-1}$	Pb flotácia Zn flotácia FeS_2 flotácia kyanizácia	Pb konc. Zn konc. pyrit konc. Au zliatok	87 % Pb 88 % Zn 92 % Au 85 % Ag

Cu a polymetalické rudy sa rozdeľujú na rudy s nízkym a s bilančným obsahom farebných kovov. Rudy s nízkym obsahom farebných kovov sa posudzujú ako rudy drahých kovov a prítomnosť sulfidov farebných kovov sa hodnotí z hľadiska negatívnych vplyvov na kyanizáciu. Pri úprave sa používajú kombinácie technologických schém, a to priame lúhovanie, flotácia kolektívneho koncentrátu a jeho lúhovanie a lúhovanie a flotácia odpadu po lúhovaní.

Rudy s bilančným obsahom farebných kovov obsahujú bilančnú koncentráciu drahých kovov alebo sú na drahé kovy chudobné. V prvom prípade možno rudu upravovať kombináciou flotácia (gravitácia) – lúhovanie odpadu, pričom odpad je akoby oxidická Au ruda. V druhom prípade je cieľom dosiahnuť čo najpriaznivejšiu výťažnosť drahých kovov pri riešení problémov súvisiacich so

– zlepšovaním gravitačných postupov pri oddeľovaní voľného Au

– získavaním Au z kyanidovej vody pri selektívnej flotácii

– priaznivým správaním zlata vo vlastnom flotačnom procese

Pyritovo-arzenopyritové rudy

V princípe sa rozlišujú ťažko a ľahko upraviteľné pyritovo-arzenopyritové rudy.

Ťažko upraviteľné rudy (chemicky sa viažuce Au) majú častice Au maximálne veľké 0,001 mm, možno z nich získať koncentráty s obsahom nad 100 $g \cdot t^{-1}$, ktoré sa nedajú lúhovať, a preto sa pred lúhovanie zaraďuje praženie.

Ľahko upraviteľné rudy majú častice Au priemerne veľké 0,02 mm, flotáciou sa z nich získava Au-As koncentrát, ktorý sa po domletí lúhuje kyanidom.

Sulfidové minerály As sú dostatočne stále voči roztokom NaCN a hlavná časť As prechádza do odpadu vo forme pôvodných minerálov (Špaldon, 1980). Koncentrácia rozpusteného As v rmute vypúšťanom na odkalisko môže dosahovať 0,04–0,2 mg $\cdot l^{-1}$, ale vhodným čistiacim postupom ju možno znížiť na podlimitnú (podľa platných legislatívnych predpisov).

Úprava pyritovo-arzenopyritových rúd s obsahom zlata je založená na selektívnej flotácii pyritu a arzenopyritu s technologickým prepracovaním koncentrátov tak, že sa vstupná ruda pred flotáciou melie extrémne jemne (cca 93 % pod 0,04 mm). Vyrobené koncentráty nie sú príliš kvalitné a obsahujú len okolo 100 $g \cdot t^{-1}$ Au.

Pyritovo-teluridové rudy

Pri pyritovo-teluridových rudách sa zlato viaže priamo do chemických zlúčenín (napr. $AuTe_2$, $AgAuTe_4$). Upravujú sa komplikovaným hydrometalurgickým procesom, ktorého cieľom je získať nielen drahé kovy, ale aj Te a Se. Ťažobne významné ložiská sú ojedinelé a relatívne malé. Ich výhodou je vysoký obsah Au v ťaženej rude (napr. Empecor Gold Mining Co. spracúva rudu s obsahom okolo 230–240 $g \cdot t^{-1}$).

Úprava ťažko upraviteľných rúd

Do skupiny ťažko upraviteľných rúd patria prevažne oxidické, ale aj sulfidické rudy s vlastnosťami, ktoré pri kyanizácii nedávajú uspokojivé výsledky. Najčastejšie sú to horniny obsahujúce uhlíkaté látky, a to vo forme aktívneho C alebo aj uhlíkatých zlúčenín s aktívnymi skupinami, ktoré pôsobia ako sorbenty rozpusteného Au.

Na elimináciu toho možno použiť nasledujúce postupy:

- pridať do rmutu reagencie viažuce funkčné skupiny uhlíkatých zlúčenín
- uhlíkaté zlúčeniny sa odstránia flotáciou
- na lúhovanie použiť iné činidlá ako kyanid tak, aby vznikol komplex, ktorý sa nesorbuje
- použiť ionomeniče na sorpciu Au
- pri 500–600 °C tepelne deštruovať uhlíkaté zlúčeniny
- oxidačnými činidlami chemicky oxidovať uhlíkaté zlúčeniny

Najjednoduchší je prvý spôsob. Tepelná deštrukcia sa pokladá za najuniverzálnejšiu, ale jej využívanie je ekonomicky obmedzené.

Ostatné ťažko upraviteľné oxidické rudy sa delia na

– rudy obsahujúce produkty oxidácie sulfidov farebných kovov spotrebúvajúce pri lúhovaní kyanid alebo

– zrná Au obsahujúce povlak zlúčenín brániacich kontaktu kyanidu s drahým kovom

– niektoré zliatiny Au ťažko rozpustné v kyanide; pri vzniku zliatiny Au sa na povrchu jeho častíc spomaľuje alebo zastavuje kinetika lúhovania

Úprava takýchto rúd nie je rovnaká. Je to

– odstraňovanie rušivých zložiek – lúhovanie v kyslom prostredí, tlakové oxidačné lúhovanie a pod.

– pridávanie komplexotvorných zlúčenín na naviazanie interferujúcich kovov do pevných komplexov

– mechanická úprava pred lúhovaním – veľmi jemné mletie, agitácia veľmi hustých suspenzií pred lúhovaním a po ňom

– náhrada kyanidu agresívnejším činidlom (napr. Cl)

– lúhovanie vo veľmi zriedenej suspenzii

Záver

Z prehľadu technologického spracúvania hornín (rúd) s obsahom zlata je zrejmé, že sa ako lúhovacia metóda v zásade používa kyanizácia, a to alebo priama všetkej vyťaženej rudy, alebo v kombinácii s flotáciou, pri ktorej sa lúhuje flotačný koncentrát. Používanie iného lúhovacieho činidla ako kyanidu je motivované jednak vysokou toxicitou kyanidu a jednak tým, že niektoré typy rudy kyanidom lúhovať nemožno. Inými činidlami sa dosahuje striedavá výťažnosť a účinnosť lúhovania, ale medzi ich hlavné nevýhody patrí malá selektivita (chlór), lúhovanie len v kyslom prostredí (chloridy), nevyhnutnosť použiť ďalšie oxidačné činidlo (tiomočovinu) a nízka rýchlosť lúhovania (mikrobiologické lúhovanie).

S kyanidovým lúhovaním a s typom upravovanej rudy súvisia aj ekologické otázky technologickej upraviteľnosti zlatonosnej horniny V tejto súvislosti treba

- znižovať na minimum obsah kyanidov v kvapalnom odpade maximálnym stupňom cirkulácie a regenerácie kyanidového roztoku a jeho obsah úplne eliminovať pred vypúšťaním z úpravníckeho závodu podľa smernice EP 2006/21/ES z 15. marca 2006, ktorá stanovuje limity na používanie resp. vypúšťanie kyanidu na odkalisko
- likvidovať As z odpadu a previesť ho do takej formy, aby sa mohol uložiť na odkalisko alebo inakšie zužitkovať
- ukladať veľký objem jemne mletého odpadu na odkalisko s možnosťou zaistiť prevádzku odkaliska z naplaveného kalu

Riešenie uvedených úloh a problémov závisí od miestnych podmienok a musí byť v súlade s požiadavkami na ochranu životného prostredia, v ktorom sa horniny s obsahom zlata spracúvajú, a musia sa pritom dodržiavať bezpečnostné, hygienické a ďalšie legislatívne predpisy a nariadenia o prevádzke, likvidácii a ukladaní toxických látok a odpadu.

Literatúra

Betechtin, A. G., 1955: Mineralógia. *Bratislava, SNTL, 799.*

Čáp, M., Špaček, V. & Šťastná, M., 1984: Technológia úpravy zlatonosných rúd. *Praha, ÚVR, 141.*

Gažo, J., et al., 1981: Všeobecná a anorganická chémia. *Bratislava, Alfa, 804.*

Háber, M., et al., 1999: Zlato na Slovensku. *Mineralia Slov., 31, 3–4, 466.*

Háber, M., et al., 1987: Chemizmus a fyzikálne vlastnosti minerálov a ich technologické aplikácie. *In: Zbor. z konferencie ČSVTS Ústí nad Labem, 136.*

Kmeť, S., 1982: Flotácia. *Bratislava, Alfa, 289.*

Řepka, V., 1998: Technológia spracovania surovín. *VŠB Ostrava, 95.*

Špaldon, F., 1986: Úprava nerastných surovín. *Bratislava, Alfa, 190.*

Špaldon, F., 1980: Chemické spôsoby úpravy. *ES VŠT Košice, 480.*

Rukopis doručený 24. 4. 2006
Revidovaná verzia doručená 25. 8. 2006
Rukopis akceptovaný 21. 2. 2006

Mineralia Slovaca, 38 (2006), 279–281

Výpočet zásoby Au-Ag rúd ložiska Kremnica-Šturec so stavom k 31. máju 2006

BORIS BARTALSKÝ[1], ONDREJ FINKA[1], JOZEF STUPÁK[2], PAVOL VEĽKÝ[1] a JÁN ŠTEPIGA[1]

[1]Kremnica GOLD, a. s., Horná 51, 974 01 Banská Bystrica
[2]Štátny geologický ústav D. Štúra, regionálne centrum,
Markušovská cesta 1, 052 01 Spišská Nová Ves

Posledný výpočet zásoby Au-Ag rúd evidovanej v dobývacom priestore Kremnica so stavom k 31. máju 1998 na základe objednávky firmy Kremnica GOLD, a. s., Banská Bystrica spracovala firma EnviGeo, s. r. o., Banská Bystrica. V *Bilanciách zásob výhradných nerastov SR* sa od 1 januára 1999 na ložisku Kremnica-Šturec eviduje 5990 kt nebilančnej zásoby Au-Ag rúd kategórie Z-2 + Z-3 vhodnej na povrchovú ťažbu s kovnatosťou 1,74 $g \cdot t^{-1}$ Au a 13,7 $g \cdot t^{-1}$ Ag.

Firma Kremnica GOLD, a. s., Banská Bystrica, ktorej stopercentným vlastníkom je kanadská firma Tournigan GOLD corporation, si v priestore Šturca na základe výsledkov podrobného vrtného prieskumu metódou reverznej cirkulácie (41 vrtov kategórie do 250–3989 m) v kanadskej firme Beacon Hill Consultants Ltd objednala nový výpočet zásoby. Ten bol urobený metódou mikroblokov a zahŕňa aj výsledky predchádzajúcich etáp geologického prieskumu (vrtného aj banského) a nasledujúcich výpočtov povrchovo ťažiteľnej zásoby Au-Ag rúd, ktoré v minulosti urobili Rudné bane Kremnica a Geologický prieskum Spišská Nová Ves.

Výpočet zásoby predložený firmou Beacon Hill Consultants Ltd bol spracovaný v zmysle platnej banskogeologickej legislatívy SR (vyhláška SGÚ 6/1992 o klasifikácii a výpočte zásob výhradných surovín a vyhláška MŽP SR 217/1993 o projektovaní, vykonávaní a vyhodnocovaní geologických prác – príl. 3, odsek B. Výpočet zásob ložiska nerastov – kap. 1–6) a podmienok využiteľnosti stanovených firmou Kremnica GOLD, ktoré spracoval tím B. Bartalský, O. Finka, J. Stupák, P. Veľký a J. Štepiga v máji 2006 a predložil na schválenie komisii pre klasifikáciu zásob pri MŽP SR.

Rukopis doručený 4. 5. 2006
Revidovaná verzia doručená 8. 8. 2006
Rukopis akceptovaný 21. 2. 2006

Nové poznatky o genezi Au mineralizace ve středočeské oblasti Českého masívu

JIŘÍ ZACHARIÁŠ

Ústav geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů Přírodovědecké fakulty UK, Albertov 6, 128 43 Praha 2

Výsledky studia fluidních inkluzí a stabilních izotopů za posledních přibližně 10 let na jednotlivých ložiscích zlata ve středočeské oblasti (Jílové, Mokrsko, Kasejovice, Bělčice, Libčice a Roudný) umožňují vzájemné porovnání fyzikálních a chemických podmínek vzniku křemenných žil se zlatem a vytvoření obecného genetického modelu.

