

ZLATO V KŘEMENNÝCH ŽILÁCH LOKALIT HLÁSKA A VYSOKÁ HORA - SEVERNÍ ČÁST REVÍRU ANDĚLSKÁ HORA

GOLD IN THE QUARTZ VEINS OF THE HLÁSKA AND VYSOKÁ HORA,
NORTH FIELD OF THE ANDĚLSKÁ HORA ORE DISTRICT, JESENÍKY MTS., CZECH REPUBLIC

BOHUSLAV FOJT, ZDENĚK DOLNÍČEK, MIROSLAV NEPEJCHAL

Abstract

Fojt, B., Dolníček, Z., Nepejchal, M. (2012): Zlato v křemenných žilách lokalit Hláška a Vysoká hora - severní část revíru Andělská Hora. - *Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.*, 97, 2, 47-67.

Gold in the quartz veins of the Hláška and Vysoká hora, north field of the Andělská Hora Ore District, Jeseníky Mts., Czech Republic

The lenticular gold-bearing quartz \pm carbonate veins at the Vysoká hora Mt. and Hláška Mt. crosscut sericite phyllites of the Vrbno Group. The gold sheets hosted by both quartz and limonitized Mg-rich siderite reach up to 3.5 mm in size and have fineness of \sim 840-920. Pyrite occurs in two types: early homogeneous and younger porous. Other detected minerals include only accessories: Co-gersdorffite, galena (with \sim 0.9 wt. % Bi), rutile (sagenite), ilmenite, and albite. Hypergene collomorphic goethite contains grains of monazite and xenotime and rims of hydrohematite. The vugs are filled up by allophane-halloysite, gibbsite, and secondary apatite. The fluid inclusions hosted by quartz and carbonates trapped a heterogeneous mixture of low-salinity (<6 wt. % NaCl eq.) aqueous solution and carbonic phase (with 89-99 mol. % CO₂ and 1-11 mol. % CH₄). The mineralization formed at temperatures of 200-320 °C and pressures 0.5-2.0 kbar. The elevated content of methane (up to 50 mol. %) in the sample SRS-14 can be related to the adjacent slightly metamorphosed Culmian flysch siliciclastics, or to retrograde hydration of host graphite phyllite. The vein morphology, presence of albite, rutile, and ilmenite, gold fineness, chemical composition of fluids, and interpreted PT conditions are all consistent with ore formation during a late phase of metamorphic reworking which occurred during the Variscan Orogeny in the given area. Pressure fluctuations suggest that the veins formed by crack-seal mechanism. The mineralizations from both studied sites represent temporary episodes in evolution of the ore mineralization in the Andělská hora Ore District.

Key words: gold, quartz veins, mineralogy, chemistry, fluid inclusions, genesis

Bohuslav Fojt, Institute of Geological Sciences, Masaryk University, Kotlářská 2, 611 37, Brno, Czech Republic, e-mail: fojt@sci.muni.cz

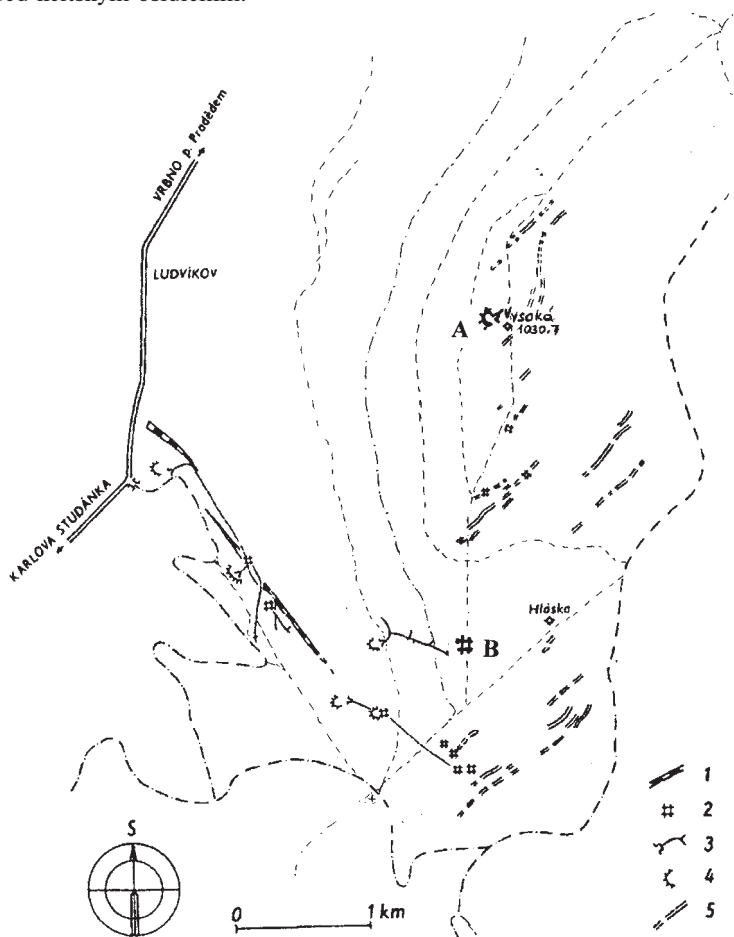
Zdeněk Dolníček, Department of Geology, Palacký University, 17. listopadu 11, 771 46, Olomouc, Czech Republic, e-mail: dolnicek@prfnw.upol.cz

Miroslav Nepejchal, Žižkova 8, 787 01 Šumperk, Czech Republic, e-mail: miroslav.nepejchal@pramet.com

Úvod

Obě lokality (Vysoká hora i Hláška), kde byly v křemeno \pm karbonátové žilovině zjištěny drobné zlatinky, se nacházejí v severním zalesněném území historického důlního revíru Andělská Hora v nadmořské výšce 920 až 1 031 m (obr. 1). Hlavní část revíru se středem kolem Suché Rudné byla po roce 1950 předmětem vyhledávacího geologického průzkumu 2 \times po sobě, naposledy v 80. letech minulého století, kdy byly zjištěny ložiskově

významné obsahy zlata v hloubce ~500 m (AICHLER *et al.* 1990). Severní části revíru byla věnována menší pozornost. Suchá Rudná se zapsala také do historie, když v mělké povrchové dobývce „Měkké žíly“ byly nalezeny zuhelnatělé zbytky dřev, pocházející pravděpodobně z rýžovnického žlabu, jejichž věk byl určen radiokarbonovou metodou na $3\,505 \pm 330$ let (AICHLER *et al.* 1988). Je to jediný důkaz, že těžba zlata probíhala v Jeseníkách již v období před keltským osídlením.



Obr. 1. Situace starých báňských prací na zlato v prostoru Vysoké hory (A) a Hlásky (B) podle ZÍTKA (1968).
 1 - křemenná žíla s hnízdy a vtrošeninami Cu-sulfidů; 2 - šachtice; 3 - ústí a průběh štol; 4 - obvaly;
 5 - hlavní tahy starých prací na zlato.

Fig. 1. Remnants after old mining in the Vysoká hora (A) and Hláska (B) regions according to ZÍTEK (1968).
 1 - quartz vein with Cu-sulphides; 2 - shafts; 3 - gallery; 4 - waste dumps; 5 main zones of the old gold mines.

Přehled dosavadních literárních poznatků

I když se o dolech na zlato na „Hohenberku“ (Vysoká hora) a „Ölberku“ (Hláska) zmínil již D'ELVERT (1866), POŠEPNÝ (1895) i MELION (1895), lze za nejstarší konkrétní údaje o historickém důlním podnikání v daném území považovat práci LOWAGOVU (1901). Pod jeho vedením byly koncem 18. století vyzmáhány 3 štolý na západním svahu Vysoké hory se 6 křemennými žilami. Vzorek o váze 9 t, odebraný v té době ze šachty Hedvika (zá-

padní svah Hlásky), z údajně 2 m mocné křemenné žíly, obsahoval podle analýzy laboratoře „Grusonwerke“ v Magdeburgu 27 g/t zlata. Další 2 analýzy vykazaly 36 a 52 g/t. Při sledování žil do hloubky se snížil obsah zlata na 5 až 12 g/t Au. Topografickou pozici starých důlních děl na východním úbočí Vysoké hory a Hlásky zaznamenal zevrubně MOHR (1939). Podle něj se oblastí důkladně zabýval J. Höniger, důlní z Karlovy Studánky, který nechal vyrazit tzv. Olovenou štolu na východním svahu Vysoké hory. Analýzy jím odebraných vzorků křemene z mělké šachtice v důlním poli štoly Hedvika, analyzované v Příbrami na Hornické akademii, obsahovaly 6 a 0,6 g/t Au. Autor uvádí ještě další dvě analýzy L. St. Reinera z blíže nelokalizovaného materiálu z oblasti Hlásky: jedna nezjistila žádné zlato, druhá 9,6 g/t zlatnatého stříbra s 2,6 g/t Au. Z Mohrových poznatků vyplývá, že křemenné žíly s malými obsahy zlata byly pro případnou těžbu nevhodné a neperspektivní. KRUŽA (1973), který excerpoval údaje LOWAGA (1901) a MOHRA (1939), však došel k názoru, že historické důlní podnikání v daném území bylo úspěšné. Před začátkem posledního vyhledávacího geologického průzkumu v oblasti Suché Rudné zaznamenal velmi pečlivě v mapě 1 : 10 000 všechny relikty starých důlních prací NOVÁK (1977). Rozsáhlé průzkumné práce v 80. letech minulého století se okrajově dotkly i lokalit Hláška a Vysoká hora (AICHLER *et al.* 1990). Mezi velmi početným souborem EDX analýz zlata z oblasti Suché Rudné (MALEC 1987, MALEC *et al.* 1990) bylo zaznamenáno i 15 dílčích údajů získaných ze šlichů svahových sedimentů 600 m severovýchodně od Vysoké hory. Většinou byla ryozost zlatinek poměrně vysoká (945–834), dvě zlatinky však odpovídaly svou ryozostí s hodnotou 630 a 560 elektrů. Nejnovější nálezy zlata z lokality Hláška zveřejnili NOVORNÝ *et al.* (2008): v pěti EDX bodových analýzách zlatinek z křemen-karbonátové žiloviny haldového materiálu šachtice poblíž kóty Hláška zjistili 6–9 hm. % stříbra.

Geologicko-ložisková situace studovaných lokalit

Horninové prostředí, v němž se žíly vyskytují, tvoří polyschematické sericitové fylity vrbenké skupiny silezika. V jejich minerálním složení převládají šmouhovité shluky a proužky jemně šupinovitě světlé slídy, které se střídají s velmi jemnozrnným křemenem. Místy dochází ke kumulaci slídy bez zřetelného paralelního uspořádání. Napříč k plochám metamorfni břidličnatosti se lokálně objevují shluky individuí muskovitu – tzv. „Quermuskovitu“. Proužky slíd jsou prostoupeny jemným tmavým (grafitovým ?) pigmentem. Zcela podřadnou složkou horniny jsou ojedinělé shluky kalcitu. Akcesorie tvoří sporadická zrna pyritu, částečně rutilizovaný ilmenit, rutil a granát. Poměrně častá jsou zrna monazitu-(Ce) a xenotimu-(Y) s typickou distribucí REE i výraznou europiovou negativní anomálií (tab. 1 a obr. 2). Hornina je krenulačně zvrásněna – amplituda vrásek nepřesahuje rozměr jednotek centimetrů.

