

Scheelitová mineralizace z kontaktních Ca-skarnů v žulovském a třebíčském masivu

Scheelite Mineralisation of the Ca-Skarns in Žulová Batholith and Třebíč Batholith (Czech Republic)

KATEŘINA ŽALUDKOVÁ¹, ZDENĚK LOSOS¹, JOSEF VEČEŘA²

¹Institute of Geological Sciences, Masaryk University, Kotlářská 2, Brno, CZ – 611 37, Czech Republic; e-mail: voda.dobra@centrum.cz, losos@sci.muni.cz; ²Czech Geological Survey, Branch Brno, Regional Office Jeseník, Erbenova 348, Jeseník, CZ – 790 01; e-mail: josef.vecera@geology.cz

Abstract: The two Ca-skarn localities with scheelite mineralisation situated in different geological units were studied, including WDX-analysis, cathodoluminescence and analysis of heavy metal fraction from secondary enriched sediments. The Žulová Batholith is represented by accessory scheelite in two mineral assemblages: a garnet skarn, and a greisenized pyroxene skarn (chlorite-quartz layer with relicts of pyroxene). Primary scheelite contains a higher MoO₃ amount (up to 2.12 wt. %) than washed scheelite (up to 0.42 wt. %). Some grains are zonal in the cathodoluminescence. However, scheelite assemblages in the Třebíč Batholith are generally similar: a pyroxene skarn, and a garnet skarn.

Nevertheless, the conditions of the scheelite crystallization in the skarn bodies were slightly different according to the different accessory minerals in every assemblage. Primary scheelite in the Žulová Batholith is more enriched in MoO₃ (0.04 – 2.12 wt. %) than primary scheelite in the Třebíč Batholith (0.15 – 0.35 wt. %). The majority of the garnets studied was classified as grossular and most pyroxenes appertained to hedenbergite. In both the batholiths, scheelite occurs in reduced tungsten late skarns associated with ilmenite-series granitoids. Differences in the composition of the scheelite, garnets and pyroxenes were caused by various compositions in fluids and protoliths and differences in the oxygen fugacity conditions.

Key words: garnet, mineral chemistry, Moldanubicum, pyroxene, scheelite, Silesicum, tungsten skarn, Třebíč Batholith, Žulová Batholith

ÚVOD

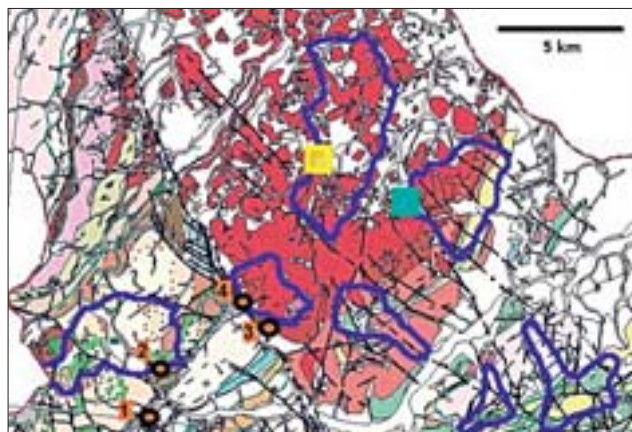
Skarnová tělesa žulovského a třebíčského masivu obsahují akcesorický scheelit, který se druhotně objevuje ve šlichových vzorcích v okolí primárních výskytů. Tato práce studuje minerální asociace se scheelitem, chemismus scheelitu a doprovodných minerálů a genetické vztahy scheelitu v primární hornině. Záměrem bylo vyhodnotit chemismus, asociace a morfologii výskytů scheelitu v okolí Starého Podhradí a Boží hory u Žulové na Žulovsku. Výsledky jsou porovnány se scheelitem z Hostákova a Slavic v třebíčském masivu (TM). Další částí práce bylo studium scheelitu ze šlichů žulovského masivu (ŽM) a sousední staroměstské skupiny (SSK), jehož cílem bylo upřesnit jeho provenienci.