Nejstarší stádia vzniku žil (tj. obvykle hlavní část křemenné výplně) vznikala z metamorfogenních H_2O-CO_2±CH_4-N_2 nízkosalinních fluid. Pouze na ložisku Mokrsko (Boiron et al., 2001) a Petráčkova hora (Zachariáš et al., 2001) byla zjištěna přítomnost magmatických, vysoce koncentrovaných salinních fluid vodného typu. Střední stadium vzniku mineralizace je charakterizováno H_2O-CO_2±CH_4-N_2 fluidy podobnými prvému typu, avšak o nižší hustotě a často i odlišném poměru jednotlivých složek (H_2O, CO_2, CH_4, N_2). V závěrečných mineralizačních stádiích pak dominují fluida čistě vodného typu o salinitě do 10 hm. % NaCl.

Izotopové (O, C) složení raných fluid odpovídá metamorfním roztokům, zatímco v pozdějších stádiích vzniku mineralizací lze pozorovat mísení fluid z více zdrojů

(metamorfní, mělce meteorický a hlubinný meteorický) a ovlivnění izotopového složení roztoků interakcí fluid s horninovým prostředím (Zachariáš et al., 2001).

Na ložisku Roudný u Vlašimi byla jako na jediném ze studovaných Au ložisek zjištěna přítomnost pyritu se zvýšeným obsahem As (až 4,5 hm. % As) a korelace mezi obsahem As a „neviditelného" Au v sulfidech (pyrit, arsenopyrit). Obsah As 120–210 ppm byl navíc zjištěn laserovou ablací (LA-ICP-MS) i v primárních H_2O-CO_2 fluidech z tohoto ložiska.

Stáří molybdenitu z ložiska Mokrsko, Petráčkova hora, Jílové a Kasejovice (Zachariáš a Stein, 2001) určené metodou Re-Os leží v úzkém intervalu 349–339 Ma a je z velké části statisticky neodlišitelné od magmatického stáří jednotlivých intruzí středočeského plutonu (Holub et al., 1997). Vzhledem k tomu, že molybdenit patří k nejstarším rudním minerálům v jednotlivých paragenezích, lze toto stáří považovat i za vlastní stáří vzniku křemenných žil. Pro ložisko Roudný na základě analogie předpokládáme stáří cca 265–275 Ma.

Príspevok nebol jazykovo upravený.

Literatura

Boiron, M. C., Cathelineau, M., Barakat, A., Banks, D. A., Ďurišová, J. & Morávek, P., 2001. Geometry and P-V-T-X conditions of microfissural ore fluid migration: The Mokrsko (Bohemia) gold deposit. *Chem. Geol., 173, 207–225.*

Zachariáš, J. & Stein, H., 2001: Re-Os ages of Variscan hydrothermal gold mineralizations, Central Bohemian metallogenetic zone, Czech Republic. *In: Piestrzyński et al. (eds.): Mineral Deposits at the Beginning of the 21st Century. Swets & Zeitlinger Publishers Lisse, 851–854.*

Zachariáš, J., Pertold, Z., Pudilová, M., Žák, K., Pertoldová, J., Stein, H. & Markey, R., 2001 Geology and genesis of Variscan porphyry-style gold mineralization, Petráčkova hora deposit, Bohemian Massif, Czech Republic. *Mineralium Depos., 36, 6, 517–541.*

Zachariáš, J., Pudilová, M., Žák, K. & Janoušek, V., 2001 Multiple fluid sources of Au-mineralization: the Jílové district, Bohemian Massif, Czech Republic. *In: Piestrzyński et al. (eds.): Mineral Deposits at the Beginning of the 21st Century. Swets & Zeitlinger Publishers Lisse, 855–859.*

Rukopis doručený 3. 5. 2006
Revidovaná verzia doručená 8. 8. 2006
Rukopis akceptovaný 21. 2. 2006

Problematika „horčicového" zlata na príklade lokality Kriváň (Tatry) so stavom k 31. máju 2006

MARTIN CHOVAN[1], FRANTIŠEK BAKOS[2] a EMIL MAKOVICKÝ[3]

[1]Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava
[2]Štátny geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava
[3]Geological Institute, University of Copenhagen, Oster Voldgade 10, DK-1350 Copenhagen
e-mail: chovan@fns.uniba.sk, bakos@gssr.sk, emilm@geo.geol.ku.dk

Na Kriváni v Tatrách sa prvý raz v Západných Karpatoch podarilo zistiť tzv. horčicové zlato *(mustard gold)*. Au a Sb mineralizácia sa viaže na kremenné žily a žilné zóny v subhorizontálne uložených mylonitových zónach v granitoidoch (Bakos a Chovan, 2006). Na výskyte sa vyčlenili štyri genetické typy zlata. „Horčicové" zlato vytvára niekoľko desatín mm veľké izometrické a nepravidelné zrná s výraznou nehomogénnou stavbou. Od iných typov sa odlišuje charakteristickou pórovitou štruktúrou, oranžovou, hnedožltou až horčicovou farbou, nízkou odraznosťou a variabilným chemickým zložením. Vystupuje v asociácii s doteraz bližšie neidentifikovaným Sb-Pb (?) oxidom a starším zlatom, ktoré zatláča. Na jeho zložení sa zúčastňuje najmä Au, Sb a Fe. Celková suma analýz, ako aj obsah prvkov závisia od pórovitosti jednotlivých typov „horčicového" zlata. Obsah Au v typoch kolíše od 1,57 do 97,8, Sb od 0,063 do 39,9, Fe od 0 do 22,7, Ag od 0,38 do 4,27, As od 0 do 3,32, S od 0 do 0,54 hm. % a suma analyzovaných prvkov sa pohybuje v rozmedzí 47,51 až 100,23 hm. %.

Na vznik a charakter „horčicového" zlata sú dva názory. Podľa Johana and Šreina (1998) vzniká samostatný minerál $AuSbO_3$ hydrotermálnou alteráciou aurostibitu. V druhom prípade sa uvažuje o vzniku v oxidačnej zóne rozpadom pôvodného minerálu, napr. calaveritu. Agregáty „horčicového" zlata tvorí pórovitá Au-Ag zliatina, ktorej voľné priestory (póry) sú vyplnené Fe hydroxidmi a Pb-Mn-Te sekundárnymi minerálmi (Petersen et al., 1999; Li a Makovicky, 2001). Na jakutských Sb-Au ložiskách (Gamjanin et al., 1987; Gamjanin et al., 1988) vzniká „horčicové" zlato rozpadom aurostibitu alebo neznámeho antimonátu zlata na zmes pórovitého zlata a Sb sekundárnych minerálov. Horčicové zlato je známe aj z Sb-Au ložísk v Bolívii (Dill et al., 1995). Intímne prerastanie zlata a antimonitu sa zistilo aj na ložisku Magurka (Chovan et al., 1995) a tiež v Ozdíne (Maťo a Maťová, 1994). „Horčicové" zlato na Kriváni pravdepodobne vzniklo rozpadom doteraz neopísanej fázy, ktorá je pri blízkopovrchových podmienkach nestabilná. Nestabilná fáza sa podobala aurostibitu a odlišovala sa len pomerom Sb : Au v štruktúre.

Pri jej rozpade vznikla silne pórovitá zmes vysokorýdzeho Au a oxidov Sb. Jednotlivé textúrne typy „horčicového" zlata pravdepodobne vznikli postupným rozpadom nestabilnej Au-Sb fázy pri zmenených P-t podmienkach. Vyšší obsah Fe v makropórovitých agregátoch „horčicového" zlata možno vysvetliť migráciou Fe pri hypergénnych podmienkach. Fe sekundárne minerály vyplnili v „horčicovom" zlate len väčšie póry.

Literatúra

Bakos, F & Chovan, M., 2006: Hydrotermálna Au-Sb mineralizácia v oblasti Kriváňa (Tatry). *Mineralia Slov., 38, 2, 83–98.*

Dill, H. G., Weisser, T., Bernhardt, I. R. & Kilibarda, R., 1995: The composite gold-antimony vein deposit at Kharma (Bolivia). *Econ. Geol., 90, 51–66.*

Gamjanin, G. N., Ždanov, J. J., Nekrasov, I. J. & Leskova, I. V., 1987: "Gorčičnoe" zoloto iz zoloto-curmjanych rud Vostočnoj Jakutii. Trudy mineralogičeskogo muzeja. *Moskva, Nauka, 34, 13–20.*

Gamjanin, G. N., Nekrasov, I. J., Ždanov, J. J. & Leskova, I. V., 1988: Auroantimonat – novoe prirodnoe sojedinenie zolota. *Dokl. Akad. Nauk SSSR, Ser. Mineral., 301, 4, 947–950.*

Chovan, M., Póč, I., Jancsi, P., Majzlan, J. & Krištín, J., 1995a: Sb-Au (As-Pb) mineralizácia ložiska Magurka, Nízke Tatry. *Mineralia Slov., 27, 397–406.*

Johan, Z. & Šrein, V., 1998: Un nuovel oxyde naturel de Au et Sb. *Sci. de la Terre, Planetes, 326, 533–538.*

Li, J. & Makovicky, E., 2001 New studies on mustard gold from the Dongping mines, Hebei province, China: The tellurian, plumbian and mixed varietes. *Neu. Jb. Mineral., Abh.; Mh., 176, 3, 269–297.*

Maťo, Ľ. & Maťová, V., 1994: Mineralizácia v okolí Ozdína, výskyt zlata s obsahom Sb-Ni v tmavých bridliciach, jz. časť veporického kryštalinika, stredné Slovensko. *Mineralia Slov., 26, 30–37.*

Petersen, S. B., Makovicky, E., Juiling, L. & Rose-Hansen, J., 1999: Mustard gold from the Dongping Au-Te deposit, Hebei Province, Peoples republic of China. *Neu. Jb. Mineral. Abh.; Mh., 8, 337–357.*

Rukopis doručený 4. 5. 2006
Revidovaná verzia doručená 15. 8. 2006
Rukopis akceptovaný 21. 2. 2006

GeoVestník

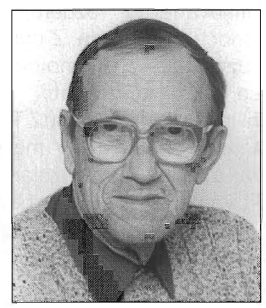
Informačný spravodajca pre geológiu, baníctvo, úpravníctvo a životné prostredie

Príloha časopisu Mineralia Slovaca, roč. 38, č. 3

Obsah

Kronika 1
Ar-Ar datovanie – jeho princípy a možnosti využívania v Stredoeurópskom Ar laboratóriu (CEAL) GÚ SAV 7
Recenzie 7

Jubilant Ing. Juraj Knésl



V tomto roku uplynie už sedem decénií od narodenia Ing. Juraja Knésla, významného geológa, ktorý od získania vysokoškolskej kvalifikácie plodnou odbornou a vedeckovýskumnou prácou odhalil mnoho tajomstiev nerastných ložísk dobre ukrytých v útrobách našich hôr. Pri tomto vzácnom jubileu si dovoľujem priložiť na stručný obraz jeho tvorivého života a odbornej činnosti kyticu spomienok.

Jubilant sa narodil 28. júla 1936 v Olomouci v Českej republike a hneď po úspešnom zavŕšení vysokoškolských štúdií na Geologickej fakulte Vysokej školy banskej v Ostrave v júni 1959 a po promócii za inžiniera si otvoril bránu do príťažlivého sveta geologických vied. Plný vedomostí a elánu už 7. júla nastúpil do práve vtedy zjednotenej geologickoprieskumnej organizácie Geologický prieskum v Turčianskych Tepliciach. Ako geológa ho zaradili na pracovisko v Banskej Štiavnici a po rade reorganizácií, ktoré boli pre tú dobu charakteristické, od roku 1962 pracoval v geologickej oblasti v Banskej Bystrici, vtedy už organizačnej jednotke n. p. Geologický prieskum v Spišskej Novej Vsi. Tak sa z územia významných karbónskych slojov na Ostravsku ocitol v prostredí neogénnych vulkanickosedimentárnych súvrství a pestrej palety stredoslovenských mezozoických hornín.