Mocnost dlouze čočkovitých křemenných žil ve výše uvedených horninách je na obou studovaných lokalitách velmi proměnlivá – od několika cm do 0,6 m. Běžně se vyskytuje několik žil souběžně vedle sebe a celková mocnost pak dosahuje až 1,2 m (obr. 3a). Místy lze pozorovat i příčné odžilky, které propojují žíly navzájem.

Směr žil (SV–JZ), kosý k průběhu ploch foliace zmíněných hostitelských hornin, byl zaznamenán již MOHREM (1939) a znovu ověřen ZÍTKEM (1968) i NOVÁKEM (1977). Úklon žil je strmý – 50–70° k SZ. Ze všech tří zmíněných mapových podkladů vyplývá, že v zájmovém území existuje několik paralelních, ve směrném průběhu přerušovaných, žilných ložiskových zón na ploše velké přibližně 1,5×4 km (obr. 1). Je možné, že zmíněné uspořádání je způsobeno izoklinální stavbou vrásového systému. Hlubkový dosah zrudnění by měl být podle MOHRA (1939) velmi omezený. Podle názoru tohoto autora souvisejí zvýšené obsahy zlata s procesy „oxidace a cementace“ – a proto i následně soudí, že staří horníci dobývali křemenné žíly jen do hloubky maximálně 15 m od povrchu terénu. Výškový rozdíl mezi nejvyššími dobývkami na Vysoké hoře a zlatonosnými žilami ve štole Hedvika (západní svah Hlásky) je přibližně 280 m. Podle LOWAGA (1901) byly žíly s obsahem zlata sledovány maximálně jen do hloubky 32 m.

Tabulka 1. WDX analýzy monazitu (VK 3) a xenotimu (VK 2).

Table 1. Monazite (VK 3) and xenotime (VK 2) WDX analyses.

	Hmotnostní % (Weight %)											
	P ₂ O ₅	As ₂ O ₅	SiO ₂	ThO ₂	UO ₂	ZrO ₂	Al ₂ O ₃	Y ₂ O ₃	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃
VK 3	29,80	0,06	0,36	0,72	b.d.	b.d.	0,05	0,84	15,379	31,287	3,325	12,328
VK 2	33,53	b.d.	0,07	0,18	0,48	0,53	b.d.	40,49	0,017	b.d.	b.d.	0,109

	Sm ₂ O ₃	Eu ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	Tb ₂ O ₃	Dy ₂ O ₃	Ho ₂ O ₃	Er ₂ O ₃	Tm ₂ O ₃	Yb ₂ O ₃	Lu ₂ O ₃	FeO	CaO
VK 3	2,145	0,083	1,489	b.d.	0,658	b.d.	0,066	b.d.	b.d.	b.d.	0,45	0,20
VK 2	0,498	b.d.	2,719	0,671	6,222	1,249	4,194	0,691	4,843	0,874	2,14	0,07

	PbO	Total
VK 3	b.d.	99,24
VK 2	0,29	99,87

Apfu (rozpočet na 4 O); (formula contents on a basis of 4 O)

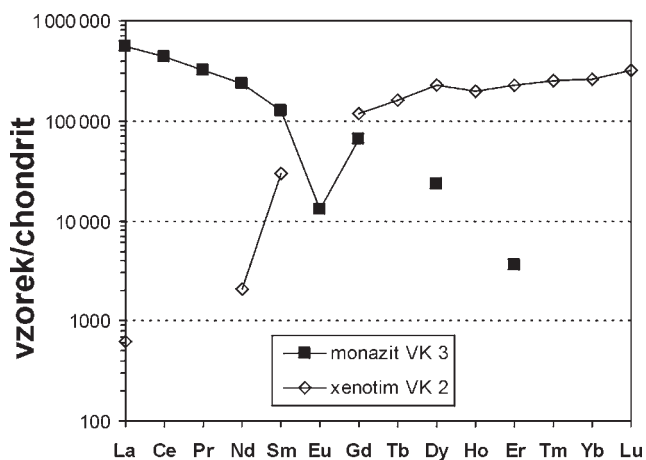
	P	As	Si	Th	U	Zr	Al	Y	La	Ce	Pr	Nd
VK 3	0,990	0,001	0,014	0,006			0,002	0,018	0,223	0,450	0,048	0,173
VK 2	0,959		0,002	0,001	0,004	0,009		0,728				0,001

	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Fe	Ca
VK 3	0,029	0,001	0,0190,		0,008		0,001				0,015	0,008
VK 2	0,006		0,030	0,007	0,068	0,013	0,044	0,007	0,087	0,009	0,060	0,003

	Pb	Σ cat.
VK 3		2,007
VK 2	0,003	2,044

b.d. - pod mezi detekce

b.d. - below the detection limit

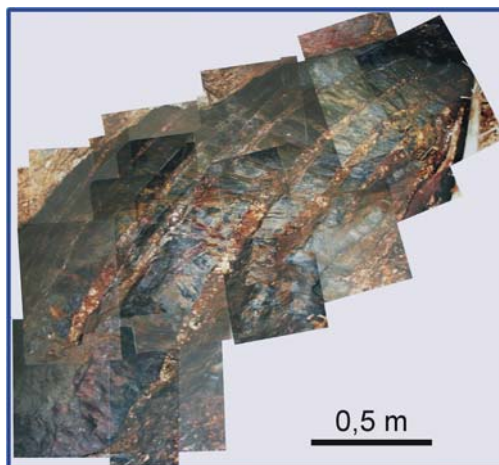


Obr. 2. Distribuce lanthanidů v monazitu a xenotimu. Normalizace chondritem C1 (ANDERS a GREVESSE 1989).

Fig. 2. REE distribution in monazite and xenotime. Chondrite C1 normalization (ANDERS and GREVESSE 1989).

Obr. 3a. Čočkovité křemenné žíly se zlatem ve fylitu.
Úklonná šachtice na Hlásce.

Fig. 3a. Lenticular gold-bearing quartz veins hosted
by phyllite. Locality Hláska.



Přehled použité metodiky

Všechny vzorky k mineralogickým a chemickým analýzám byly odebrány ve starých důlních dílech (viz výše), v nichž byla také pořízena primární fotodokumentace a provedena základní geologická dokumentace v částečně přístupné části úklonné šachtice na Hlásce. Separace těžkého podílu rudnin (rozdružení a následné rýžování) byla zaměřena především na výskyt zlatinek. Mikroskopické preparáty, pořízené J. Povolným v brusírně ÚGV PrF MU Brno, byly vyhodnoceny běžným způsobem na polarizačním mikroskopu JenaPol.

Bodové chemické analýzy jednotlivých minerálních fází změřili R. Škoda a R. Čopjaková na mikrosondě Cameca SX 100 na společném pracovišti PrF MU a ČGS v Brně ve vlnově disperzním modu za těchto podmínek: pro sulfidy a zlato bylo použito urychlovací napětí 25 kV, proud svazku o průměru 1 μm 20 nA; silikáty a karbonáty byly analyzovány při urychlovacím napětí 15 kV a proudu 10 nA, přičemž průměr svazku pro silikáty byl 5 μm , pro karbonáty 8 μm . Jako standardy byly aplikovány syntetické fáze a dobře definované minerály. Pro přepočtení načtených hodnot byla použita automatická PAP korekce (POUCHOU a PICHOR 1985). Parciální chemické analýzy klasickou mokrou cestou dvou vzorků „limonitu“ provedl P. Kadlec v chemické laboratoři ÚGV PrF MU Brno. V tabulkách analýz jsou zkratkami VK a HL označeny lokality Vysoká hora a Hláska. RTG analýzy uskutečnil V. Vávra na přístroji Stoe Stadi P s Co-antikatomou. Mikrofotografie na elektronovém mikroskopu Jeol JSM-6490 pořídil J. Štelcl na stejném pracovišti při urychlovacím napětí 15 kV. Fotografie nábrusů v odraženém světle polarizačního mikroskopu zhotovila M. Gregerová a D. Všianský na ÚGV PrF MU Brno.

Fluidní inkluze byly studovány metodou optické mikrotermometrie. Pro výzkum inkluzí byly ze vzorků zhotoveny standardní oboustranně leštěné destičky, lepené za studena vteřinovým lepidlem. Mikrotermometrické parametry inkluzí byly změřeny na Katedře geologie PrF UP v Olomouci v termokomoře Linkam THMSG 600. Komora byla kalibrována měřeními anorganických standardů a fluidních inkluzí se známými teplotami fázových přechodů. U inkluzí s obsahem CO_2 byly měřeny následující parametry: teplota celkové homogenizace (Th-tot), teplota parciální homogenizace CO_2 fáze (Th CO_2), teplota zamrznutí CO_2 fáze (Tf CO_2), teplota tání CO_2 (Tm CO_2) a teplota tání klatrátu (Tm cla). Postup měření jednotlivých parametrů byl následující: Th CO_2 -fáze; Tf CO_2 ; Tm CO_2 ; Tm cla; Th-tot. U inkluzí vodných roztoků byly měřeny: teplota homogenizace (Th), teplota zamrznutí inkluze (Tf), teplota eutektika (Te) a teploty tání ledu (Tm ledu). Měření homogenizačních teplot inkluzí vodných roztoků předcházelo měřením kryometrickým. Izochory

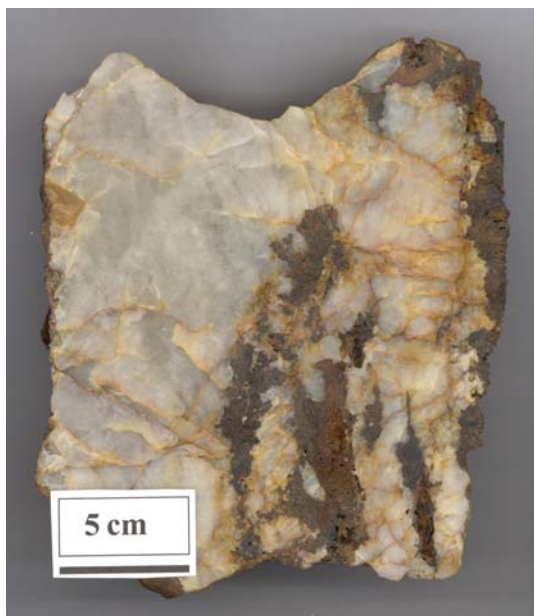
nevodných fluid byly počítány z mikrotermometrických dat s využitím programu ISOC (BAKKER 2003) s kalibrací podle HOLLOWAYE (1981). Salinita vodných roztoků v inkluzích typu H₂O byla počítána podle BODNARA (1993).

Mineralogická a chemická charakteristika zrudnění

Mineralogické složení rudnin je velmi jednoduché. V Kruřově topografické mineralogii Slezska (KRUŽA 1973) jsou z území Vysoké hory a Hláska zaznamenány kromě zlata i galenit, goethit, rutil, ankerit a siderit a kompletní chemická analýza „limonitu“. Vedle výše zmíněných 15 EDX analýz zlatinek ze „suchých šlichů“ (MALEC 1987, MALEC *et al.* 1990) a 5 bodových analýz zlata z haldy na kótě Hláska (NOVOTNÝ *et al.* 2008) byly v citovaných nových pojednáních zmíněny jen pyrit a „limonit“. V nepublikovaných účelově zaměřených dokumentech bývalého ČGÚ se uvádí i chalkopyrit, sfalerit a pyrotin.

Matrici rudnin tvoří **křemen**. Většinou je hrubě zrnitý, undulózně až sektorovitě zhářející. Jen výjimečně se v intergranulárách relativně velkých zrn vyskytují jemně zrnité shluky rekrystalovaných individuí. V křemeni jsou uzavírány útržky okolních fylitů, místy shluky sericitu, nebo lupinky muskovitu. Do malých dutin čnějí drobná individua křemene jsou výrazně korodována a často potažena povlaky oxohydroxidů železa.

Ve vzorcích odebraných k detailnímu zpracování byl pouze na lokalitě Hláska nalezen čočkovitý shluk karbonátových zrn v křemeni. Ve všech ostatních vzorcích je karbonát „limonitizován“ až goethitizován. Takové agregáty jsou dlouze čočkovité s náznaky vyklíňujících přerušovaných pásků (obr. 3b). WDX analýzy prokázaly, že jde o **Mg-siderit** (~67 % FeCO₃ a 31 % MgCO₃) s malým zastoupením složky kalcitové a rodochrozitové – viz tab. 2. Zcela podružné reliktů starší fáze, uzavřené v převládajícím karbonátu, jsou poněkud více železnaté (tab. 2, analýza HL-5/3). Zastoupení manganu v analyzovaném karbonátu je nízké (0,88–1,03 hm. % MnO), obsahy stroncia a zinku jsou na hranici detekce mikrosondy Pro srovnání



Obr. 3b. Detail křemenné žiloviny s agregáty limonitizovaného karbonátu. Hláska.

Fig. 3b. Quartz vein containing aggregates of limonitized carbonate. Locality Hláska.

byl analyzován žilkovitý agregát z vrty SRS-14, který je typickým reprezentantem karbonátů střední části ložiskového území Suchá Rudná. Ve shodě s dřívějšími údaji (KRČMÁŘOVÁ 1985, AICHLER *et al.* 1990) jde v tomto případě o dvě fáze ze skupiny *ankerit-dolomitové*. Převládající složku sledovaného agregátu tvoří karbonát o složení ~50 % ankeritu a 50 % dolomitu (tab. 2, analýzy SRS-14/2 a 14/3); drobné ostrůvky v něm mají převahu složky ankeritové (~70–72 %) nad dolomitovou (tab. 2, analýza SRS-14/1). Z nerudních komponent byl v křemenných žilách identifikován také sporadický **albit** sdružený s limonitizovaným karbonátem, nebo i v samostatných malých shlucích přímo v křemeni. Podle WDX analýzy jde o čistý albit s nepatrným podílem anortitové komponenty (Ab_{99,7}).

Tabulka 2. WDX analýzy karbonátů.
Table 2. Carbonate WDX analyses.

	HL-5/1	HL-5/2	HL-5/3	SRS-14/1	SRS-14/2	SRS-14/3
CaO	0,29	0,26	0,58	27,81	28,71	28,47
FeO	46,11	45,52	49,31	24,41	18,11	17,57
MgO	11,88	11,45	9,36	4,97	9,52	9,83
MnO	1,03	0,97	0,88	0,43	0,56	0,50
SrO	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0,07	b.d.
ZnO	b.d.	0,05	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
CO ₂ calc.	42,11	41,22	41,44	42,48	44,41	44,17
Total	101,42	99,47	101,57	100,10	101,38	100,54
CaFe(CO ₃) ₂				70,4	50,0	48,8
CaMg(CO ₃) ₂				25,6	47,0	48,6
CaMn(CO ₃) ₂				1,2	1,6	1,4
CaCa(CO ₃) ₂				1,2	1,6	1,4
CaCO ₃	0,5	0,5	1,1	51,4	50,7	50,6
FeCO ₃	67,1	67,6	72,9	35,2	25,0	24,4
MgCO ₃	30,9	30,3	24,7	12,8	23,5	24,3
MnCO ₃	1,5	1,5	1,3	0,6	0,8	0,7
ZnCO ₃		0,1				

b.d. – pod mezi detekce; b.d. – below the detection limit

Levá strana tabulky – Mg-siderit, pravá strana – dolomit/ankerit

Left side of the table – Mg-siderite; right side – dolomite/ankerite

Zlato se v křemenných žilách vyskytuje v několika morfologických formách a asociacích. V puklinách křemene byly identifikovány plíšky o rozměrech 0,X až 3,5 mm (obr. 4 a 5). Zlatinky mají nepravidelné tvary, při velkém zvětšení je patrný jejich nehomogenní růstový vývin (obr. 6a, 6b). Dalším morfologickým typem jsou nepravidelné shluky drobných zlatinek, narůstající na korodovaný křemen do dutin. Rozměr jednotlivých agregátů nepřesahuje 0,X mm. Poměrně zřídka byly nalezeny nesouvislé, krátké žilečky zlata v porézni pyritu. Nejčastější jsou hnízda, rozptýlená zrna a přerušované žilky zlata v limonitovaném karbonátu (obr. 7). Vývin relativně větších zlatinek (~0,X mm) je poměrně bizarní, místy „červíčkovitý“ (obr. 8). Velmi jemné zlatinky (< 50 μm) jsou v „limonitu“ rozptýleny obláčkovitě (obr. 9). V několika případech bylo zjištěno, že agregát zlatinek kopíruje v „limonitu“ rovné klencové plochy původního karbonátu.

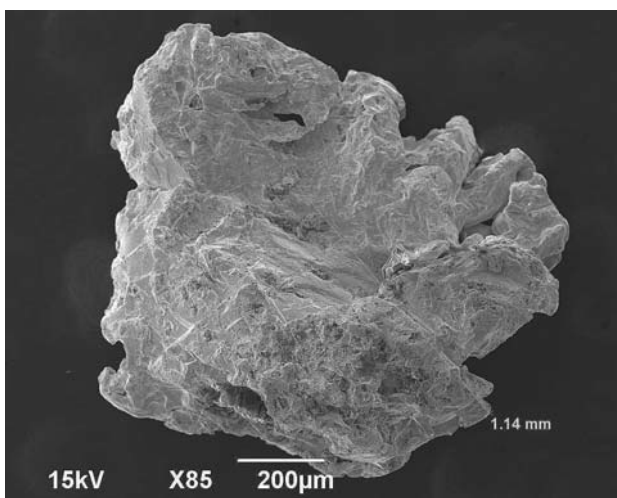
Chemické složení zlata je velmi jednoduché. Kromě stříbra, jehož obsahy se pohybují od 8 do 16 hm. % (tab. 3), je zastoupení ostatních prvků na hranici (Bi – max. 0,09; Sn 0,06; As 0,09 hm. %), nebo pod mezi detekce (Cu, Ni, Sb). Jen ve čtyřech analýzách z 20 byla identifikována rtuť (0,03 až 0,10 hm. %) a v 7 analýzách železo (0,03 až 0,74 hm. %). Závislost mezi zastoupením stříbra a zlata je proto ideálně lineární s pravděpodobností 90 % (obr. 10). Podrobným sledováním nebyly zjištěny žádné zásadní rozdíly v chemismu mezi oběma sledovanými lokalitami (Vysoká hora/Hláška). Existence dvou maxim obsahů stříbra (tab. 3, obr. 10) odpovídá makroskopickému pozorování, podle něhož světlejší zlato je pravděpodobně poněkud mladší než jeho ostatní formy a vykristalovalo převážně do dutin korodovaného křemene.



Obr. 4. Plíšek zlata v puklině křemene s „limonitem“. Vysoká hora. Delší rozměr zlatinky 1,2 mm.
 Fig. 4. Gold sheet in a fissure in vein quartz. Vysoká hora locality. The longer side of gold sheet represents 1.2 mm.



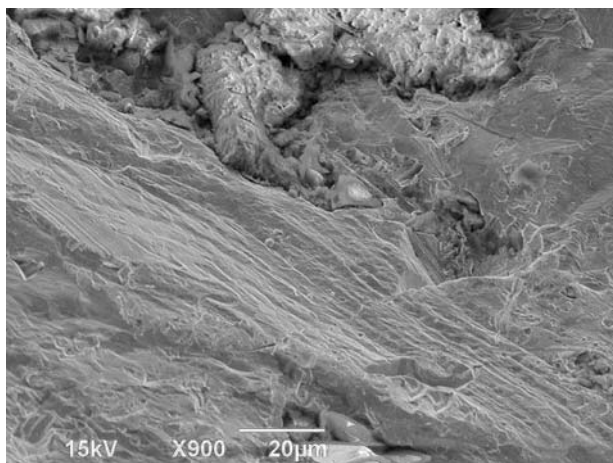
Obr. 5. Zlatinky na puklině křemene s „limonitem“. Hláška. Delší strana fotografie - 5 mm.
 Fig. 5. Gold and “limonite” in a fissure in vein quartz. Locality Hláška. The longer side of the photo represents 5 mm.



Obr. 6a. Plíšek zlata z lokality Hláška. SEM, BSE foto.
 Fig. 6a. Gold leaf from the locality Hláška. SEM, BSE photo.

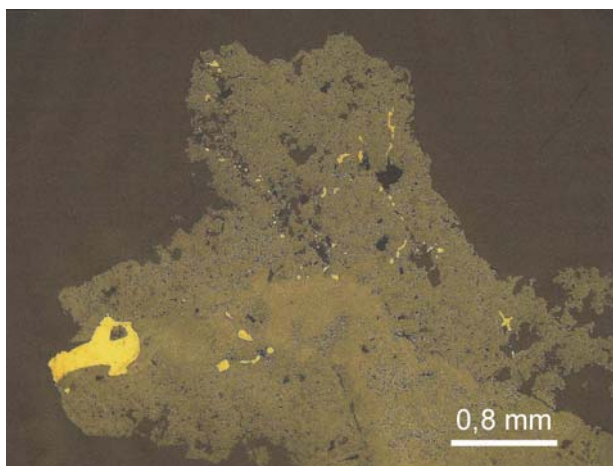
Obr. 6b. Detail střední části obr. 6a s nepravidelnými zónami růstu individua zlata. SEM, BSE foto.

Fig. 6b. Central part of the gold leaf from the Fig. 6a showing irregular growth zoning of gold. SEM, BSE photo.



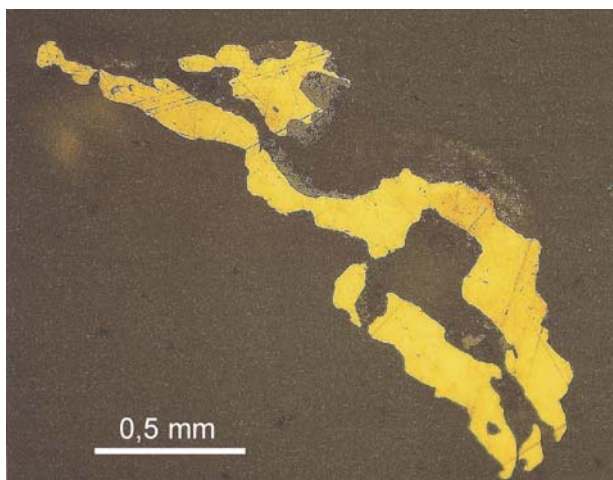
Obr. 7. Úlomek limonitizovaného karbonátu s drobnými zlatinkami. Vysoká hora. Odražené světlo, PPL.