So zmenou sa Ing. Juraj Knésl vyrovnal veľmi skoro. Spočiatku sa venoval nerudným surovinám, vyhľadávaniu a prieskumu vhodných druhov stavebného kameňa a súbežne hlbšie vnikal do tajov výskumu vulkanických hornín. Úspešne preskúmal a vypočítal zásobu stavebného kameňa v andezitových lávových prúdoch územia Badín – Skalica a neskôr mu zverili ťažobný prieskum vápencových telies tisovského ložiska. Úlohu úspešne skončil výpočtom zásoby a zabezpečením potrebnej suroviny na ďalšie dobývanie. Lenže nerudné suroviny nenapĺňali jubilantove ambície v plnej miere, a preto stále väčšmi inklinoval k rudnej problematike.

V 60. a 70. rokoch uplynulého storočia sa Ing. Jurajovi Knéslovi otvorilo vďačné a široké pole pôsobnosti v stredoslovenských neovulkanitoch, najmä v Kremnických vrchoch a vo Vtáčniku. Ako vedúci odbornej skupiny (od roku 1966) s tímom vykonával rozsiahly regionálny geologický prieskum zameraný v prvom rade na vyhľadávanie Hg rúd a postupne prichádzali aj pozitívne výsledky. V silicifikovaných ryolitoch a ich pyroklastikách na J od Kremnice objavil na povrchu rozsiahle teleso rumelkovej mineralizácie. Výskyt – zrejme podľa intenzívneho červeného sfarbenia – sa volá Čertov vrch. V niekoľkých anomálnych oblastiach, najmä v malachovskom rudnom poli, vrtným prieskumom zistil viac rudných telies. Jedno z nich malo po detailnom prieskume veľmi dobré kvalitatívne parametre a overená zásoba monominerálnej Hg rudy sa ukázala ako vhodná na využívanie. Bol to hlavný výsledok Knéslových prác a úspešné vyťaženie veľkostudnianskeho ložiska n. p. Rudné bane v rokoch 1981–1992 výsledky prieskumu v plnej miere potvrdilo.

V pamäti mi veľmi dobre utkvelo obdobie zahraničného pôsobenia jubilanta, keď sme v roku 1972 spolu vyhľadávali Cu zrudnenie na získaných licenčných územiach v Zambii. V známom Kopperbelte to bolo Kawarti-Konkola, v národnom parku Luangwa Valley lokalita Mwezi a územie Cheowa – Rufunsa. Najmä na to posledné si pamätáme mimoriadne dobre. Tam sme si koncom septembra šli overiť stav prístupovej cesty. V blízkej osade sme objednali pracovníkov na jej úpravu, lebo o dva týždne sme chceli začať prieskum. Landroverom sme prechádzali cestou a asi po desiatich kilometroch sme zastali na lúčke v sedle pohoria naobedovať sa. Keď sme vystúpili z auta, ako blesk z jasného neba nás prepadol ozbrojený muž a výstrelom z pušky privolal aj ďalších bojovníkov. Začali nás vyšetrovať a trvalo dlho, kým sme ich presvedčili, že sme geológovia, nie záškodníci. Napokon nám uverili, ale prezreli naše auto. Tvrdili, že sú príslušníkmi pravidelnej armády a že strážia pohraničnú zónu proti infiltrácii utečencov z vtedajšej Južnej Rodézie. Pri pití koly a fajčení, čo sme im ponúkli, sme na naše veľké prekvapenie zistili, že majú veľa informácií o Československu i o ďalších východoeurópskych krajinách. Potom nás prepustili – pitie a fajčivo sme im nechali, ale aj tak sme ešte niekoľko kilometrov boli ako na tŕní, či si to ešte nerozmyslia, no do Lusaky sme sa dostali šťastne. Po ročnej

prestávke sa Ing Juraj Knésl do Zambie vrátil a v rokoch 1974–1975 tam ďalej pracoval ako člen geologickej expedície

Skúsenosti z prieskumu ďalších druhov rudy, pestrosť zrudnenia v Kremnických vrchoch, ako aj dopyt po zlate na svetovom i domácom trhu vyvolali záujem jubilanta vyhľadávať tento vzácny a potrebný minerál, a tak sa po návrate z expedície vedno so svojím tímom začal orientovať na vyhľadávanie a prieskum drahokovovej mineralizácie na Slovensku Východiskom bolo okolie v stredoveku svetoznámeho kremnického ložiska a postupne sa inventarizovali výskyty a ložiská zlata na celom Slovensku So širokým kolektívom odborníkov z jubilantovej iniciatívy a pod jeho vedením sa spracovali výsledky, ktoré sa stali základom celkového prognózneho hodnotenia Au mineralizácie na Slovensku, a zakotvili v štúdii Slovensko-Au z roku 1980. Jej výsledky sa stali bázou ďalších geologickoprieskumných prác, vyústili do projektov a v roku 1990 do pripovrchového aj hĺbkového vyhľadávacieho prieskumu drahokovovej mineralizácie v širokej oblasti kremnického rudného poľa.

Popri plnení prieskumných úloh bol Ing. Juraj Knésl v rokoch 1980 až 1990 aj vedúcim banskobystrickej geologickej oblasti a v roku 1984 vykonal aj krátke akvizičné cesty do Egypta a Sudánu. V roku 1988 vedno s manželkou Alžbetou začal skúmať netradičné typy Au mineralizácie na Slovensku. Zrejme ich inšpirovali správy a výsledky o ložiskách typu Carlin v Nevade, v ktorých sa Au mineralizácia viaže na hydrotermálne silicifikované pásma v sedimentárnych horninách. V odborných kruhoch sa takéto a im podobné mineralizované zlatonosné zóny označujú ako zrudnenie carlinského typu. Jubilant v súvislosti so zlatom absolvoval aj mesačný študijný pobyt na Au ložiskách impregnačného typu v západných štátoch USA (1992) a po terénnych prácach a zhrnutí dovtedy známych indícií spracoval štúdiu o prognózach impregnačných zlatých rúd v silicifikovaných zónach na Slovensku so stavom k 31. marcu 1995. Medzitým v rokoch 1991–1992 sa aktívne zúčastňoval na riešení geologickej problematiky a vyhľadávaní území s vhodným geologickým prostredím a štruktúrami na možné ukladanie a uskladňovanie rádioaktívneho odpadu na Slovensku.

Začiatkom 90. rokov minulého storočia sa po transformácii š. p. Geologický prieskum v Spišskej Novej Vsi, no ešte pred jeho zrušením od banskobystrickej geologickej oblasti odčlenilo niekoľko kolektívov, ktoré založili samostatné spoločnosti. Od 1. apríla 1994 bola jednou z nich aj firma AuREX TRADE, s. r o., Banská Bystrica. Jej spoluzakladateľom bol aj Ing. Juraj Knésl a ako spoločník v nej zotrval do 30. júna 1997. Vedno s manželkou pokračovali vo vyhľadávaní a prieskume rúd carlinského typu v Slovenskom rudohorí na lokalite Tisovec – Pohronská Polhora, zhodnotili ju v roku 1996, a v Považskom Inovci na lokalite Zlatníky, ktorú skončili záverečnou správou v roku 1997. Od roku 1996 jubilant pracoval prevažne pre kanadsko-slovenskú firmu Golden Regent Resources Slovakia (GRRS) Banská Bystrica.

Po bohatých odborných a praktických skúsenostiach z vedenia organizačných jednotiek a firmy sa Ing. Juraj Knésl s manželkou rozhodli 1 júla 1997 založiť vlastnú firmu KKÁ – Disseminated Slovak Gold Consulting (KKÁ – DSGC) Banská Bystrica. Jubilant však ďalej vyhľadával Au mineralizáciu v Tribeči, vyčlenil tam šesť prognóznych plôch a v roku 2000 zhodnotil výsledky prieskumu v záverečnej správe Veľké Pole-Sokolec, Píla – Veľké Pole a v roku 2004 Tribeč-Razdiel. Od februára je geologickým poradcom firmy Eastern Mediterranean Resources – Slovakia, s. r. o.

S výsledkami, ktoré jubilant dosiahol realizáciou geologickoprieskumných projektov, zoznamoval širokú odbornú verejnosť referátmi, prednáškami a diskusnými vystúpeniami na mnohých kongresoch, vedeckých konferenciách a seminároch a zhrnul ich nielen v záverečných správach a štúdiách, ale aj v odborných a vedeckých prácach, ktoré napísal samostatne alebo ako spoluautor, publikovaných v zborníkoch z konferencií a seminárov a v odborných periodikách (Mineralia Slovaca, Geologický průzkum a Rudy).

Bohaté odborné poznatky, vedomosti a praktické skúsenosti ochotne a nezištne odovzdával a odovzdáva aj mladším spolupracovníkom. Veľa ráz im poradil či pomohol aj v ťažkých situáciách, ktoré sa im v práci vyskytli Pomáhal iným, ale aj iní pomáhali jemu, ako o tom sám hovorí *„Často spomínam na RNDr. Stanislava Poláka, u ktorého som začínal a veľa ma naučil nielen o metodike prieskumu, ale napríklad i o poriadku. Spomínam si na priateľstvo s RNDr. Jánom Valachom a s mnohými ďalšími, ktorí, žiaľ, už nie sú medzi nami. Zo žijúcich je to Ing. Ivan Kravjanský a rad ďalších, ktorým vďačím za veľa a boli a sú mi vzorom. Mohol som toho dosiahnuť viacej. Ale aj za to, čo som dosiahol, vďačím hlavne svojej manželke Alžbete, ktorá nielenže mi v práci výrazne pomáha, ale ktorá mi doma vytvorila také podmienky, že sa o nič praktické nemusím starať. A čo je obdivuhodné, vydržala so mnou viac ako tridsať rokov."*

Z jubilantových záľub pripomínam najmä lásku k zvieratám (Knéslovci majú v súčasnosti tri kocúry) a k umeniu, osobitne k opernej hudbe. O svojom vzťahu k opere uviedol „... hudbu rozdeľujem nie podľa žánrov, ale podľa toho, či je dobrá alebo zlá. Z operných skladateľov najviac milujem Wagnera a Janáčka. O mojom vzťahu k Wagnerovi moja manželka vraví, že som fanatik (a asi má pravdu) A prečo mám z umenia najradšej hudbu? To asi preto, že sám neviem spievať "

V mene priateľov, bývalých spolupracovníkov i v mene svojom želám Ing. Jurajovi Knéslovi k jeho významnému životnému jubileu pevné zdravie, veľa spokojnosti, šťastia a radosti v rodine i v práci, aby ešte mnoho rokov mal dostatok síl tak ako doteraz spoľahlivo odpovedať na naliehavé otázky ložiskovej geológie.

M. Slavkay

Zoznam publikovaných prác

Monografie

Bakos, F., Chovan, M., Bačo, P., Bahna, B., Ferenc, Š., Hvožďara, P., Jeleň, S., Kamhalová, M., Káňa, R., Knésl, J., Krasnec, L., Križáni, I., Maťo, Ľ., Mikuš, T., Pauditš, P., Sombathy, L. & Šály, J., 2004. Zlato na Slovensku. Sprievodca zlatou históriou, ťažbou a náleziskami na našom území. *Bratislava, Vyd. Slovenský skauting, 298.*

Slavkay, M., Beňka, J.†, Bezák, V., Gargulák, M., Hraško, Ľ., Kováčik, M., Petro, M., Vozárová, A., Hrušković, S.†, Knésl, J., Knéslová, A., Kusein, M., Maťová, V. & Tulis, J., 2004: Ložiská nerastných surovín Slovenského rudohoria. Zv. 2. *Bratislava, ŠGÚDŠ, 286.*

Pôvodné práce

Knésl, J., 1970: Metodický postup pri vyhľadávaní ortuťového zrudnenia v Kremnickom pohorí. *Mineralia Slov., 2, 6, 119–123.*

Knésl, J., 1977: Možnosti ověření průmyslových zdrojů monominerálních ortuťových rúd v oblasti středoslovenských neovulkanitů. *Rudy, Praha, 25, 5, 134–139.*

Knésl, J., 1978: Surovinové perspektívy kremnického rudného poľa. *Geol. Průzk., 20, 8, 231–233.*

Knésl, J., 1979: Geologické pomery ložiska ortuťových rúd Veľká studňa. *Mineralia Slov., 11, 4, 327–342.*

KNESL J 1981 Súčasná geologická preskúmanosť zlatonosnosti SSR *In Sbor HPVT - sekce Průzkum. těžba a uprava Au rud. Příbram, 208–220*

KNESL J 1981 Ochrana životného prostredia pri ťažbe ortuťového ložiska Veľká studňa *Mineralia Slov., 13, 2, 163–170*

KNESL J. 1985 The Geology, Position and Prognosis of the Mercury Ores within the Central Slovak Neovolcanic Area *Proceeding Reports of the 13th Congress of KBGA. Poland. Cracow. 17–19.*