Fig. 7. Fragment of the limonitized carbonate with small gold sheets. Vysoká hora locality. Reflected light, PPL.



Obr. 8. „Červičkovitý“ vývin zlata. Hláska. Odražené světlo, PPL.

Fig. 8. Wormling-like gold from the locality Hláska. Reflected light, PPL.



Tabulka 3. WDX analýzy zlatinek.

Table 3. Gold WDX analyses.

	Au	Ag	Hg	Sb	Bi	Sn	Fe	As	Total
VK 1	89,61	8,68	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0,26	b.d.	98,55
VK 4/1	86,35	12,98	b.d.	b.d.	0,09	0,06	b.d.	b.d.	99,48
VK 4/2	85,45	13,15	b.d.	0,05	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	98,65
VK 4/3	86,87	13,00	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0,07	b.d.	99,94
VK 4/4	86,69	12,60	0,03	b.d.	b.d.	b.d.	0,74	b.d.	100,06
VK 4/5	89,62	9,03	0,10	b.d.	b.d.	b.d.	0,12	b.d.	98,87
VK 4/6	90,56	9,05	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0,03	b.d.	99,64
VK 5/1	90,85	9,10	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	99,95
VK 5/2	90,30	8,85	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	99,15
VK 5/3	86,55	12,64	0,06	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	99,25
HL 1/1	89,92	10,36	b.d.	b.d.	0,06	b.d.	b.d.	b.d.	100,34
HL 1/2	91,64	8,42	b.d.	b.d.	b.d.	0,04	b.d.	0,04	100,14
HL 1/3	91,79	8,08	0,06	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	99,93
HL 3/1	83,49	16,31	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0,04	99,84
HL 3/2	88,65	12,03	b.d.	0,05	0,05	b.d.	b.d.	0,09	100,87
HL 4/3	91,89	8,91	n.a.	0,05	b.d.	n.a.	0,03	b.d.	100,88
HL 4/4	91,73	8,80	n.a.	b.d.	b.d.	n.a.	b.d.	0,07	100,6
HL 6/1	92,24	8,33	n.a.	b.d.	b.d.	n.a.	0,07	0,05	100,69
HL 6/2	87,86	12,73	n.a.	0,04	b.d.	n.a.	b.d.	0,03	100,66
HL 6/4	91,89	8,87	n.a.	b.d.	b.d.	n.a.	b.d.	0,03	100,79

n.a. - nebylo analyzováno (not analysed)

b.d. - pod hranici detekce (below the detection limit)

Makroskopicky zjistitelným, i když nepříliš častým, je v křemenné žilovině **pyrit**. V odebraných vzorcích lze konstatovat dva morfologické typy: Převládajícím je automorfni pyrit uzavřený v křemenu, se zrny až 0,1 mm velkými (obr. 11 - Py I). Stejněměrné zrnité agregáty s individuou o řád menšími s kolomorfním sestavením tvoří penticovitě porézní shluky v limonitu (obr. 11 - Py II). Jejich vývin a pozice v rudnách ukazuje na to, že vznikly hypergenní přeměnou jiného sulfidu - snad původního pyritu. Ojedinele se v těchto agregátech vyskytly nesouvislé žilečky zlata. Do dutin vykystalovaná zrna pyritu bývají zcela goethitizována. V jednom vzorku byly identifikovány mikroskopické intimní srůsty pyritu s **Co-gersdorfitem** obdobného chemismu jako v Suché Rudné (MALEC 1987, AICHLER 1992) - tab. 4. Obsah niklu (0,10 až 0,20 hm. %), s výjimkou jednoho vzorku, převládá nad kobaltem (~0,04 hm. %). Ve vzorku, v němž srůstá pyrit s Co-gersdorfitem, dosahuje nikl hodnot 1,18 a Co 0,56 hm. %. Také obsah selenu v pyritech je nízký (~0,04-0,07 hm. %). Analýzy pyritu druhého typu jsou vzhledem k nízkým sumám, které souvisejí s porézním vývinem těchto agregátů, neinterpretovatelné. Podle záznamů průzkumné organizace GP Ostrava z roku 1988 bylo v 9 analýzách pyritů z rudnin centrální části revíru Suchá Rudná zjištěno 0,20-68,2 ppm zlata. KVAČEK (1990), který analyzoval 45 pyritů z páteřního vrtu SRV-4 od hloubky 51 m až po 1503 m, uvádí variační rozpětí obsahů zlata v pyritech od 0,048 do 9,47 ppm (medián 0,16 ppm).

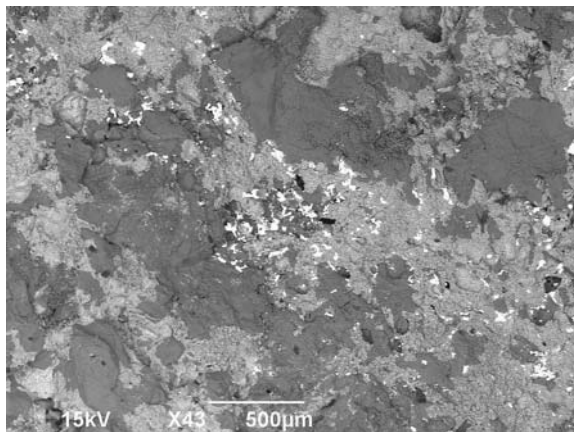
Ve zlatince z lokality Hláška byla zjištěna drobná vrostlice (~200 µm) **galenitu**. Zmíněný sulfid byl v několika případech nalezen také jako sporadická součást těžkého podílu v rýzovnických produktech rozdružené rudniny. Z typomorfních stopových prvků je v galenitu, vedle běžného stříbra (0,2 a 0,3 hm. %), relativně zvýšený obsah bismutu (0,9 hm.%) a selenu (~0,15 hm. %) - tab. 4.

Sporadicky se v křemenné žilovině objevuje drobný lištovitý **ilmenit** a typické mřížovité srůsty jehliček **rutilu** (sagenitu). Orientační WDX analýza ilmenitu prokázala jen ne-

patrné zastoupení molekuly pyrofanitové (0,18 hm. % MnO) a ecandrewsitové (0,15 hm. % ZnO). Chemicky relativně čistý rutil má nepatrně zvýšené obsahy wolframu (0,12-0,57 hm. % WO_3), vanadu (0,13-0,22 hm. % V_2O_5) a niobu (0,10-0,17 hm. % Nb_2O_5).

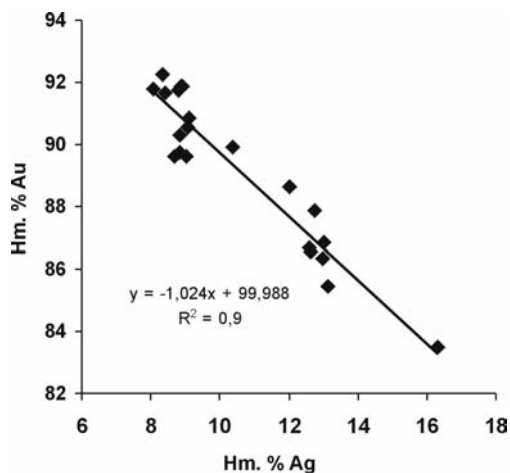
Obr. 9. Jemné zlatinky (bílé) obláčkovitě soustředěné v „limonitu“ (světle šedý). Tmavošedý - křemen. SEM, BSE foto.

Fig. 9. Fine gold sheets (white) concentrated in “limonite” (light grey). Dark grey - quartz. SEM, BSE photo.



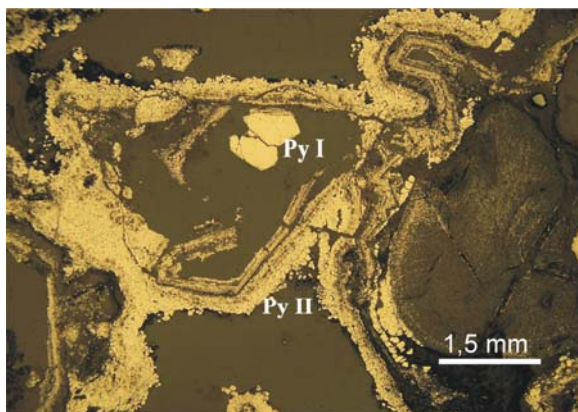
Obr. 10. Srovnání obsahů zlata a stříbra ve zlatinkách.

Fig. 10. Relationship between gold and silver in the gold sheets.



Obr. 11. Automorfní pyrit (Py I) a kolomorfní pyrit (Py II) v „limonitu“. Hláška. Odražené světlo, PPL.

Fig. 11. Euhedral pyrite (Py I) and colloformic pyrite (Py II) hosted by “limonite”. Locality Hláška. Reflected light, PPL.



Tabulka 4. WDX analýzy pyritu, Co-gersdorfitu a galenitu.
Table 4. Pyrite, Co-gersdorfite and galena WDX analyses.

	Fe	Ni	Co	Pb	Ag	Bi	Sb	S	As	Se	Total
VK 1	46,62	0,18	0,04	n.a.	b.d.	n.a.	n.a.	53,20	0,05	b.d.	100,09
VK 4/1	46,89	0,09	b.d.	n.a.	b.d.	n.a.	n.a.	53,52	b.d.	b.d.	100,50
VK 4/2	46,53	0,20	0,04	n.a.	0,06	n.a.	n.a.	53,79	0,05	0,04	100,71
VK 5	46,21	0,51	b.d.	n.a.	b.d.	n.a.	n.a.	53,52	b.d.	0,07	100,31
HL 6/1	46,21	b.d.	b.d.	n.a.	b.d.	n.a.	n.a.	53,02	b.d.	b.d.	99,23
HL 6/2	45,97	0,15	0,26	n.a.	b.d.	n.a.	n.a.	53,67	b.d.	b.d.	100,05
HL 6/3	46,13	0,12	b.d.	n.a.	b.d.	n.a.	n.a.	53,08	b.d.	0,05	99,38
VK 5/1	7,34	19,75	9,48	n.a.	b.d.	b.d.	b.d.	20,62	44,15	b.d.	101,34
VK 5/2	6,87	21,29	8,33	n.a.	b.d.	b.d.	0,06	20,39	44,09	b.d.	101,03
HL 4/1	b.d.	b.d.	b.d.	85,41	0,24	0,94	b.d.	13,62	b.d.	0,14	100,35
HL 4/2	b.d.	b.d.	b.d.	85,48	0,31	0,96	0,08	13,60	b.d.	0,17	100,60

b.d. - pod mezi detekce; b.d. - below the detection limit

n.a. - nebylo analyzováno; n.a. - not analysed

Horní část - pyrit; střední část - Co-gersdorfit, dolní část - galenit. Upper part - pyrite, middle part - Co-gersdorfite, bottom part - galena

Produkty zvětvávání

Poměrně nejhojnějšími hypergenními produkty ve sledovaných křemenných žilách jsou agregáty různě hydratovaných oxohydroxidů železa („limonitu“). Shluky „na místě“ limonitizovaného Mg-sideritu mají typickou mřížovitou texturu, v níž žebra s klencovou symetrií tvoří Fe-oxohydroxid a původní matrice primárního karbonátu je zcela vyluhována.

Typické hypergenní agregáty „limonitu“ zaplňují drobné dutiny v křemenné žilovině. Jejich kolomorfní stavba se vyznačuje střídáním zón s mírně proměnlivou odrazností patrnou v nábrusech. Zonalita, podmíněná mírně rozdílným zastoupením železa (viz níže), je patrná i v obrazech BSE (obr. 12). V centrech kolomorfních „limonitových“ forem bývají místy automorfní zrna monazitu (obr. 12), méně často i korodovaná individua xenitumu.

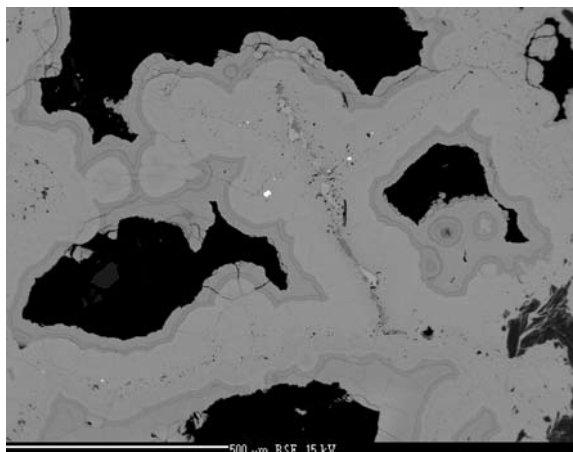
Výsledky WDX analýz (tab. 5) ověřily ve sledovaných hypergenních produktech nejen vysoký podíl Fe_2O_3 (79,7–88,7 hm. %), ale i běžnou příměs SiO_2 (2,7–4,7 hm. %). Obsahy oxidu železitého jsou velmi blízké teoretickému složení goethitu (89,9 hm. %), ale provedené rozpočty na základě stechiometrického dopočtu H_2O vykázaly, s výjimkou analýzy VK 4/1, deficit sumy o 4 až 6 hm. %. Výsledky RTG analýz však jednoznačně přiřadily dané produkty ke **goethitu**. Ve vyrýžovaném podílu vzorků z Vysoké hory byly ojediněle na kolomorfních agregátech Fe-oxohydroxidů identifikovány mikroskopické (100 až 130 μm mocné) kůry s typickou lebnikovitou stavbou, které s největší pravděpodobností patří **hydrohematitu** (analýza VK 5/2 v tab. 5). Ve zcela „limonitizovaných“ pyritech se zachovalou hexaedrickou morfologií byly mikroskopicky zjištěny smouhovité partie odpovídající podle optických vlastností **lepidokrokitu**. Z dalších sledovaných oxidů lze považovat za významný Mn_2O_3 (až 0,42 hm. %). Dvě klasické analýzy na mokré cestě neseparovaných vzorků limonitu obsahovaly 0,38 a 0,23 hm. % MnO a 0,56 a 0,90 hm. % P_2O_5 .

Druhou složku hypergenních produktů tvoří blíže neurčené kumulace jílovité povahy. Žlutohnědá až červenohnědá, velmi měkká až sytká hmota narůstá na shluky Fe-oxohydroxidů a zaplňuje dutiny v křemenné žilovině. V mikroskopických preparátech i v obraze BSE je zřetelně patrný zonální vývin s vrstvičkami mírně chemicky rozdílného složení (obr. 13). Výsledky 6 bodových WDX analýz ze 4 vzorků (tab. 5) s hlavním zastoupením SiO_2 a Al_2O_3 odpovídají chemismu jílových fází ze skupiny **halloysit-allofanové**. Sorpčními schopnostmi dané skupiny minerálů lze vysvětlit zvýšené obsahy Fe_2O_3 i dalších zjištěných oxidů, z nichž nejzajímavějším je relativně vysoké zastoupení Mn_2O_3 vzorku VK 2/3 (Vy-

soká hora). Ve zmíněné asociaci byl difrakční analýzou identifikován také **gibbsit** a sekundární **apatit**.

Obr. 12. Kolomorfní shluk oxohydroxidů Fe. Bílé zrno v centru – monazit. Vysoká hora, BSE foto.

Fig. 12. Collomorphous aggregate of the Fe-oxohydroxides. White grain in the centre is monazite. Locality Vysoká hora, BSE photo.



Tabulka 5. WDX analýzy hypergenních produktů.

Table 5. WDX analyses of the hypergene products.

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Mn ₂ O ₃	As ₂ O ₃	MgO	BaO	ZnO	NiO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Cl	F	Total
VK 2/1	4,14	b.d.	b.d.	81,18	0,42	0,05	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0,06	b.d.	n.a.	b.d.	b.d.	85,85
VK 2/2	4,68	b.d.	b.d.	81,16	0,32	0,06	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	n.a.	b.d.	b.d.	86,22
VK 7/1	4,58	b.d.	b.d.	81,88	0,34	0,08	b.d.	b.d.	0,07	b.d.	0,05	b.d.	n.a.	b.d.	b.d.	87,00
VK 4/1	2,72	b.d.	b.d.	88,71	b.d.	0,06	0,05	b.d.	0,06	0,15	b.d.	b.d.	n.a.	b.d.	b.d.	91,75
VK 4/2	3,23	b.d.	b.d.	83,25	0,05	0,06	0,23	b.d.	b.d.	0,26	b.d.	b.d.	n.a.	b.d.	b.d.	87,08
VK 5/2	1,18	b.d.	0,62	91,48	0,04	n.a.	b.d.	n.a.	0,12	0,04	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	93,48
HL 1/1	2,16	b.d.	b.d.	82,35	0,28	0,07	b.d.	b.d.	0,05	b.d.	b.d.	b.d.	n.a.	b.d.	b.d.	84,91
HL 1/2	3,97	b.d.	b.d.	79,69	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0,05	b.d.	n.a.	b.d.	b.d.	83,71
VK 2/1	33,46	0,76	22,79	9,19	0,10	b.d.	0,87	0,08	b.d.	b.d.	0,21	2,56	n.a.	0,10	0,13	70,25
VK 2/2	34,53	0,72	23,12	8,33	b.d.	b.d.	0,87	0,10	b.d.	b.d.	0,13	2,39	n.a.	0,10	0,15	70,44
VK 2/3	27,15	0,54	24,24	14,05	8,00	b.d.	0,71	b.d.	b.d.	b.d.	0,07	1,33	n.a.	0,10	0,12	76,31
HL 2/1	35,02	0,56	24,27	7,67	b.d.	n.a.	1,02	0,10	0,05	b.d.	0,12	2,20	0,39	0,06	0,12	71,58
HL 4	38,55	0,62	25,22	8,20	0,10	n.a.	1,07	b.d.	b.d.	b.d.	0,07	1,68	0,54	0,07	0,14	76,26
HL 6	38,13	0,57	25,35	7,75	0,06	n.a.	1,00	b.d.	b.d.	b.d.	0,16	1,86	0,43	0,06	0,12	75,49

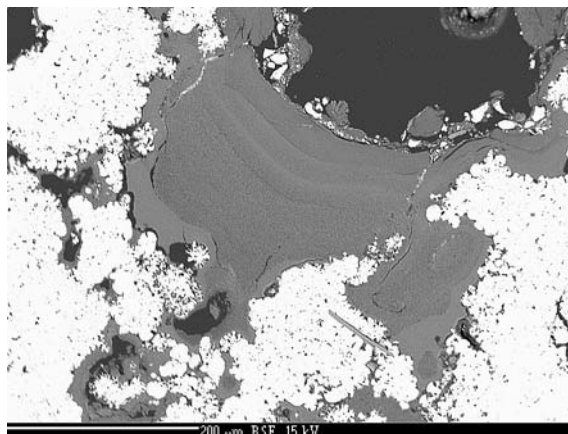
b.d. - pod hranici detekce; b.d. - below the detection limit

n.a. - nebylo analyzováno; n.a. - not analysed

Horní část - „limonit“, spodní část - „allofanoid“. Upper part - „limonite“, bottom part - „allophanoid“

Obr. 13. Jílová výplň dutin (šedé zóny) v agregátech Fe-oxohydroxidů (bílé). Černé - technický tmel. Vysoká hora, BSE foto.

Fig. 13. Zoned clay matrix (grey) filling up a cavity in the Fe-oxohydroxides (white). Locality Vysoká hora, BSE photo.



Fluidní inkluze

Fluidní inkluze byly studovány ve dvou vzorcích žilného křemene z lokality Vysoká hora, v jednom vzorku křemene a karbonátu z kóty Hláska, a pro porovnání i v jednom vzorku křemen-ankeritové žiloviny z vrtu SRS-14 z centrální části andělskohorského revíru. Vzorky z lokalit Vysoká hora a Hláska se vyznačovaly jednoduchou minerální asociací a stavbou, charakterizovanou granoblastickou strukturou křemenných a karbonátových agregátů. Pouze na vzorku z vrtu SRS-14 bylo možno rozlišit dvě generace žilek: 1) starší žilky složené z izometrických minerálních zrn odpovídající vzorkům z Vysoké hory a Hlásky; 2) mladší žilka s vláknitou stavbou křemene a karbonátu, s protaženými individui obou minerálů orientovanými kolmo na stěnu žilky. Fluidní inkluze se ve všech vzorcích vyskytují v hojném počtu, ale spíše v drobných velikostech (běžně 2–10 μm , maximální zjištěná velikost 21 μm). Lze identifikovat všechny tři genetické typy inkluzí – primární, primárně-sekundární i sekundární.

Primární (P) inkluze se vyskytují ve všech vzorcích jako solitérní nebo v trojrozměrných shlucích uprostřed minerálních zrn. Primární inkluze náležejí vždy typu $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$. Tvary primárních inkluzí jsou zpravidla izometrické, nepravidelné, obvykle bez ostrých špičatých výběžků. Za pokojové teploty jsou dvoj- až trojfázové, s asociací 1) vodný roztok + kapalná CO_2 -bohatá fáze + plynná CO_2 -bohatá fáze, nebo 2) vodný roztok + kapalná CO_2 -bohatá fáze. Pro tyto inkluze je charakteristické velmi kolísavé fázové složení za pokojové teploty (20–90 obj. % CO_2 -bohaté fáze). V některých inkluzích izometrického trojrozměrného tvaru nemusí být vodná fáze vůbec viditelná (? 100 obj. % CO_2 -bohaté fáze). Značnou variabilitu fázového složení vykazují jak inkluze ve shlucích, tak inkluze solitérní.

Velmi hojné jsou primárně-sekundární (PS) inkluze, rozmístěné podél neprůběžných krátkých řádků probíhajících křemennými zrny v různých směrech. Charakteristika fázového složení PS inkluzí je stejná jako u primárních inkluzí, s tím rozdílem, že mezi PS inkluzemi v křemenu z lokality Vysoká silně převažují ty, které obsahují pouze CO_2 fázi – vodná fáze nebývá viditelná ani v plochých inkluzích se špičatými výběžky.

Sekundární inkluze, situované na průběžných řádcích protínajících celé zrno křemene, jsou typu H_2O , obsahují převahu vodného roztoku a malou plynnou bublinu (která zaujímá stálých cca 5–10 obj. %).

Výsledky mikrotermometrických měření P a PS inkluzí jsou ve všech vzorcích z lokalit Vysoká hora a Hláska velmi podobné (tab. 6). Teploty parciální homogenizace CO_2 fá-

Tabulka 6. Výsledky mikrotermometrie fluidních inkluzí v křemenu a karbonátech ze studovaných lokalit. Teplotní parametry ve $^{\circ}\text{C}$.