KNESL J 1987 Niektoré nové poznatky z gp prác v kremnickom rudnom poli *In sbor Nové trendy v čs. ložiskové geológii. KU Praha. 151–152.*

KNESL. J 1987 História súčasnosť a budúcnosť kremnického rudného rajónu z pohľadu geologickoprieskumnej činnosti *In. Sbor sympózia HPVT. sekce H. Příbram. 179–187*

KNÉSL, J., 1990: The Main Results of the Geochemical Exploration for Gold within the Central Slovac Neovolcanic Area. *International symposium on Geochemical Prospecting, Geological Survey, Prague, 53–54.*

KNÉSL, J., 1992: Occurrences of Disseminated Gold Mineralization in Slovakia. *A Review, Newsletters, IGCP 254 Program, Prague, 40–42.*

KNÉSL, J., 1993 Impregnačné zdroje Au mineralizácie v západných štátoch USA. *Geol. Průzk., 35, 6, 174–177.*

KNÉSL, J., 1994 Prognózne možnosti výskytu Au mineralizácie impregnačného typu na Slovensku. *In: Mineralogie, Geochemie, Životní prostředí, VŠB Ostrava, 40–42.*

KNÉSL, J., 1996: Ložiská, výskyty a indície Au mineralizácie na Slovensku. *In: sbor. Montanisticko-geologické nadace TERRA, Jeseník, 12–16.*

KNÉSL, J., 1998: Drahokovové rudy v SR, súčasný stav prieskumu a ťažby a perspektívy objavov ekonomicky významných ložísk. *In: Zbor. prednášok SBS, Demänovská dolina, 99–110.*

KNÉSL, J., 1999: Zlatonosný potenciál SR z hľadiska súčasnej situácie na svetových trhoch Au. *In: Zbor. prednášok SBS, Demänovská dolina, 100–110.*

KNÉSL, J., 2000: Prehľad a výsledky prieskumných aktivít uskutočnených v kremnickom drahokovovom poli pracovníkmi bývalého geologického prieskumu. *In: Zbor. prednášok SBM, Kremnica, 219–222.*

KNÉSL, J., 2000: Zdroje rúd drahých kovov na Slovensku. *In: Zbor. prednášok SBS, Demänovská dolina, 98–109.*

KNÉSL, J., 2002: Pohronská Polhora-Krátke, nový ložiskový výskyt Au mineralizácie vo veporidách. *In: Zbor. SBS, Demänovská dolina, 15–28.*

KNÉSL, J., 2002: Strieborná mineralizácia na ložisku drahokovových rúd Kremnica. *In: Zbor. SBM, Banská Štiavnica, 131–140.*

KNÉSL, J., 2004: Dva typy Au mineralizácie na lokalite Píla v tribečskom rudnom rajóne. *In: Zbor. prednášok SBS, Demänovská dolina, 162–172.*

KNÉSL, J. & LINKEŠOVÁ, M., 1969: Perspektívy ortuťonosnosti Kremnického pohoria. *Geol. Průzk., 11, 9, 261–264.*

KNÉSL, J., LINKEŠOVÁ, M., BLAŠKO, D., PAŽITNÝ, F. & PRÔČKA, V., 1970: Predbežné výsledky geologického mapovania v okolí Kopernice. *Mineralia Slov., 2, 8, 351–353.*

KNÉSL, J. & LINKEŠOVÁ, M., 1971: Doterajšie výsledky vyhľadávania Hg rúd v Kremnickom pohorí. *Geol. Průzk., 13, 5, 135–137.*

VALACH, J. & KNÉSL, J., 1973: Rudné indície v pohorí Vtáčnik. *Geol. Průzk., 14, 5, 132–134.*

FILO, M. & KNÉSL, J., 1974. Interpretácia výsledkov geofyzikálnych prác v malachovskom ortuťonosnom poli. *Geol. Průzk., 16, 1, 5–8.*

BACSÓ, Z., TOZSER, J., KNÉSL, J. & HUDÁČEK, J., 1978: Prognózy ortuťových rúd na Slovensku. *In: Teoretické základy prognóz nerastných surovín v ČSSR. Zbor. referátov PFKU, Kat. lož. geol., Praha, 110–114.*

KNÉSL, J. & VELKÝ, P., 1984: Rudonosný potenciál kremnického rudného rajónu z hľadiska doterajších výsledkov prieskumných prác. *Geol. Průzk., 26, 7, 228–230.*

BÖHMER, M. & KNÉSL, J., 1984: Ložiská zlata v Západných Karpatoch. *In: Sbor. konference Komplexní výzkum a využití Au-Ag surovín. Jeseník, 20–28.*

KNESL J & BOHMER M 1985 Hlavné metalogenetické typy Au zrudnenia v SSR a ich prognózy *In Zbor sympózia 200. výročie zavedenia nepriamej amalgamácie. ČSVTS Bratislava. 227–235.*

BOHMER M & KNESL J 1985 Hlavné metalogenetické typy Au zrudnenia v Západných Karpatoch *In. Zbor. Zlato v Západných Karpatoch, jeho geochemia, mineralógia, metalogeneza, ložiská. Prednášky zo seminára Donovaly 1985 Bratislava GUDŠ. 11–16.*

KNESL J KNESLOVA A MATOVA V & VELKY P 1986 Ku problematike vyhľadávania medenoporfýrových rúd v SSR *Geol. Průzk., 28, 7*

MATO L HABER M & KNESL J 1987 Výskyt Te minerálov v kremnickom rudnom rajóne *Mineralia Slov., 19, 5, 457–458.*

BURIAN J & KNESL J 1988 Hlavné vysledky a smery geologickoprieskumnej činnosti v oblasti stredoslovenských neovulkanitov *Mineralia Slov., 20, 3, 261–270.*

BOHMER, M., ŠTUBŇA, S. & KNÉSL, J., 1988: Kremnica – Au-Ag, súčasné pohľady na ložisko a jeho ekonomický význam. *Rudy, Praha, 36, 6, 174–178.*

KNÉSL, J., KNÉSLOVÁ, A. & MAŤOVÁ, V., 1989: K možnostiam výskytu Au rúd typu Carlin na území SSR. *Geol. Průzk., 31, 12.*

HVOŽĎARA, P., KNÉSL, J. & MAŤOVÁ, V., 1989: K hlavným výsledkom úlohy Regionálna geochémia Západných Karpát. *Geol. Průzk., 31, 1, 12–15.*

KNÉSL, J. & KNÉSLOVÁ, A., 1991 Súčasný stav poznatkov o geológii, metalogenéze a prognózach rudného rajónu Kremnických vrchov *Mineralia Slov., 23, 4, 283–294.*

KNÉSL, J. & LUKAJ, M., 1992. Možnosti skladovania a definitívneho ukladania vysoko rádioaktívnych odpadov v geologických štruktúrach Slovenska. *In: Sbor sympózia HPVT, sekce Odpady, Příbram, 79–82.*

ORUŽINSKÝ, V & KNÉSL, J., 1992: Indications of Inpregnation Au Mineralization in Razdiel Block of Tribeč Mts., Czechoslovakia. *IAGOD Newsletter 1992, Czech Geological Survey, Prague, 22–23.*

KNÉSL, J. & KNÉSLOVÁ, A., 1993. Možnosti výskytu impregnačných Au ložísk na Slovensku. *Mineralia Slov., 25, 6, 451–460.*

KNÉSL, J. & ORUŽINSKÝ, V., 1994. Perspektívy jednotlivých typov Au mineralizácií na Slovensku. *In: Zbor. prednášok z konferencie o Au, Hodruša, 7–14.*

KNÉSL, J., KUSEIN, M. & MAŤOVÁ, V., 1995: Gold Deposits in the Central Slovakian Neovolcanic Area. *In: J. Pašava, B. Kříbek & Žák (eds.): Mineral Deposits, Balkema, Rotterdam, 129–132.*

KRIŽÁNI, I. & KNÉSL, J., 1995: The Sources of the Precious Metal Ores in Western Carpathians and their Genetical and Technological Classification. *International Conference Precious Metals, Košice.*

MAŤO, Ľ., KNÉSL, J & ROJKOVIČOVÁ, Ľ., 1996 Teluridy v SZ časti hodrušského rudného poľa, neovulkanity stredného Slovenska. *Mineralia Slov., 28, 4, 259–264.*

MAŤO, Ľ. & KNÉSL, J., 1997: Au magnetitový skarn v severnej časti kremnického rudného poľa, neovulkanity stredného Slovenska. *Mineralia Slov., 29, 6, 427–430.*

KNÉSL, J. & KNÉSLOVÁ, A., 1998 Perspektívy Au mineralizácie v Považskom Inovci (venované pamiatke RNDr Stanislava Poláka) *Mineralia Slov., 30, 6, 413–422.*

KNÉSL, J. & KNÉSLOVÁ, A., 1999: Typy Au mineralizácií na Slovensku a možnosti ich využitia. *Mineralia Slov., 31, 3–4, 171–174.*

KNÉSL, J. & KNÉSLOVÁ, A., 2001 Niekoľko poznámok o prospekčných možnostiach šlichovania na Slovensku. *Mineralia Slov., 33, 5, 423–425.*

KNÉSL, J & KNÉSLOVÁ, A., 2002 Pohronská Polhora-Krátke, nový ložiskový výskyt Au mineralizácie vo veporiku. *Mineralia Slov., 34, 1, 19–28.*

KNÉSL, J. & KNÉSLOVÁ, A., 2002. Zlatá mineralizácia v tribečskom rudnom rajóne. *Mineralia Slov., 34, 3–4, 181–190.*

Ostatné príspevky

KNÉSL, J., 1993: RNDr. Ján Valach a súčasná slovenská geológia. *Mineralia Slov., 25, 5, 19–20.*

KNÉSL, J., 1993: Recenzia: Petr Morávek et al., 1992: Zlato v Českém masívu. *Mineralia Slov., 25, 5, Geovestník, 11.*

KNÉSL, J., 1994: Diskusia: O hypertrofii plurálu. *Mineralia Slov., 26, 3, Geovestník, 16.*
KNÉSL, J., 1999: Recenzia: Vivian Danielson & James Whyte: BRE-X: Gold Today, Gone Tomorrow Anatomy of the Busang Swindle. *Mineralia Slov., 31, 1, Geovestník, 4–5.*
KNÉSL, J., 1999: Recenzia: Bayreuther Festspiele 1999. *Mosty, 8, 40.*
KNÉSL, J., 2000: Recenzia. M. G. C. Wilson and C. R. Anhaueusser (ed.) et al. The Mineral Resources of South Africa. *Mineralia Slov., 32, 1, Geovestník, 12.*
KNÉSL, J., 2000: Recenzia. Každý z nich by mohol byť sólistom· Newyorská filharmónia po 70 rokoch opäť v Prahe. *Mosty, 9, 31.*
KNÉSL, J., 2005: Recenzia: P L. Bernstein: Dějiny zlata. *Mineralia Slov., 37, 1, Geovestník, 20.*