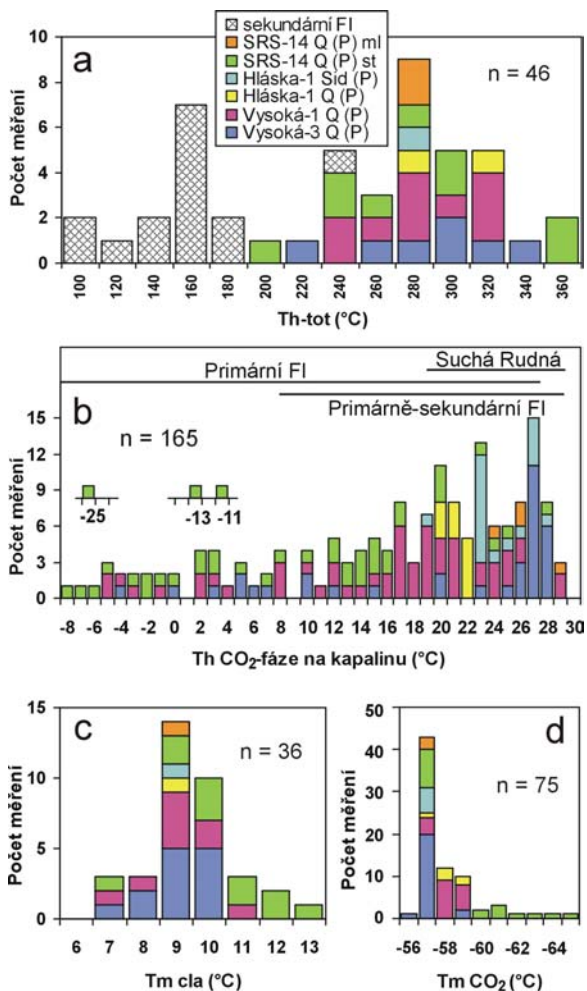
Table 6. Results of fluid inclusion microthermometry from quartz and carbonate from the studied localities. Temperature parameters in $^{\circ}\text{C}$.

Vzorek	Minerál	Geneze	vol. % nevodné fáze	Th-tot*	Th CO_2 -fáze	Tf CO_2	Tm CO_2	Tm ledu	Tm cla
Vysoká-1	křemen	P, PS	20-100	232-317	-5,6/+29,1 (L)	-97/-102	-57,5/-59,7	n.d.	+7,1/+11,4
		S	5-10	123-232				-3,1/-5,4	
Vysoká-3	křemen	P, PS	20-100	221-325	-4,6/+28,7 (L)	-83/-97	-56,7/-59,5	n.d.	+7,3/+10,9
		S	5-10	117-175				-0,8/-1,2	
Hláska-1	křemen	P, PS	30-100	285-319	+20,2/+22,9 (L)	-97/-101	-57,3/-59,2	n.d.	+9,6
		S	5	110-152				-12,9	
	Mg-siderit	P, PS	20-100	271	+19,2/+28,1 (L)	-94/-97	-57,4/-57,7	n.d.	+9,5
SRS-14	křemen-starší	P, PS	20-100	198-362	-25,6/+28,9 (L)	-98/-107	-57,2/-65,1	-0,5	+7,3/+13,5
		křemen-mladší	P, PS	50-100	288-296	+24,3/+26,5 (L)	-97	-57,5/-57,9	n.d.
	ankerit-mladší	P	100?	n.d.	+29,3 (L)	n.d.	-57,4	n.d.	n.d.

* - pro inkluze typu $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ uveden rozsah minimálních teplot homogenizace (for $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ inclusions only minimum Th-tot values are given)

n.d. - nestanoveno (not determined)

ze v křemeni z lokality Vysoká hora kolísají mezi $-5,6$ a $+29,1$ °C (ve všech případech jde o homogenizaci na kapalinu). Nižší hodnoty jsou častěji měřeny v primárních inkluzích, vyšší v primárně-sekundárních (obr. 14b). Naproti tomu v křemeni i Mg-sideritu z lokality Hláska lze konstatovat podstatně užší rozsah hodnot Th-CO_2 , mezi $+19,2$ a $+28,1$ °C (obr. 14b). Při ochlazování inkluzí bylo v mnoha případech pozorováno formování klatrátu na rozhraní mezi H_2O a CO_2 fází za teplot kolem -30 až -36 °C. Kapalná fáze CO_2 vymrzá za



Obr. 14. Výsledky mikrotermometrie fluidních inkluzí v křemeni a karbonátu ze studovaných lokalit. a - histogram homogenizačních teplot (Th pro sekundární inkluze, Th-tot pro primární a primárně-sekundární inkluze s minimálním podílem nevodné fáze); b - histogram teplot parciální homogenizace nevodné fáze v P-PS inkluzích (srovnávací data ze Suché Rudné převzata z práce ĎURIŠOVÉ 1990); c - histogram teplot tání klatrátu v P-PS inkluzích; d - histogram teplot tání tuhého CO_2 v P-PS inkluzích.

Fig. 14. Results of microthermometry of fluid inclusions hosted by quartz and carbonates from the studied localities. a - histogram of the homogenization temperatures (Th for secondary inclusions, Th-tot for primary and primary-secondary inclusions with minimum content of carbonic phase); b - histogram of temperatures of partial homogenization of carbonic phase in P-PS inclusions (comparative data for Suchá Rudná are taken from ĎURIŠOVÁ 1990); c - histogram of the melting temperatures of clathrate in P-PS inclusions; d - histogram of the melting temperatures of solid CO_2 in P-PS inclusions.

teplot -87 až -102 °C. Další ochlazování již nevede k pozorovatelným fázovým změnám. Teploty tání pevného CO_2 se pohybují mezi $-56,7$ a $-59,7$ °C, přičemž nižší hodnoty byly častěji zaznamenány ve vzorku Vysoká-1 (obr. 14d). Tání ledu se nepodařilo zachytit ani jednou vzhledem k malým rozměrům inkluzí. Teploty tání klatrátu kolísají mezi $+7,1$ a $+11,4$ °C (obr. 14c). Ve všech vzorcích byly pozorovány dva módy celkové homogenizace: homogenizace minoritní CO_2 -bohaté fáze v převažujícím vodném roztoku („bubble-point homogenization“), nebo naopak homogenizace minoritní vodné fáze v převažující CO_2 -fázi („dew-point homogenization“). Ve druhém případě však nebylo možno vzhledem k absenci inkluzí vhodného tvaru přesně zjistit homogenizační teplotu (malé množství vodného roztoku „povléká“ stěny inkluze, což znemožňuje pozorování fázového rozhraní). Teploty $T_{\text{h-tot}}$ inkluzí s převahou vodného roztoku jsou velmi variabilní; inkluze s minimálním obsahem (20–25 obj. %) nevodné fáze homogenizují za teplot 221 – 325 °C (obr. 14a), inkluze s vyšším podílem nevodné fáze často dekrepitovaly před dosažením homogenizační teploty.

Ve vzorku SRS-14 vykazují inkluze v křemeni z mladší vláknité žilky shodné mikrotermometrické parametry jako inkluze ve vzorcích z Vysoké hory a Hlásky (tab. 6, obr. 14). Inkluze v křemeni ze starší křemen-pyrit-karbonátové žiloviny vykazují značný rozptyl měřených hodnot (tab. 6, obr. 14), navíc výrazně přesahující datové soubory z ostatních vzorků směrem k výrazně nižším hodnotám $T_{\text{h-CO}_2}$ (až $-25,6$ °C), $T_{\text{f-CO}_2}$ (až -107 °C), $T_{\text{m-CO}_2}$ (až $-65,1$ °C) a vyšším hodnotám $T_{\text{m-cla}}$ (až $+13,5$ °C). Navíc lze konstatovat zřetelný vývoj mikrotermometrických parametrů v rámci starší žilky: starší partie křemenných zrn, přiléhající k okolní hornině, mají nižší hodnoty $T_{\text{h-CO}_2}$, $T_{\text{f-CO}_2}$ a $T_{\text{m-CO}_2}$ a vyšší hodnoty $T_{\text{m-cla}}$ než mladší křemenná zrna ve středu žilky.

Sekundární inkluze ve vzorcích Vysoká hora a Hlásky zamrzají za teplot -37 až -42 °C, přičemž zůstávají bezbarvé. Eutektické teploty a teploty tání hydrátů soli či plynů nebyly zaregistrovány. Poslední led tál za teplot $-0,8$ až $-12,9$ °C. Teploty homogenizací se pohybovaly mezi 110 – 230 °C (tab. 6, obr. 14a).

Interpretace

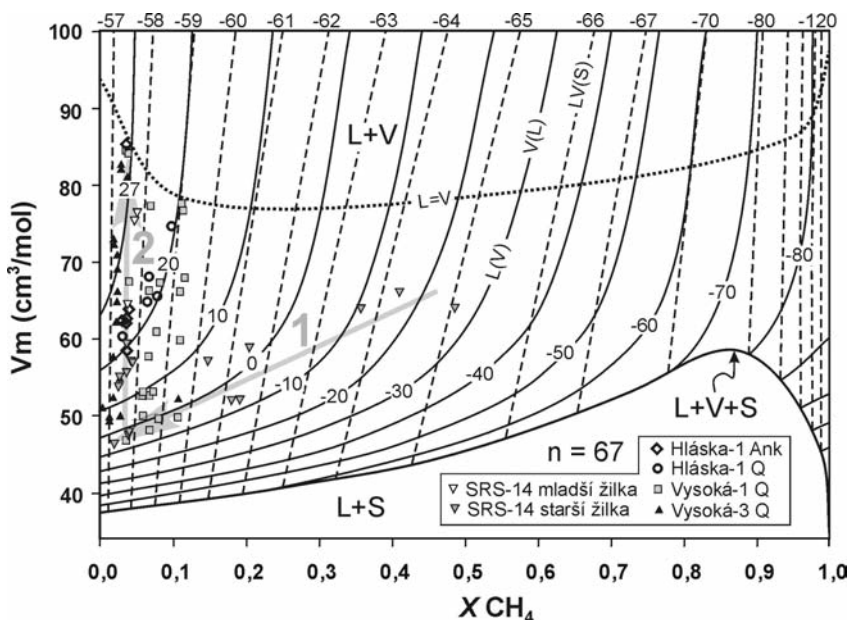
Snížení teploty tání tuhého CO_2 v P a PS inkluzích pod teoretickou hodnotu trojného bodu čistého CO_2 ($-56,6$ °C) nasvědčuje přítomnosti dalšího nízkovroucího plynu v nevodné fázi. Totéž naznačují hodnoty teplot tání klatrátu vyšší než $+10,0$ °C. Naměřená mikrotermometrická data a modelování složení fluidní fáze v programech BULK a ISOC (BAKKER 2003) nasvědčují přítomnosti metanu v daných inkluzích. Projektce naměřených hodnot $T_{\text{m-CO}_2}$ a $T_{\text{h-CO}_2}$ do V-X diagramu systému CO_2 - CH_4 (THIÉRY *et al.* 1994) indikuje přítomnost 1–11 mol. % metanu v nevodné fázi inkluzí ze vzorků z Vysoké hory a Hlásky (obr. 15). Inkluze vzorku Vysoká-3 obsahují v průměru menší příměs metanu než inkluze vzorku Vysoká-1. Z téhož diagramu lze zároveň odečíst molární objem plyné směsi, který ve všech vzorcích kolísá mezi 46 a 85 cm^3/mol (obr. 15). V zásadě stejná charakteristika by platila i pro mladší vláknitou žilku ze vzorku SRS-14. Během krystalizace křemene starší žilky z tohoto vzorku docházelo k systematickému poklesu X_{CH_4} nevodné fáze z hodnoty cca 0,5 na hodnotu pod cca 0,05 za současného snižování molárního objemu (resp. růstu hustoty) fluida (obr. 15).