Nepublikované práce

KNÉSL, J., FLIMMEL, J. & BARKÁČ, Z., 1964. Badín – Skalica, stavebný kameň. Záverečná správa s výpočtom zásob k 1. 5. 1964. *Manuskript – archív ŠGÚDŠ Bratislava.*
KNÉSL, J., et al., 1965: Tisovec – vápenec, ťažobný prieskum. Záverečná správa s výpočtom zásob. *Manuskript – archív ŠGÚDŠ Bratislava.*
KNÉSL, J., LUKAJ, M. & LINKEŠOVÁ, M., 1973: Kremnické pohorie – Hg rudy, VP. Záverečná správa o stave prieskumných prác k 31 12. 1972. *Manuskript – archív ŠGÚDŠ Bratislava.*
KNÉSL, J., KNÉSLOVÁ, A. & VEDEJOVÁ, M., 1976: Kremnické pohorie II – VP, Hg rudy. Záverečná správa o stave prieskumných prác k 30. 9. 1976. *Manuskript – archív ŠGÚDŠ Bratislava.*
KNÉSL, J., BURIAN, J. & ČILLÍK, I., et al., 1980: Štúdia Slovensko Au. Inventarizácia výskytov a prognózy Au v SSR. *Manuskript – archív ŠGÚDŠ Bratislava.*
KNÉSL, J., KNÉSLOVÁ, A. & LUKAJ, M., et al., 1981: Veľká studňa – VP, Hg rudy. Záverečná správa a výpočet zásob so stavom k 31 12. 1980. *Manuskript – archív ŠGÚDŠ Bratislava.*
KNÉSL, J., KNÉSLOVÁ, A. & LUKAJ, M., et al., 1982: Veľká studňa – VP, Hg rudy. Záverečná správa a výpočet zásob so stavom k 31 9. 1982. *Manuskript – archív ŠGÚDŠ Bratislava.*
KNÉSLOVÁ, A., KNÉSL, J., VELKÝ, P. & LUKAJ, M., 1983: Malachovské pole – VP, Hg rudy. Záverečná správa so stavom k 30. 6. 1983. *Manuskript – archív ŠGÚDŠ Bratislava.*
BURIAN, J., GAVORA, S. & KNÉSL, J., 1984: Stredoslovenské neovulkanity – prognózy rudných surovín. Záverečná správa. *Manuskript – archív ŠGÚDŠ Bratislava.*
KNÉSL, J. & MAŤOVÁ, V., 1986: Regionálna geochémia Západných Karpát. Prepracovaná záverečná správa. *Manuskript – archív ŠGÚDŠ Banská Bystrica.*
MAŤOVÁ, V., KNÉSL, J., MAKUŠA, M. & DVORŠŤÁK, J., 1989: Uderina – Lovinobaňa, Hg, Ag rudy, vyhľadávací prieskum. Záverečná správa. *Manuskript – archív ŠGÚDŠ Bratislava, 136.*
KNÉSL, J., DVORŠŤÁK, J., KNÉSLOVÁ, A., MAŤOVÁ, V., MINKO, J & ŠUCHOVÁ, M., 1990: Kremnica – VP, Au-Ag rudy: Záverečná správa a výpočet zásob so stavom k 30. 6. 1990. *Manuskript – archív ŠGÚDŠ Bratislava.*
SLAVKAY, M., KNÉSL, J., ČILLÍK, J., BLÁHA, M., BIELY, A., VYBÍRAL, V., MAAR, S. & BEŇKA, J., 1990: Regionálna mapa ložísk a prognóz rudných surovín okolia Banskej Bystrice, M 1 50 000. *Manuskript – archív ŠGÚDŠ Bratislava, 269.*
SLAVKAY, M., BEZÁK, V., BEŇKA, J., FILO, M., KNÉSL, J., KUSEIN, M., MAŤOVÁ, V & PETRO, M., 1990 Prognózne zhodnotenie rudných surovín Z časti Slovenského rudohoria. Čiastková záverečná správa. *Manuskript – archív ŠGÚDŠ Bratislava, 72.*
KNÉSL, J. & LUKAJ, M., 1991· Štúdia výberu lokalít pre dlhodobé sledovanie vyhoreného jadrového paliva z jadrových elektrární Slovenskej republiky. Záverečná správa so stavom k 31 8. 1991 *Manuskript – archív ŠGÚDŠ Bratislava, 204.*
MOLÁK, B., BEGAN, G., BUJNOVSKÝ, A., ĎURKOVIČ. T., ELEČKO, M., GARGULÁK, M., GRECULA, P , HÓK, J., KHUN, M., KNÉSL, J., MIKO, O., POLÁK, M., PULEC, M., RADVANEC, M., ROJKOVIČ, I., SIRÁŇOVÁ, Z., SLAVKAY, M., SNOPKO, L., SNOPKOVÁ, P., ŠIRÁŇOVÁ, V., TURAN, J., TURANOVÁ, L. & VOZÁROVÁ, A., 1993: Surovinový potenciál uhlíkatých formácií. *Manuskript – archív ŠGÚDŠ Bratislava, 577.*
SMOLKA, J. & KNÉSL, J., 1993: Prognózne zdroje nerastných surovín SR – stredoslovenské neovulkanity. Rudné suroviny, 2. etapa. Záverečná správa. *Manuskript – archív ŠGÚDŠ Bratislava, 185.*
MAŤOVÁ, V., KUSEIN, M., KNÉSL, J., MAŤO, Ľ., KOMOŇ, J., ADAMJAK, M., KOVANIČOVÁ, Ľ. & PRČINA, R. 1994: Záverečná správa Uderina II, VP; Au, Hg rudy. *Manuskript – archív AuREX TRADE, s. r. o., Banská Bystrica, archív ŠGÚDŠ Bratislava, 93.*
KNÉSL, J. & KNÉSLOVÁ, A., 1995: Slovensko – impregnačné Au rudy v silicifikovaných horninách. Štúdia, stav k 31 3. 1995. *Manuskript – archív AuREX TRADE, s. r. o., Banská Bystrica, 227.*
KNÉSL, J. & KNÉSLOVÁ, A., 1996: Pohronská Polhora – Tisovec – VP, Cu-Mo-Au-Ag rudy. Záverečná správa so stavom k 30. 9. 1996. *Manuskript – archív AuREX TRADE, s. r. o., Banská Bystrica, 70.*
KNÉSL, J. & KNÉSLOVÁ, A., 1997: Zlatníky – VP, Au rudy. Záverečná správa so stavom k 30. 9. 1997 *Manuskript – archív AuREX TRADE, s. r. o., Banská Bystrica, 94.*
KNÉSL, J. & KNÉSLOVÁ, A., 2000a. Uderina, VP, Au-Ag rudy. *Manuskript – archív ETC, Bratislava, 78.*
KNÉSL, J. & KNÉSLOVÁ, A., 2000b: Veľké Pole-Sokolec, VP, Au-Ag rudy. Záverečná správa so stavom k 31 10. 1997 *Manuskript – archív GRRS, 18.*
KNÉSL, J. & KNÉSLOVÁ, A., 2000c: Píla – Veľké Pole, VP, Au-Ag rudy. Záverečná správa so stavom k 31 1 1999. *Manuskript – archív GRRS, 30.*
KNÉSL, J. & KNÉSLOVÁ, A., 2004. Tribeč-Razdiel (Au mineralizácia). Záverečná správa z geologickej úlohy, stav k 31 5. 2004. *Manuskript – archív Geo Technic Consulting, Bratislava, 88.*

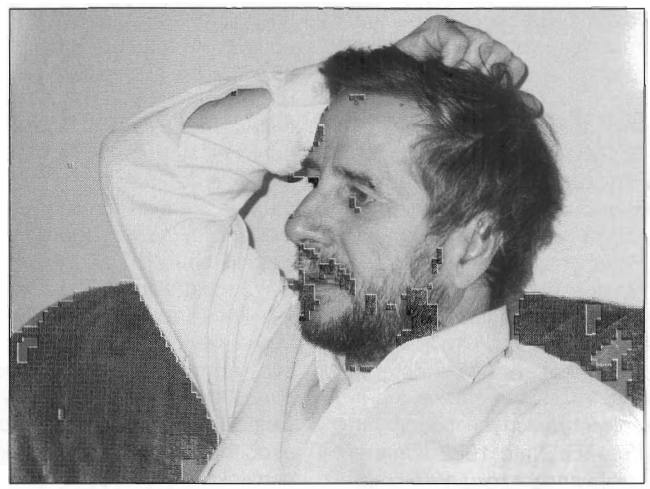
Martin Chovan šesťdesiatročný

Prof. RNDr Martin Chovan, CSc., oslávil v tomto roku okrúhle narodeniny. Narodil sa 4. februára 1946 v Bratislave a tam absolvoval základnú aj strednú školu. Geológiu študoval na Prírodovedeckej fakulte UK a štúdia zavŕšil v roku 1968 diplomovou prácou *Minerály rozsypov z oblasti masívu Hrončok* pod vedením doc. RNDr. Pavla Hvožďaru, CSc. Po štúdiách pokračoval v práci na katedre mineralógie a kryštalografie tej istej fakulty a pod vedením toho istého školiteľa obhájil rigoróznu prácu *Štúdium ťažkých minerálov z oblasti masívu Hrončok*. Školiteľom jeho ašpirantskej práce *Mineralógia antimonitového ložiska Dúbrava,* ktorou v roku 1979 získal vedecký titul CSc., bol prof. RNDr. Miroslav Koděra, CSc.

Jubilantov záujem o mineralógiu a metalogenézu hydrotermálnych mineralizácií pretrval aj do nasledujúcich desaťročí, keď na Katedre mineralógie a petrológie Prírodovedeckej fakulty UK obhájil habilitačnú prácu (1989) a inauguračnú prednášku (2003).

Profesionálna dráha prof. RNDr. Martina Chovana, CSc., sa do veľkej miery spája s Prírodovedeckou fakultou UK, aj keď jeho prvým pracoviskom v rokoch 1968–1970 bol Geologický

ústav Dionýza Štúra v Bratislave. Od roku 1970 pôsobil na spomínanej fakulte ako odborný asistent, docent, profesor, vedúci katedry, zástupca vedúceho katedry, vedúci geologickej sekcie a prodekan pre vedeckovýskumnú činnosť. Okrem toho dlhodobo pracoval v Mongolsku (v rokoch 1973–1975 a 1981–1984) a zúčastnil sa na vyhľadávaní vysokotermálnej mineralizácie Sn, W, Mo, Be a Cu-Mo porfýrových ložísk. Do Mongolska sa nedávno (2005) vrátil v rámci projektu na vyhľadávanie rúd Pt kovov a prvkov vzácnych zemín.



Martin Chovan je vynikajúci odborník so širokým rozhľadom a záberom v celom spektre vedy, ale zároveň aj s hlbokým a pedantným prístupom vo svojom odbore. Dobre známa je jeho dlhoročná práca týkajúca sa vzniku a vývoja hydrotermálnych mineralizácií, najmä Sb, v Nízkych Tatrách a v Malých Karpatoch. Jubilant sa tvrdošijne nepridŕža jednej metódy, ale všíma si pokrok vo vedeckom svete. Nové trendy a postupy vždy zakomponúval do svojej práce, čím výrazne obohatil slovenskú geológiu, najmä mineralógiu. Popri štúdiu minerálneho zloženia rúd a pri objasňovaní ich genézy používal aj fluidné inklúzie, hydrotermálne alterácie, stabilné a rádiogénne izotopy a zostavil súhrnný genetický model hydrotermálnej mineralizácie tatrika Západných Karpát. Pozornosť obrátil aj na výskum vplyvu banskej činnosti na životné prostredie, a to najmä na lokalite Pezinok-Kolársky vrch. Okrem západokarpatských rudných mineralizácií vo veľkom rozsahu študoval aj ložiská rúd v Mongolsku, kde so spolupracovníkmi určil zákonitosti rozmiestnenia výskytov W-Sn-Be ložísk a alunitovej a Cu porfýrovej mineralizácie.

Je autorom alebo spoluautorom 75 recenzovaných odborných štúdií, ktoré boli citované takmer 300-krát. Prednášal na mnohých domácich a zahraničných konferenciách. Úplný zoznam jubilantových publikácií je na internetovej stránke http://edo.uniba.sk:8000/cgi-bin/gw_45_1e/chameleon

Okrem odborných a konferenčných príspevkov sa významne zaslúžil aj o vznik niekoľkých knižných publikácií. Roku 1994 spolu s M. Háberom, S. Jeleňom a I. Rojkovičom zostavil monografiu *Ore Textures in the Western Carpathians*, ktorá detailne opisuje textúry rúd západokarpatských mineralizácií a predkladá ich genetickú interpretáciu. Monografia si právom vyslúžila uznanie nielen u nás, ale aj v zahraničí. V kolektíve pod vedením prof. M. Koděru intenzívne spolupracoval na príprave troch dielov *Topografickej mineralógie Slovenska* (1986, 1990, 1990), ktorá sa stala neodmysliteľným zdrojom informácií pre slovenských mineralógov a geológov. Je tiež spoluautorom populárno-vedeckej publikácie *Zlato na Slovensku* (2004), ktorá získala prémiu Literárneho fondu za vedeckú a odbornú literatúru za rok 2004 v kategórii prírodných a technických vied.

Martin Chovan je známy nielen ako vynikajúci špecialista, ale rovnako aj ako neúnavný a znamenitý pedagóg. Študentov vzdeláva v *odrazovej mikroskopii, systematickej mineralógii, základoch mineralógie, aplikovanej mineralógii a petrografii, genetickej mineralógii, textúrach a štruktúrach rúd, v mineralógii sulfidov* a prednáškami prispieva do mnohých ďalších disciplín. Mimoriadnu pozornosť si zaslúži spôsob, akým jubilant pristupuje k študentom v pedagogickej práci, či už ide o prednášky, cvičenia, terénne práce alebo o individuálnu prácu s diplomantmi a doktorandmi. Jeho priateľský a férový postoj, odborný nadhľad, široké a hlboké vedomosti, ako aj prepotrebná dávka trpezlivosti sú vlastnosti, ktoré si študenti cenia najväčšmi. Dovolím si tvrdiť, že jeho výnimočnému pedagogickému štýlu vďačia mnohí – vrátane mňa – za to, že sa dodnes s radosťou venujú mineralógii. Mnohých dokázal pritiahnuť do vedy, povzbudiť, nadchnúť a inšpirovať. O tvrdú prácu či veselé príhody s jubilantom nebola nikdy núdza a na oboje sa spomína rovnako dobre.

Martin Chovan vytvoril vedeckú školu ako máloktorý odborník v geovedách na Slovensku. Vychoval asi tridsať diplomantov a šesť doktorandov, v súčasnosti školí ďalších štyroch doktorandov a množstvo diplomantov. Mnohí z jeho študentov sa uplatnili profesionálne v rozličných oblastiach geovied, a to či už na akademickej pôde, vo firmách alebo v štátnych inštitúciách. Je aj členom štátnicových komisií a garantom 2. a 3. stupňa vysokoškolského štúdia v odbore *mineralógia*.

Bohatú odbornú prácu a plodnú pedagogickú činnosť Martina Chovana dopĺňajú aktivity napomáhajúce rozvoj mineralógie ako vedy na domácej aj medzinárodnej scéne. Bol alebo je členom geochemicko-mineralogickej skupiny *Slovenskej geologickej spoločnosti*, národného výboru *IAGOD*, národným reprezentantom v *Medzinárodnej mineralogickej asociácii*, predsedom redakčnej rady časopisu *Acta geologica UC* a členom redakčnej rady periodika *Geologica Carpathica*. Organizoval alebo spoluorganizoval rad konferencií a pracoval ako redaktor ich zborníkov – *Historické aspekty geologického a montanistického výskumu v Nízkych Tatrách* (Magurka 1997), *Zlato na Slovensku* (Banská Štiavnica 1999), *Európske ložiská striebra a vplyv ich ťažby na životné prostredie* (Banská Štiavnica 2002), *Carpathian Geology 2000* (Smolenice 1999), *XVII. kongres CBGA* (Bratislava 2002), *Minerals of Carpathians* (Miškovec 2000, 2003, 2006) a *1. stredoeurópska mineralogická konferencia* (Vyšná Boca 2006).

Záverom by som chcel Martinovi za všetkých kamarátov, kolegov, spolupracovníkov a študentov poďakovať za jeho prínos do slovenskej mineralógie, za jeho priateľský vzťah a zároveň mu zaželať do ďalších rokov veľa tvorivých síl, zdravia a osobnej spokojnosti.

J. Majzlan

RNDr. Petr Morávek sedemdesiatročný

RNDr. Petr Morávek, popredný český (a do roku 1993) i československý ložiskový geológ, sa narodil 30. septembra 1936 v Jílovom u Prahy Po úspešných štúdiách na Prírodovedeckej fakulte Karlovej univerzity v roku 1959 pracoval ako hlavný geológ vtedajšieho závodu Rudné doly v Jílovom u Prahy vtedy jedinom ťaženom ložisku zlata v Českom masíve. Problematike ložísk zlata sa venuje celú mimoriadne plodnú a úspešnú odbornú kariéru

V 70. rokoch uplynulého storočia jubilant pracoval v š. p. Geoindustria Praha, inicioval a viedol obnovu prieskumu ložísk zlata v Českej republike V rámci týchto prác sa najväčšmi zaslúžil o objavenie najväčšieho českého ložiska zlata Mokrsko--Psí hory s kapacitou presahujúcou 100 t povrchovo ťažiteľného zlata, ktoré patrí medzi najväčšie ložiská zlata v Európe. Ložisko je, žiaľ, v prímestskej rekreačnej oblasti Prahy, ktorá je navyše zdrojom pitnej vody pre hlavné mesto ČR a preto jeho otvorenie v najbližšej budúcnosti nie je reálne. Spolu s prof. RNDr. Zdeňkom Poubom, DrSc., v tom období spracoval novú a doteraz aktuálnu koncepciu metalogenézy zlata v Českom masíve a prezentoval ju na mnohých domácich aj zahraničných odborných sympóziách, okrem iného i na konferencii Zlato 1982 konanej v zimbabwianskom Harare. Po revolúcii koncom roku 1989 založil firmu AuREA, bol jej majiteľom a pracoval ako vedúci organizačnej zložky v ČR pre veľkú medzinárodnú spoločnosť Rio Tinto. V súčasnosti je predsedom asociácie České zlato, ktorá združuje všetky spoločnosti zaoberajúce sa prieskumom, ťažbou a spracúvaním zlata v celej ČR. Počas svojej kariéry mal jubilant možnosť zoznámiť sa s mnohými zlatonosnými ložiskami v Európe (Francúzsko, Nemecko, Portugalsko) i v zámorí (Kanada, USA, Brazília, Zimbabwe, Austrália a i.). Strávil niekoľko rokov na dlhodobých zahraničných stážach a expertízach (Portugalsko, Kanada a i.). Výsledky svojich prác publikoval na zahraničných (Brazília, Austrália a i.) aj domácich odborných sympóziách Je autorom mnohých vedeckých prác a článkov (pripomínam jeho aktívnu účasť na konferencii Zlato na Slovensku v roku 1999 v Banskej Štiavnici) a hlavným autorom vynikajúcej monografie o českom zlate *Zlato v Českém masívu* (Petr Morávek et al., 1992), ako i populárno-odbornej vyčerpávajúcej monografie o jeho srdcovej záležitosti a láske – *Jílovské zlaté doly* (Petr Morávek a Jiří Litochleb, 2002), charakteristickej aj vynikajúcou grafickou úpravou a unikátnou fotodokumentáciou (ale aj tužkovými dobovými štúdiami z baníckeho prostredia z pozostalosti jeho otca pána Petra Morávka).

Dr. Morávka poznám už desiatky rokov a stretnutia s ním boli pre mňa vždy inšpirujúce, a to najmä z odbornej stránky, pretože vždy som si z našich rozhovorov odnášal cenné podnety pre prácu a vždy som v ňom videl pre mňa nedosiahnuteľný vzor

Spomienky naňho sú nezabudnuteľné aj inak. Spomínam si na odborný seminár o nerastných surovinách Afriky, ktorý sa konal 20.–22. novembra 1989 v Libliciach v severných Čechách, keď sme večer spolu s ďalšími účastníkmi pozerali prvé televízne necenzúrované prenosy z Prahy, ktoré boli predzvesťou konečného pádu totality. Spomínam si na nezabudnuteľné stretnutie 25 mája tohto roku v jeho rodisku a pôsobisku v Jílovom u Prahy, keď nás (navštívil som ho s kolegom Pavlom Luptákom) nielen podrobne zoznámil s históriou tamojšieho zlatonosného baníctva, stopami po ňom a s jílovským múzeom zlata vybudovaným z jeho iniciatívy a za jeho aktívnej účasti, ale predniesol nám vo svojom dome na klavíri Ježkovu skladbu Bugatti step. Nehanbím sa povedať, že sú to povznášajúce spomienky! Na také chvíle sa, skrátka, nezabúda.

Osobitne vrelý je vzťah jubilanta k Slovensku Slovenskú ložiskovú geológiu mal vždy rád, vždy sa zaujímal o problematiku slovenského zlata a vždy ochotne odborne poradil. Na Slovensko rád chodieval, dobre pozná nielen slovenské zlatonosné bane, ale aj slovenské hory Tento jeho vzťah sa po rozpade Československej republiky ešte prehĺbil V poslednom čase si osobitne obľúbil malé stredoslovenské kúpele Sklené Teplice neďaleko Banskej Štiavnice a pravidelne ich aj s manželkou Jitkou navštevuje. Spolupracuje s naším popredným banským historikom Ing. Ladislavom Sombathym.

Keď hovoríme o jubilantovom doterajšom živote, nemôžeme obísť ani jeho už spomenutú lásku k hudbe. Je osobným priateľom známeho českého skladateľa Zdeňka Lukáša. Lukášove skladby, hlavne sakrálne oratóriá, sa hrajú po celom svete a jubilant pravidelne navštevuje premiéry jeho diel v ČR (tohtoročná Pražská jar).

Keď som si prezeral jubilantovu mimoriadne bohatú bibliografiu, všimol som si, že svoj prvý článok – *Vizmutové minerály ze Šlojířské žíly v oblasti dolu Pepř u Jílového* publikoval ešte ako študent Karlovej univerzity v roku 1956 vo vtedajšom celoštátnom odbornom periodiku Časopis pro mineralogii a geologii. Od jeho zverejnenia ubehlo neuveriteľných päťdesiat rokov!

Přeji Ti, Petře, spolu s celou slovenskou odbornou geologickou veřejností mnoho zdraví a pracovních i osobních úspěchů v dalších letech. Jsme šťastni, že můžeme Tvé vzácné jubileum oslavit spolu s Tebou na našem odborném semináři, vyslechnout si Tvou zajímavou a podnětnou přednášku České zlato na počátku 3. tisíciletí (mimochodem, otázka averze vůči hornictví se stáva aktuální i u nás) a společně si přát, abychom se ještě mnohokrát viděli. Ještě jednou všechno nejlepší!

J. Knésl

Ar-Ar datovanie – jeho princípy a možnosti využívania v Stredoeurópskom Ar laboratóriu (CEAL) Geologického ústavu Slovenskej akadémie vied

Leonard Zahradník
Geologický ústav SAV Dúbravská cesta 9, 840 05 Bratislava, geochronology@savba.sk

Úvod

Geochronologické štúdium hornín patrí medzi najdôležitejšie metódy geologického výskumu. Ar/Ar metóda je jednou z klasických metód izotopového datovania minerálov a hornín a pre širokú aplikovateľnosť a relatívnu nenáročnosť sa zaraďuje medzi veľmi často používané metódy geochronologického bádania.

Metóda $^{40}Ar/^{39}Ar$ geochronologického datovania má korene v klasickej K-Ar metóde datovania a zakladá sa na rozpade prírodného rádioaktívneho izotopu ^{40}K s polčasom rozpadu 1250 miliónov rokov.

Izotop ^{40}K má dvojitý rozpad na ^{40}Ca a ^{40}Ar a vzniknutý rádiogénny $^{40}Ar^*$ je základom Ar-Ar datovania. Meranie množstva materského ^{40}K a dcérskeho $^{40}Ar^*$ vo vzorke so známou rýchlosťou rozpadu ^{40}K na $^{40}Ar^*$ umožňuje pri K-Ar metóde vypočítať vek odrážajúci čas vzniku resp. schladnutia horniny. Tieto zložky sa pritom merajú oddelene a s veľkou presnosťou stanovenia K aj Ar. Metóda Ar-Ar má oproti konvenčnej metóde K-Ar niekoľko výhod. Jednou z nich je, že sa K aj Ar analyzujú v jednej vzorke a že treba zmerať len izotopové pomery Ar, a preto je problém nehomogenity vzoriek a potreba merať absolútnu koncentráciu K a Ar eliminovaný, a tak je metóda vhodná na datovanie veľmi malých a vzácnych vzoriek hornín a minerálov.

Metóda Ar-Ar datovania je založená na presnom meraní izotopového pomeru $^{40}Ar^*/^{39}Ar$, kde ^{39}Ar vzniká rozpadom izotopu ^{39}K pri ožiarení vzorky v reaktore a $^{40}Ar^*$ prirodzeným rozpadom ^{40}K počas existencie horniny. Na základe zmeraného pomeru $^{40}Ar^*/^{39}Ar$ v analyzovanej vzorke a v štandarde známeho veku sa potom počíta vek vzorky.

Izotopový pomer $^{40}Ar^*/^{39}Ar$ sa meria hmotnostným spektrometrom. Pri postupnom zohrievaní sa zo vzorky uvoľňujú plynné fázy vrátane Ar. Po odstránení ostatných fáz sa Ar ionizuje bombardovaním elektrónmi. Výsledné pozitívne nabité ióny sa urýchľujú elektromagnetom, ktorý tiež oddeľuje ťažšie a ľahšie izotopy. Hmotnostný spektrometer využíva elektronické metódy detekcie jednotlivých iónov. Zistený izotopový pomer $^{40}Ar^*/^{39}Ar$ sa potom použije na výpočet veku vzorky.