Salinita vodného roztoku v P-PS inkluzích, počítaná z teplot disociace klatrátu, nepřesáhla 6 hm. % NaCl. Salinita vodných fluid v sekundárních inkluzích se pohybovala mezi 1,4 a 16,8 hm. % NaCl ekv. (BODNAR 1993).

Velmi variabilní fázové složení P a PS inkluzí (zastoupení CO_2 a H_2O fázi), pozorované ve všech studovaných vzorcích, může mít příčinu: 1) v postdepozičních procesech (zaškrcování inkluzí, částečná dekrepitace spojená s únikem části obsahu inkluzí) nebo 2) jde o původní rys dané populace inkluzí, způsobený zachycením heterogenní směsi nevodné fáze a vodného roztoku. Vliv postdepoziční alterace inkluzí se za daného stavu pozná-

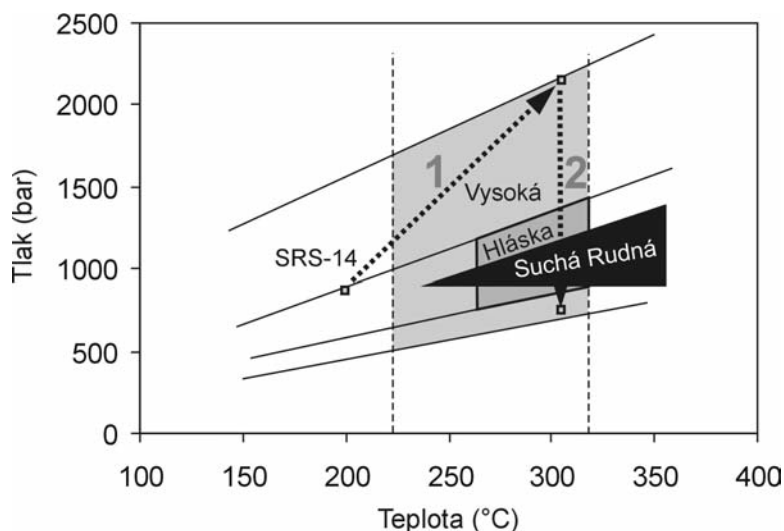
ní jeví jako málo pravděpodobný. Masivní zaškrcování inkluzí lze s jistotou vyloučit (chybí petrografické doklady tohoto procesu, navíc značnou fázovou variabilitu vykazují nejen inkluze ve sluchcích, ale i inkluze solitérní). Částečnou reekvilibraci (stretching) inkluzí při neizochorických změnách PT podmínek nelze a priori vyloučit vzhledem k širšímu naměřenému intervalu hodnot Th-CO₂ (tab. 6), ale tuto skutečnost lze vysvětlit i jinak (viz níže). Dekrepitace inkluzí není pravděpodobná vzhledem k absenci textur typických pro tento jev (dceřinné satelitní inkluze kolem dekrepitované mateřské inkluze; VITYK a BODNAR 1995). Předpokládáme tedy, že většina inkluzí byla zachycena z heterogenního fluida, složeného z mechanické směsi vodného roztoku a nevodné fáze.

V takové situaci je možno specifikovat PT podmínky zachycení inkluzí přímo z mikrotermometrických dat. Homogenizační teploty inkluzí s minimálním obsahem nevodné fáze pak budou reprezentovat skutečné teploty zachycení inkluzí (cca 220–320 °C pro lokalitu Vysoká hora, cca 270–320 °C pro Hláska). Tlak je možno vypočítat pro tyto teploty z inkluzí s převahou nevodné fáze (např. HURAI *et al.* 2002). V našem případě lze takto odvodit tlaky v intervalu 0,5–2,0 kbar pro lokalitu Vysoká a 0,7–1,4 kbar pro lokalitu Hláska (obr. 16). Detailnější rozbor diagramu obr. 16 ukazuje, že pro obě krajní teploty (220 i 320 °C) jsou maximální indikované tlaky vždy přibližně trojnásobkem minimální velikosti tlaku pro stejnou teplotu. Tento jev je obvykle v literatuře vysvětlován kolísáním mezi tlakem litostatickým (maximální hodnoty) a hydrostatickým (minimální hodnoty). Proces formování žil v takových situacích obvykle odpovídá mechanismu crack-seal (HURAI *et al.* 2002). Uvedené interpretace by dobře odpovídaly i našim pozorováním – výrazné kolísání tlaku může být jednak příčinou krystalizace četných minerálních fází (rozpuštěnost minerálních fází ve fluidech závisí na tlaku či obsahu těkavých komponent ve fluidech), dále dobře vysvětluje heterogenní charakter fluidní fáze a v neposlední řadě řeší vznik mikrotrhlin nutných pro zachycení hojných primárně-sekundárních inkluzí.



Obr. 15. Průmět mikrotermometrických dat (Th-CO₂ a Tm-CO₂) P-PS inkluzí do V-X diagramu systému CO₂-CH₄ (THIÉRY *et al.* 1994). Trendy 1 a 2 jsou pro vzorek z vrtu SRS-14 (viz text).

Fig. 15. Position of measured microthermometric data (Th-CO₂ and Tm-CO₂) of P-PS inclusions in the V-X plot of the system CO₂-CH₄ (THIÉRY *et al.* 1994). Trends 1 and 2 are for sample from SRS-14 borehole (see text for details).

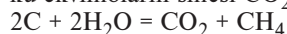


Obr. 16. PT podmínky zachycení P a PS inkluzí z lokality Vysoká hora a Hláška. Hraniční izochory jsou vypočítány pro inkluze s minimální a maximální hustotou nevodné fáze, teplota je indikována minimálními hodnotami T_{h-tot} P-PS inkluzí. Pro srovnání jsou uvedeny i PT podmínky interpretované pro žilkovitou Au-mineralizaci ložiska Suchá Rudná (ĎURIŠOVÁ 1990). Datové body a trendy 1 a 2 charakterizují vývoj PT podmínek ve vzorku SRS-14.

Fig. 16. PT conditions of trapping of P and PS inclusions from the Vysoká hora and Hláška localities. The border isochores are visualised for inclusions showing minimum and maximum density of carbonic phase, the trapping temperature is indicated by minimum T_{h-tot} values of P-PS inclusions. The PT conditions derived from vein Au-mineralization from Suchá Rudná (ĎURIŠOVÁ 1990) are visualised for comparison. The data points and trends 1 and 2 refer to evolution of PT conditions in the sample SRS-14.

Z pohledu vývoje složení, teploty a hustoty fluid je pozoruhodný vzorek SRS-14. Hostitelským prostředím hydrotermální mineralizace tohoto vzorku jsou křehce porušené fylity vrbenské skupiny, jimiž studované žilky prorážejí kose či kolmo k foliaci. Starší část mineralizace vznikala z metanem bohatých fluid za relativně nižších teplot (až kolem 200 °C). Během krystalizace se podíl CH_4 ve fluidech snižoval, zároveň rostla i teplota a tlak (indikováno poklesem molárního objemu plynné směsi; trend 1 na obr. 15 a 16). Během krystalizace mladší vláknité žilky lze pak doložit nízké X_{CH_4} fluid a výrazné kolísání molárního objemu plynné směsi, nasvědčující variacím tlaku (trend 2 na obr. 15 a 16). Uvedený vývoj chemického složení a hustot fluidní fáze by byl zcela v souladu s představou lokálního původu fluid generovaných během metamorfního vývoje hostitelských, grafitem bohatých metasedimentů, nebýt skutečnosti, že studovaná žilkovitá mineralizace *protíná* foliační plochy hostitelských fylitů. V takovém případě je ovšem participace „prográdně-metamorfních“ metanem bohatých fluid (derivovaných z hostitelských fylitů) během formování post-metamorfni mineralizace geologicky nepřijatelná. Přítomnost vysokých obsahů metanu ve fluidní fázi v raných fázích vývoje mineralizace by tak bylo možno vysvětlit dvěma alternativními způsoby:

1. Retrográdní hydratační reakce v grafitem bohatých metamorfitech mohou vést ke vzniku ekvimolární směsi CO_2 a CH_4 (FLATTERY 2005):



Tento model vyžaduje zchlazení hostitelské horninové sekvence za současného zvýšení aktivity vody a následný ohřev (a s ním spojený i nárůst tlaku) během dalšího vývoje hydrotermálního systému (obr. 16);

2. Původ metanu může být odvozen z jiných hornin než z okolních fylitů. V prostoru andělskohorského revíru se jako možný zdroj nabízejí slabě metamorfované flyšové sedimenty andělskohorského souvrství, které vystupují v nadloží fylitů vrbenské skupiny, a které v okolí Suché Rudné rovněž obsahují popisovanou zlatonosnou mineralizaci (viz AICHLER *et al.* 1990). Z prostředí kulmských hornin byla fluida s obsahem metanu popsána ZIMÁKEM *et al.* (2002). Kulm jakožto zdroj CH₄ připadá v úvahu toliko za předpokladu diachronního charakteru metamorfózy fylitů vrbenské skupiny a nadložního kulmu.

Stručné shrnutí poznatků

Hostitelským prostředím sledovaných dlouze čočkovitých křemenno-karbonátových žil s vtroušeným zlatem na Vysoké hoře a Hlásce jsou sericitové fylity vrbenské skupiny. Zlatinky o rozměrech několika mikrometrů až 3,5 mm a ryzosti ~840–920 se vyskytují nejen v křemenu, ale jsou přednostně obsaženy v limonitizovaném Mg-sideritu. Přednostní obsahy zlata v limonitu zjistil již MALEC (1987). V centrální části revíru Suchá Rudná se vyskytují, na rozdíl od Vysoké hory a Hlásky, karbonáty dolomit-ankeritové řady. Historické záznamy uvádějí průměrné obsahy zlata v křemenné rudnině od jednotek až po desítky gramů na tunu. Z prvního kontrolního současného odběru křemenné žiloviny o hmotnosti 6 kg bylo po rozdužení a následném rýžování izolováno 0,0364 g Au, což odpovídá kovatosti 6,07 g/t zlata. Z druhého odběru o hmotnosti 130 kg křemene bylo získáno 0,4078 g Au, tj. 3,14 g zlata v 1 t. Je však možné, že „zlatý prach“ tvořený zlatinkami mikrometrových velikostí z těžké frakce při rýžování unikl. Nehojný pyrit dvojího typu (drobně zrnitý a mladší, porézni) má v typomorfních stopových prvcích jen mírně zvýšené zastoupení niklu, obsahy kobaltu jsou většinou pod hranici detekce WDX analýz. V jednom vzorku z Vysoké hory byl identifikován intimní srůst pyritu s Co-gersdorfitem. Zcela podřadně je v rudnině zastoupen galenit se stopovým obsahem bismutu (~0,9 hm. %), který bývá považován za indikátor sekrečně metamorfních procesů při formování sulfidických asociací. Běžnou akcesorií je rutil (sagenit), méně často i ilmenit a zcela ojediněle i albit. Hypergenní kolomorfní shluky oxohydroxidů železa obsahují v centrech individua monazitu, místy i xenotimu a ojediněle je lemují i lebníkovité mikroskopické formy hydrohematitu. Jde o určitou paralelu se Suchou Rudnou, kde byl v podobné pozici identifikován florencit. Dutiny v goethitu zaplňují rozsypavé shluky blíže neurčené jílovité fáze ze skupiny allofan-halloysitové. RTG analýzou byl v dané asociaci identifikován i gibbsit a sekundární apatit. V těžké frakci, vyrýžované z křemenno-karbonátové žiloviny byl zjištěn v limonitových kumulacích i anglesit, cerusit, a ojediněle i pyromorfit.