Príprava vzoriek na Ar-Ar datovanie

Pri Ar-Ar geochronologickom datovaní je jedným z dôležitých procesov príprava vzoriek. Je náročná na čas a vyžaduje maximálnu pozornosť. Veľmi dôležitá je čistota a rovnomerná zrnitosť analyzovaných vzoriek. Kým amfibol z obohatených vzoriek treba separovať ručne, pri separácii sľudy sú vhodnejšie mechanické metódy (gravitačná a magnetická separácia). Na prečisťovanie obohatených vzoriek (najmä sľudy) je vhodné „mokré" drvenie v achátovej miske. Podrobný postup a odporúčania na separáciu a prípravu vzoriek na Ar/Ar datovanie v Stredoeurópskom argónovom laboratóriu (Central European Ar-Laboratory = CEAL) uvádza Frank (2004).

CEAL – Stredoeurópske geochronologické laboratórium

CEAL v Bratislave vzniklo v roku 2004 po presunutí z Geocentra vo Viedni a rutinné geochronologické Ar/Ar meranie sa v ňom začalo po niekoľkých mesiacoch zdokonaľovania laboratórnych podmienok v roku 2005.

Vybavené hmotnostným spektrometrom VG 5400 a špeciálnou linkou na získavanie Ar zo vzoriek je CEAL schopné presne Ar/Ar geochronologicky datovať rozličné typy geologických vzoriek. Spektrometer využíva tri kolektory s rozdielnou rozlišovacou schopnosťou a citlivosťou s detekčným limitom pre ^{40}Ar približne 1×10^{-13} mbar ($\approx 2 \times 10^{-16}$ g).

Linka na získavanie a čistenie Ar je plnoautomatická, riadená počítačom a umožňuje kontinuálne merať až 50 vzoriek bez narušenia vákua. Zohrievanie, čistenie plynu a meranie, ako aj výmena meraných vzoriek sa môžu vykonávať automaticky a kontrolovať prostredníctvom počítačovej siete.

Recenzie

J. Sejkora a J. Kouřimský: **Atlas minerálů České a Slovenské republiky.** 1. vyd. Praha, Academia 2005. 376 s.

Recenzovaná monografia vyšla v edícii atlasov prírodnín vo vydavateľstve Academia a obsahuje prehľad takmer polovice doteraz opísaných minerálnych druhov vyskytujúcich sa v Českej a Slovenskej republike (spolu 565 druhov) z približne 1200 lokalít. Publikácia v knižnej podobe má primeraný rozsah, kvalitnú tvrdú väzbu, kriedový papier a praktický formát veľkosti zhruba A5. Väčšinu opisovaných minerálov dokumentuje 534 farebných fotografií, ktoré zaberajú asi polovicu diela. Tak po mnohých rokoch má čitateľ k dispozícii ucelený atlas minerálov dvoch republík.

V opisnej časti publikácie sa vždy uvádza vzorec príslušného minerálu, stručne, no výstižne jeho základné chemické a fyzikálne vlastnosti, spôsob vzniku, výskyt a napokon lokality jeho výskytu v Čechách a na Slovensku, pri vzácnych mineráloch všetky doteraz známe, pri bež-

nejších aspoň najdôležitejšie. Osobitne treba vyzdvihnúť, že sa slovenské názvy minerálov uvádzajú podľa najnovšej platnej terminológie (napr. barit, manganocolumbit a i.).

Farebné fotografie minerálov – ich autorom je J. Sejkora – majú – okrem výnimiek – vysokú technickú, dokumentačnú aj estetickú úroveň (nevydarila sa napr. fotografia muskovitu z Kutnej Hory, lebo jeho čierna farba pripomína skôr biotit). Kladom je aj to, že ide o nové, originálne fotografie, často vzácnych a iba nedávno opísaných, spravidla mikroskopických minerálov. Mnohé z nich má aj skúsený čitateľ možnosť vidieť prvý raz (napr. brandholzit a schafarzikit z Perneka, goldmanit z Pezinka, šreinit z Hornej Halže či rossmanit z Rožnej). Minerály sú zoradené podľa rešpektovaného mineralogického systému H. Strunza a E. Nickela (2001). V atlase sú aj stručné úvodné kapitoly o vlastnostiach minerálov, ich vzniku a o výskytoch. Jeho súčasťou je aj prehľad použitej aj odporúčanej literatúry, register minerálov aj lokalít.

V monografickom diele je aj niekoľko faktografických chýb týkajúcich sa minerálov zo Slovenska. Napr. gahnit nebol opísaný z granitoidov pri Modre (s. 106), z pegmatitu z Moravian nad Váhom áno, no nie ako kryštály veľké až do 4 mm (s. 134). Chýba aspoň zmienka o ferocolumbite, ktorý je oveľa častejší v pegmatitoch v Českej aj Slovenskej republike, a rovnako aj o významnom výskyte ferberitu resp. volframitu z kremenných žíl v Rochovciach a Ochtinej (s. 132). Výskyt pyrochlóru z pegmatitov v okolí Bratislavy je problematický (s. 139). Nie sú opísané ani kryštály xenotímu veľké až 2 mm z pegmatitov Bratislavy a Vysokých Tatier (s. 216). Chýbajú fotografie typického kryštalického magnezitu zo Slovenského rudohoria, ako aj svetoznáme kryštály aragonitu z Podrečian. Písekit nie je minerálny druh uznaný IMA. To autori uvádzajú (s. 132), ale práve preto je nepochopiteľné, že ho do atlasu zaradili. Termíny *obecný* a *čedičový amfibol* sú už zastarané. Bolo treba uprednostniť magneziohornblend a kaersutit aj v nadpise druhov, nie iba v texte a vytlačené drobným písmom (s. 300). Grosulár, diopsid a wollastonit sa vyskytujú na Dolinkovskom vrchu, nie v Dolinkovskom potoku (s. 270, 294 a 302; správne sa to uvádza pri opise vesuvianitu). Ortoklas sa v pegmatitoch Malých Karpát (Lamač, Rača) nevyskytuje v drúzach kryštálov a navyše ide skôr o mikroklín (s. 326). Nedostatkom je aj to, že sa čitateľ nedozvie, aké minerály sú vyfotografované na prednej a zadnej strane väzby.

Napriek spomenutým chybám a niekoľkým nepresnostiam je recenzovaná publikácia hodnotným a prepotrebným príspevkom do topografickej mineralógie Českej a Slovenskej republiky, a preto ju odporúčame mineralógom špecialistom, študentom, ako aj zberateľom českých a slovenských minerálov a záujemcom o ne.

P. Uher

L. Illášová a I. Turnovec: **Úvod do gemológie.** Vysokoškolské skriptá na štúdium technickej mineralógie – gemológie. I. diel. 1. vyd. Nitra, Univerzita Konštantína Filozofa 2004. 103 s.

Predkladané učebné texty majú slúžiť študentom špecializácie gemológia na oboznámenie so základmi tohto vedného odboru, ktorý jednoznačne leží medzi tzv. čistou vedou a praxou. Skriptá som si kúpil a potešil som sa, že pokryjú oblasť, v ktorej kvalitná slovenská učebnica doteraz chýba. Moju radosť však rýchlo vystriedalo sklamanie, ba zhrozenie nad ich úrovňou. Napriek tomu, že jedna recenzia skrípt už vyšla (autor M. Barok), považujem za potrebné poukázať na ich závažné nedostatky znova. Podľa môjho názoru tieto skriptá nepatria do rúk nijakého študenta. Uvediem len niekoľko príkladov, ako sú tieto „učebné texty" napísané.

Neuveriteľný je názov „molybdenit lítnatý" (s. 41), pod ktorým autori mali zrejme na mysli molybdénan lítny. Prípona -natý sa používa na označenie iónov s oxidačným stavom +2. Predstava zlúčeniny dvojmocného lítia je sama osebe dosť zaujímavá, ale čo je to „molybdenit" v rámci slovenského chemického názvoslovia, zostáva naozaj záhadou. Rovnako nie je „stronciumtitanát" vhodný výraz na opis chemického zloženia podľa slovenského názvoslovia, podobne ako aj „zirkónia".

Je zaujímavé, že sa medzi elementárne častice dostali protóny, neutróny a neutrína, ale elektróny už nie. Zrejme nie sú až také dôležité.

Niektoré obrázky boli do skrípt prebraté zo zahraničnej literatúry bez citácie pôvodného diela a zjavne bez povolenia vydavateľstva alebo autora, čo je nielen nevhodné, ale aj neetické a protizákonné. Príkladom je obr. 35, ale možno aj ďalšie. Obr. 25 je v češtine.

Slovenskí študenti češtine nepochybne porozumejú, ale slovenské učebné texty by mali byť celé v slovenčine, nie v inom jazyku, a to bez ohľadu na to, o aký cudzí jazyk ide.

Mätúca je veta „u skiel je postavenie atómov voči sebe voľnejšie, nepravidelnejšie a väčšia je tiež ich vzdialenosť." V SiO_2 skle je vzdialenosť Si – O rovnaká ako v kremeni, pretože tetraédre SiO_4 sú voči deformácii veľmi odolné (rigidné).

Neuveriteľné je tvrdenie, že „na základe týchto poznatkov [o osových krížoch] minerály boli zaradené do 7 základných typov priestorových mriežok – kryštalografických sústav." Tvrdenie, že priestorové mriežky sú zhodné s kryštalografickými sústavami, je neslýchané. Autori používajú termíny „trojklonná, jednoklonná" atď. sústava, ktoré sa v slovenskom odbornom názvosloví už dávno nepoužívajú.

Zarážajúce je aj tvrdenie, že „hustota je nepomenované číslo." Autori zrejme chceli napísať „bezrozmerná veličina". Hustota – napriek tvrdeniu autorov – jednotky má, a to g/cm^3, kg/m^3 atď. Bezrozmerná veličina príbuzná hustote je merná hmotnosť.

Dalo by sa pokračovať ďalej, ale nemá to zmysel. Chyby sú všade a z textu priam kričia.

Použitá literatúra je neúplná. V poslednom odseku autori odkazujú na skriptá Rösslera a kol. (bez udania roku vydania), no tie v zozname literatúry nie sú. Vrcholom všetkého je citácia „Klíma 1988:", ktorá je v zozname literatúry uvedená nekompletne, čo znamená, že ju autori mali stále na očiach, ale nepovažovali za vhodné doplniť ju. Za takéto chyby sa študentom vracajú aj seminárne práce! Ako mohli vyjsť skriptá s nekompletnou literatúrou, keď o jej neúplnosti autori vedeli?

Celkovo treba konštatovať, že „učebné texty", o ktorých je reč, sú úbohé. Všadeprítomné preklepy a gramatické chyby, lajdácky napísané (alebo skôr nenapísané) slová a vety len dopĺňajú celkový kolorit tohto diela. Z odbornej stránky sú skriptá slabučké a do každej problematiky načrú len máličko. Autori na niekoľkých miestach oznamujú, že budú nasledovať ďalšie skriptá. Nie je mi celkom jasné, načo potrebujeme niekoľko dielov takéhoto odpadu namiesto jednej kvalitnej práce. České príručky určené ako doplnková literatúra na výučbu prírodných vied a laickej verejnosti sú na oveľa, oveľa vyššej úrovni (napr. V. Bouška, J. Kouřimský, 1979: Atlas drahých kamenů. Praha, Státní pedagogické nakladatelství). Úroveň „učebných textov" Úvod do gemológie je katastrofálna a každý študent by sa im mal zďaleka vyhnúť. Autori nesprávne operujú so základnými výrazmi z anorganickej chémie, kryštalografie, mineralógie a z ďalších oblastí. Záverom sa preto natíska otázka: Akých odborníkov môže produkovať škola, ktorá svojim študentom ponúka takýto materiál na učenie?