Fluidní inkluze v křemenech a karbonátech zachytily heterogenní směs nízkosalinního vodného roztoku a nevodné fáze, v níž převažuje CO₂ (89–99 mol. %) nad metanem (1–11 mol. %). Mineralizace vznikala za teplot 200–320 °C a tlaků 0,5–2,0 kbar. Výsledky studia fluidních inkluzí jsou rámcově srovnatelné s údaji, které pro žilkovitou zlatonosnou mineralizaci (autory interpretovanou jako metamorfně mobilizovanou) z prostoru střední části andělskohorského revíru získali AICHLER *et al.* (1990) a ĎURIŠOVÁ (1990). Výrazně vyšší obsah metanu ve vzorku SRS-14 (v rané etapě mineralizace až 50 mol. % v nevodné fázi) může nasvědčovat širší cirkulaci fluidů (? vliv velmi slabě metamorfovaných sedimentů moravskoslezského kulmu) během formování žilkovité zlatonosné mineralizace.

Morfologie křemenných žil, přítomnost akcesorických minerálů – albitu, rutilu a ilmenitu, chemismus zlata, složení fluidní fáze i zjištěné PT podmínky nasvědčují formování dané mineralizace v průběhu pozdních fází metamorfního přepracování hostitelského horninového prostředí během variské orogeneze. Proces vzniku křemenných žil odpovídá mechanismu *crack-seal*.

Obě studované lokality jsou geneticky blízké zrudnění v centrální části andělskohorského rudního revíru – Suché Rudné. Perspektivní koncentrace zlata jsou i zde soustředě-

ny v horizontech „tmavých“ fylitů (AICHLER a OREL 1985, AICHLER *et al.* 1990), ale vyskytují se v několika morfologických seskupeních: vtroušené v karbonátových fylitech, v post-metamorfní prožilkové karbonátové mineralizaci i v sekrečních čočkovitých dolomit-ankeritových žilách, v nichž je křemen vedlejší součástí. Sulfidický doprovod je pestřejší než na Vysoké hoře a Hlásce. Tvůří jej vedle nejčastějšího arzenopyritu i chalkopyrit, pyrhotin, sfalerit, galenit a markazit. Žilné asociace se zlatem neobsahují akcesorický rutil, ani albit (FOJT *et al.* 1989). Typologie pyritů i poměr stopového zastoupení Co a Ni je v obou srovnávaných územích přibližně shodné (údaje ze Suché Rudné: KVAČEK 1988, 1990). Lze tedy uvažovat o tom, že obě studované lokality (Vysoká hora a Hláska) představují *dílicí časový a látkový úsek* vývoje mineralizace rozsáhlého andělskohorského revíru. Zmíněný názor potvrzují i výsledky analýz fluidních inkluzí.

Poděkování

Autorský kolektiv děkuje mateřským pracovištím za vytvoření příznivých podmínek k práci na dané problematice. M. Gregerové a D. Všianskému děkujeme za provedení mikrofotografií, R. Škodovi a R. Čopjakové za WDX analýzy minerálních fází, J. Štelcovi za aplikaci metod elektronové mikroskopie, P. Kadlecovi za provedení klasických chemických analýz a V. Vávrovi za provedení difrakčních analýz. Za řadu informací z průzkumné činnosti organizace GP Rýmařov a výzkumů bývalého ÚÚG (dnes ČGS) v dané oblasti patří naše poděkování F. Čermákovi a J. Večeřovi. Studium fluidních inkluzí bylo finančně podpořeno projektem IGA UP PrF/2011/010. Za pečlivé a podnětné recenzní posouzení práce vyslovujeme poděkování K. Pošmournému a J. Večeřovi.

LITERATURA

- AICHLER, J., 1992: Vznik Au-mineralizace Andělskohorského rudního revíru v Jeseníkách. – MS, Kandidátská disert. práce, ČGÚ Praha, pob. Brno, prac. Jeseník.
- AICHLER, J., OREL, P., 1985: Strukturální vrt SRV-4 (Suchá Rudná). – MS Ústř. úst. geol. Praha.
- AICHLER, J., PROSOVÁ, M., SEKÝRA, J., 1988: Výzkum paleoreliéfu se zřetelem k výskytu Au v oblasti Suchá Rudná. – *Zprávy o geol. výzk. v r. 1985*, 11–13. Praha.
- AICHLER, J., FOJT, B., CHÁB, J., KVAČEK, M., NOVOTNÝ, P., OREL, P., VANĚČEK, M., 1990: Zlatonosná mineralizace na lokalitě Suchá Rudná v Jeseníkách. – *Sbor. geol. věd, Ložisk. geol., mineral.*, 29: 79–107. Praha.
- ANDERS, E., GREVESSE, N., 1989: Abundances of the elements: Meteoritic and solar. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, 53: 197–214.
- BAKKER, R. J., 2003: Package FLUIDS 1. New computer programs for the analysis of fluid inclusion data and for modelling bulk fluid properties. – *Chem. Geol.*, 194: 3–23.
- BODNAR, R. J., 1993: Revised equation and table for determining the freezing point depression of H₂O-NaCl solutions. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, 57: 683–684.
- D'ELVERT, CH., 1866: Zur Geschichte des Bergbaues und Hüttenwesens in Mähren und Österr. Schlesiens. – *Schriften der stat.-hist. Section der mähr.-schles. Gesellschaft*, 15.
- ĎURIŠOVÁ, J., 1990: Charakteristika nerostotvorného prostředí na vybraných lokalitách Jeseníků na základě studia fluidních inkluzí. – *Sbor. Geol. Věd, lož. geol. mineral.*, 29: 167–186.
- FLATTERY, Y., 2005: Fluids in metapelitic granulites and Bulai granitoids of the Messina area, Central Zone of the Limpopo Belt, South Africa. – MS, unpubl. Ph.D. thesis, University of Johannesburg.
- FOJT, B., ZEMAN, J., LOSOS, Z., 1989: Souhrn výsledků dosažených v letech 1984 až 1989 při mineralogickém výzkumu lokality Suchá Rudná. – MS PíF UJEP Brno.
- HOLLOWAY, J. R., 1981: Compositions and volumes of supercritical fluids in the earth's crust. – In: HOLLISTER, L. S., CRAWFORD, M. L. (eds.): MAC Short Course in Fluid Inclusions, Vol. 6, pp. 13–38. Mineralogical Association of Canada.
- HURAI, V., KIHLE, J., KOTULOVÁ, J., MARKO, F., ŚWIERCZEWSKA, A., 2002: Origin of methane in quartz crystals from the Tertiary accretionary wedge and fore-arc basin of the Western Carpathians. – *Appl. Geoch.*, 17: 1 259–1 271.

- HURAIOVÁ, M., HURAI, V., SLOBODNÍK, M., 2002: Základy štúdia fluidných inklúzií v mineráloch. – MU Brno a UK Bratislava.
- KRČMÁŘOVÁ, J., 1985: Mineralogicko-geochemická charakteristika ložiskových karbonátů z lokality Suchá Rudná u Bruntálu. – MS, PřF UJEP Brno.
- KRUŽA, T., 1973: Slezské nerosty a jejich literatura. – Moravské muzeum, Brno.
- KVAČEK, M., 1988: Geochemický výzkum rudních minerálů z ložiska Suchá Rudná. – MS ÚNS Kutná Hora.
- KVAČEK, M., 1990: Geochemické zhodnocení rudních minerálů ve vzorcích ze Suché Rudné. – MS ÚNS Kutná Hora.
- LOWAG, J., 1901: Die Goldvorkommen am Hohen Berg und Oelberg. – *Oesterr. Zeitschrift für Hüttenwesen*, 49: 415–431. Wien.
- MALEC, J., 1987: Chemické složení zlata z výskytů v oblasti Jeseníků. – MS, Ústav nerostných surovin, Kutná Hora.
- MALEC, J., KAVALÍR, J., JANSÁ, J., 1990: Zlato a doprovodné minerály z oblasti Jeseníků. 2. část výskytů. – MS, Ústav nerostných surovin, Kutná Hora.
- MELION, J. V., 1895: Der Gegenwärtige Goldbergbau in Österr. Schlesien. – *Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines*, 1, 2: 23–24. Troppau.
- MOHR, H., 1939: Gold und Goldbergbau in Schlesien. – *Mont. Rundsch.*, 31, 8/9: 21–36.
- NOVÁK, J., 1977: Rudný revír Andělská Hora. – *Zprávy Okr. archivu v Bruntále*, 15–92. Bruntál.
- NOVOTNÝ, P., PAULIŠ, P., KRÁL, J., 2008: Výzkum rudní mineralizace na ložiscích Vysoká, Hláska a Georg v Andělskohorském rudním revíru. – *Zpr. Vlastivěd. muz. v Olomouci*, 293–295: 85–89. Olomouc.
- POŠEPNÝ, F., 1895: Die Goldvorkommen Böhmens und der Nachbarländer. – *Archiv für praktische Geologie*, 2.Bd. Freiberg, Sachsen.
- POUCHOU, J., PICHOR, F., 1985: „PAP“ procedure for improved quantitative microanalysis. – *Microbeam Analysis*, 20: 104–105. London.
- THIÉRY, R., VAN DEN KERKHOFF, A. M., DUBESSY, J., 1994: VX properties of CH₄-CO₂ and CO₂-N₂ fluid inclusions: modelling for T <31°C and P <400 bars. – *Eur. J. Mineral.*, 6: 753–771.
- VITYK, M. O., BODNAR, R. J., 1995: Textural evolution of synthetic fluid inclusions in quartz during reequilibration, with applications to tectonic reconstruction. – *Contrib. Mineral. Petrol.*, 121: 309–323.
- ZIMÁK, J., LOSOS, Z., NOVOTNÝ, P., DOBEŠ, P., HLADÍKOVÁ, J., 2002: Study of vein carbonates and notes to the genesis of the hydrothermal mineralization in the Moravo-Silesian Culm. – *J. Czech Geol. Soc.*, 47, 3–4, 111–122. Praha.
- ZÍTEK, B., 1968: Předběžná zpráva o geologickém mapování v měř. 1:10 000 v oblasti Vysoké již. od Vrba p. Pradědem. – In: PANOVSÝ, K. et al.: Závěrečná zpráva – Hrubý Jeseník. MS, archiv Geol. průzk. Zlaté Hory.