J. Majzlan

Mineralia Slovaca

Časopis pre regionálnu a environmentálnu geológiu
a aktivity Slovenskej geologickej spoločnosti a geologických asociácií

Vedúci redaktor – Chief editor
ZOLTÁN NÉMETH
Štátny geologický ústav Dionýza Štúra
Regionálne centrum Košice
Jesenského 8, 040 01 Košice, Slovakia

REDAKČNÁ RADA – EDITORIAL BOARD

Predseda – Chairman
MICHAL KALIČIAK
Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava

VLADIMÍR BEZÁK, Štátny geologický ústav D. Štúra, Bratislava
MIROSLAV BIELIK, Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava
JOZEF FRANZEN, Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava
JOZEF DANIEL, Uranpres, s. r. o., Spišská Nová Ves
PETER HANAS, Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava
DUŠAN HOVORKA, Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava
PAVEL HVOŽĎARA, Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava
JURAJ JANOČKO, Fakulta BERG, TU Košice
IVAN KRAUS, Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava
JOZEF LANC, Senzor, spol. s r. o., Bratislava
FRANTIŠEK MARKO, Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava
JOZEF MICHALÍK, Geologický ústav SAV, Bratislava
ĽUBOMÍR PETRO, Štátny geologický ústav D. Štúra, Košice
MIROSLAV PERESZLÉNYI, Eurogeologic, a. s., Bratislava
MARTIN RADVANEC, Štátny geologický ústav D. Štúra, Sp. N. Ves
LADISLAV ŠIMON, Slovenská geologická spoločnosť, Bratislava
IGOR ROJKOVIČ, Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava
DIONÝZ VASS, Lesnícka fakulta, Technická univerzita, Zvolen
JÁN SOTÁK, Geologický ústav SAV, Banská Bystrica

Zostavovatelia čísla/Editors of the issue – PAVEL BAČO & FRANTIŠEK BAKOS

REDAKCIA – EDITORIAL STAFF

Vedúca redakcie – Managing editor
Gabriela Šipošová

Jazykoví redaktori – Lingual editors
Pavol Kušnír – Zoltán Németh

Technická redaktorka – Production editor
Alena Wolfová

Redaktorka – Editorial assistent
Mária Dryjová

Mineralia Slovaca (ISSN 0369-2086) vychádza štyrikrát ročne. Vydavateľ: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava. Spracované systémom DTP Apple Macintosh. Tlač: ALFAPRINT, Vladimír Čižmárik, Thurzova 16, 036 01 Martin
Predplatné v roku 2006 pre jednotlivcov 200,- Sk, pre členov Slovenskej geologickej spoločnosti 160,- Sk, pre organizácie 250,- Sk. Cena jednotlivého čísla je 50,- Sk, cena dvojčísla je 100,- Sk. Časopis možno objednať v redakcii a v knižnici regionálneho centra v Košiciach.
Adresa redakcie: Štátny geologický ústav D. Štúra – RC Košice (Mineralia Slovaca), Jesenského 8, 040 01 Košice. Telefón: 055/625 00 46, fax: 055/625 00 44, E-mail: mineralia@gssr-ke.sk. E-mail knižnica: velgos@gssr-ke.sk

Mineralia Slovaca (ISSN 0369-2086) is published quarterly by the Geological Survey of Slovak Republic, Bratislava. Text was written, edited and composed on a DTP system using Apple Macintosh computers.
Subscription for 2006 calendar year: 92 USD including postage. Claims for nonreceipt of any issue will be filled gratis. Order send to Štátny geologický ústav D. Štúra – RC Košice (Mineralia Slovaca), Jesenského 8, 040 01 Košice, Slovakia or SLOVART – G.T.G., Krupinská 4, P. O. Box 152, 852 99 Bratislava. Phone: ++421/55/625 00 46, fax: ++421/55/625 00 44, e-mail mineralia@gssr-ke.sk, e-mail to library: velgos@gssr-ke.sk.

© Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava

Inštrukcie autorom

Všeobecne

1. **Rukopis v dvoch exemplároch a originály obrázkov musia byť zhotovené podľa inštrukcií pre autorov časopisu Mineralia Slovaca.** V opačnom prípade redakcia článok vráti autorovi pred jeho zaslaním recenzentovi.
2. **Článok môže mať najviac 30 rukopisných strán včítane literatúry, obrázkov a vysvetliviek.** Uverejnenie rozsiahlejších článkov musí schváliť redakčná rada a ich zaradenie do tlače bude zdĺhavejšie.
3. **Články sa uverejňujú v slovenčine, češtine alebo v angličtine.** Abstrakt a skrátený text článku (resumé) sú v angličtine (ak je článok v angličtine, v slovenčine).
4. **Text článku treba poslať redakcii na diskete 3,5" alebo CD spracovaný v editore MS Word (PC) alebo MS Word a QuarkXPress (Mac).**
5. Súčasne s článkom treba redakcii zaslať **autorské vyhlásenie, že nijaká časť článku ešte nebola publikovaná a originálne sú aj obrázky. Prevzaté obrázky musia byť legalizované získaním práva na opätovné publikovanie (copyright).** Vyhlásenie musí obsahovať meno autora (autorov), akademický titul, rodné číslo a trvalé bydlisko.

Text

1 Úpravu textu včítane zoznamu literatúry treba prispôsobiť súčasnej úprave článkov v časopise.
2. **Text sa má písať s dvojitou linkovou medzerou (riadkovačom 2), na strane má byť 30 riadkov a v riadku asi 60 znakov.**
3. Abstrakt aj s nadpisom článku treba písať na samostatný list. Má obsahovať hlavné výsledky práce (neopakovať to, čo vyjadruje už nadpis), má byť bez citácií a nemá mať viac ako 200 slov (Abstraktu treba venovať náležitú pozornosť, lebo slúži na tvorbu anotácií.)
4. **Text má obsahovať úvod, charakteristiku (stav) skúmaného problému, metodiku práce, zistené údaje, diskusiu a záver.**
5. Zreteľne treba odlíšiť východiskové údaje od interpretácie.
6. Neopakovať údaje z tabuliek a obrázkov, iba ich komentovať a odvolať sa na príslušnú tabuľku alebo obrázok.
7 Text treba členiť nadpismi, hlavné písať dostredu a vedľajšie na ľavý okraj strany. Používať možno najviac tri druhy hierarchických nadpisov Ich dôležitosť má autor vyznačiť ceruzkou na ľavom okraji strany takto: 1 — najvyšší, 2 — nižší, 3 — najnižší.
8. V texte uprednostňovať citácie v zátvorke, napr (Dubčák, 1987; Hrubý et al., 1988), pred formou ... podľa Dubčáka (1987) Ani v jednom prípade neuvádzať krstné (rodné) mená.
9 Umiestnenie obrázkov a tabuliek treba označiť ceruzkou na ľavom okraji rukopisu alebo stĺpcového obťahu
10. Grécke písmená použité v texte treba identifikovať na ľavom okraji slovom (napr sigma).
11 Pri písaní treba dôsledne rozlišovať pomlčku od spojovníka.
12. Symboly, matematické značky, názvy skamenelín, slová a pod., ktoré sa majú vytlačiť kurzívou, treba v rukopise podčiarknuť vlnovkou.
13. **Pri článkoch písaných v slovenčine treba abstrakt, kľúčové slová a resumé predložiť redakcii aj v angličtine. Názov článku, vysvetlivky k obrázkom a názvy tabuliek sa predkladajú redakcii v slovenčine aj v angličtine.**

Ilustrácie

1 Ilustrácie musia byť vysokej kvality, majú dokumentovať a vysvetľovať text. **Ilustrácie sa musia pripravovať s vedomím, že budú zmenšené na šírku stĺpca (81 mm) alebo strany (170 mm).** Tomu treba prispôsobiť ich veľkosť a formu resp. zoskupenie. Vhodne upravený obrázok (veľkosť písmen, hrúbka čiar) možno reprodukovať aj v pomere 1 1, ale odporúča sa kresby (perovky) urobiť väčšie, ako budú vytlačené. Perovky majú byť zhotovené sýtym čiernym tušom. Úmerne k predpokladanému zmenšeniu treba zvoliť hrúbku čiar, veľkosť písma, čísiel, hustotu šrafovania a pod. Text možno napísať väčším aj menším písmom (nie verzálkami – veľkými písmenami), a to podľa toho, čo sa má zvýrazniť. Obrázky treba popisovať šablónou, nie voľnou rukou. Optimálna veľkosť písma v časopise po zmenšení je pri veľkých písmenách a číslach 2 mm a pri malých 1,6 mm. Ak je článok v slovenčine, popisy v obrázkoch musia byť v slovenčine a pri článkoch v angličtine musia byť aj ilustrácie v angličtine.

Originál (pred zmenšením) môže mať najviac 340 x 210 mm. **Maximálny rozmer ilustrácie vytlačený v časopise je 170 x 230 mm.** Skladacie ilustrácie treba úplne vylúčiť

Obrázky urobené na počítači treba redakcii poslať vytlačené laserovou tlačiarňou v kamerálnej podobe pri vysokom rozlíšení (min. 300 DPI) a tiež pôvodné súbory na diskete 3,5" alebo na CD. **Pri tvorbe obrázkov redakcia odporúča pracovať s programami vo vektorovom zobrazení (napr. Corel Draw),** nepoužívať veľmi tenké čiary (tzv. vlasovej hrúbky) ani na obrysy, ani vo výplni. Neodporúča sa používať softvérové výplne (napr v Corel Draw). Výplne sa musia skladať zo samostatne vysádzaných objektov. Nevhodná je aj rastrová výplň.
2. Všetky ilustrácie včítane fotografií musia obsahovať grafickú (metrickú) mierku.
3. Zoskupené obrázky, napr fotografie a diagramy, musia byť pripravené (nalepené) ako jeden obrázok a jeho časti treba označiť písmenami (a, b, c atď.). Takto zoskupené obrázky sa citujú ako jeden obrázok. Zoskupené fotografie treba starostlivo upraviť a nalepiť na biely kriedový papier
4. Fotografie musia byť ostré, čiernobiele, kontrastné a na lesklom papieri. Je vhodné zmenšiť ich minimálne o 50 %. **Prípadné fotografie vo forme počítačových súborov (vo formáte JPG alebo TIF) musia mať vysoké rozlíšenie, najmenej 600 DPI.**
5. Na všetkých obrázkoch na okraji (na fotografiách na zadnej strane) treba ceruzkou uviesť číslo, meno autora a na fotografiách šípkou aj orientáciu obrázka.
6. Na mapách a profiloch treba používať jednotnú formu vysvetliviek, aká je pri prvom obrázku.
7 Názvy obrázkov a vysvetlivky treba priložiť k textu na osobitnom liste v slovenčine a v angličtine.
8. Všetky ilustrácie sa musia citovať v texte.
9. Ilustrácie sa zasielajú redakcii už imprimované. Pri korektúre ich už nemožno opravovať a dopĺňať
10. Farebné ilustrácie sú vítané, ale náklady na ich tlač hradí autor

Tabuľky

1 Tabuľky sa píšu na osobitný list. Ich rozsah a vnútornú úpravu treba voliť tak, aby sa tabuľka umiestnila do stĺpca (81 mm) alebo na šírku strany (170 mm). Rozsiahlejšie tabuľky sa neprijímajú.
2. Údaje sa zaraďujú do tabuľky, iba ak sa nedajú uviesť v texte.
3. Nadpis tabuľky a prípadný sprievodný text sa uvádza na osobitnom liste v slovenčine a v angličtine (úpravu nadpisov pozri v časopise).
4. Vertikálne čiary v tabuľkách nepoužívať
5. Tabuľky sa číslujú priebežne a uverejňujú sa v číselnom poradí.

Literatúra

1 V zozname literatúry sa v abecednom poradí uvádza iba literatúra citovaná v danom článku. Citácia označená „v tlači" sa môže uviesť v zozname, len ak je z citovaného článku aspoň stĺpcová korektúra. Citácia „osobná informácia" sa cituje iba v texte (Zajac, os. informácia, 1988).
2. Používať nasledujúci spôsob uvádzania literatúry:

Knižná publikácia
Gazda, L. & Čech, M., 1988: Paleozoikum medzevského príkrovu. Bratislava, Alfa, 155.

Časopis
Vrba, P., 1989: Strižné zóny v komplexoch metapelitov. Mineralia Slov., 21, 135–142.

Zborník
Návesný, D., 1987: Vysokodraselné ryolity. In: V Romanov (red.) Stratiformné ložiská gemerika. Špec. publ. Slov. geol. spol., Košice, 203–215.

Manuskript
Radvanský, F , Slivka, B., Viktor, J. & Srnka, T., 1985: Žilné ložiská jedľoveckého príkrovu gemerika. Záverečná správa z úlohy SGR-geofyzika. Manuskript – archív ŠGÚDŠ Spišská Nová Ves, 28.

3. Pri článku viac ako dvoch autorov sa v texte cituje iba prvý autor s dodatkom et al., ale v zozname literatúry sa uvádzajú všetci.
4. Ak sa v článku (v knižnej publikácii) cituje názov, údaje a pod. iného autora, ktorý nie je spoluautorom publikácie, v texte sa cituje vo forme (Gerda in Kubka, 1975), ale v zozname literatúry sa uvádza iba Kubka, J., 1975.

V prípade nejasností si možno vyžiadať podrobnosti e-mailom na adrese mineralia@gssr-ke.sk