GEOLOGIE, PETROLOGIE A LOŽISKOVÉ POMĚRY SCHEELITU ŽULOVSKÉHO A TŘEBÍČSKÉHO MASIVU

Z regionálně geologického hlediska náleží studované lokality v prostoru žulovského masivu (obr. 1) k jednotce silezika. Žulovský masiv je postorogenní variské těleso (Pouba et al. 1962), které představuje vrcholovou část největšího plutonického tělesa granitoidů v sileziku. Na skarny, vznikající metasomatickým zatlačováním karbonátových hornin v kontaktní aureole masivu, jsou zde vázány grossularem bohaté minerální asociace (Grs + Ves + Epi + Di + Sch) (Kruřa 1973, Losos 1985). Jedná se o plošně uložené čočky vápenato-silikátových hornin se scheelitem na kontaktu s granitem v jv. části žulovského masivu (Doubravský et Brhel 1981). Výskyty scheelitu impregnačního typu tvoří shluky a proužky. Doprovodnými minerály scheelitového zrudnění jsou sulfidy (pyrit, pyrhotin a výjimečně chalkopyrit) (Večeřa et Skácelová 2006). Scheelit je rovněž nalézán ve šlichových vzorcích ve snosových oblastech ohraničených na obr. 1 fialovou linií. Koncentrace scheelitu jsou prostorově i geneticky spjaté s žulovskými granitoidy. Vývoj scheelitové impregnace probíhal podél kontaktních ploch a různých ploch diskontinuity uvnitř těles původních „erlanů“ (Doubravský et Brhel 1981). Studované lokality Hostákov a Slavice (obr. 2) leží v oblasti třebíčského masivu, který je součástí moldanubické oblasti (Misař et al. 1983). Tvoří intruzivní těleso (asi 500 km² velké)

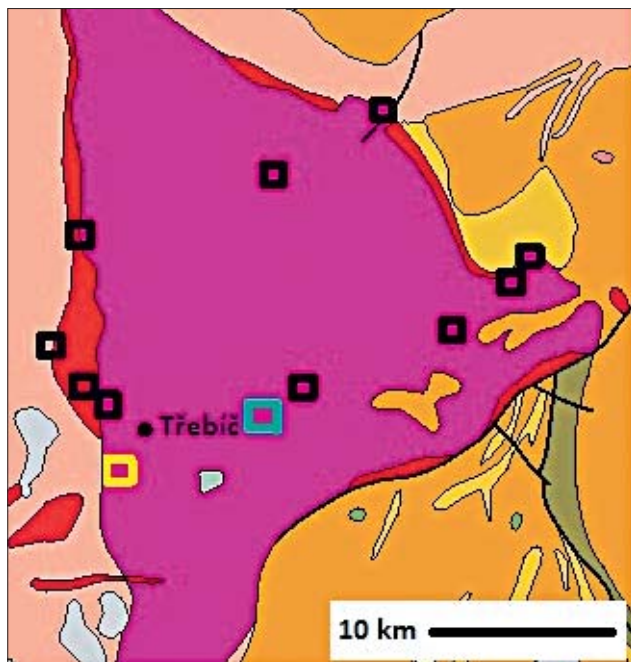


postkinematických variských durbachitů (Stárková et al. 1993). Primární výskyty scheelitu jsou zde vázány na bimetasomatické difúzní skarny a obdobné Ca-Si horniny. Scheelit je hojnější v hrubozrnných pyroxenických a granát-pyroxenických skarnech, zatímco v plagioklasem bohatých diopsidových horninách je spíše ojedinělý (Bubeníček 1966, Houzar 1982). Relativně častý je i ve šlichových vzorcích z většiny malých oblastních vodních toků (Bubeníček 1966, Jurák et Tenčík 1970, Chrt et al. 1982). Scheelitonosné skarny jsou dvou typů. Prvním typem je Fe-chudý reakční skarn o nevelké mocnosti na hranicích mramorů a migmatitů s akcesorickým scheelitem v pyroxen-plagioklasové zóně (s mladším aktinolitickým amfibolem). Lze doložit jeho metasomatický vznik na styku Al-Si hornin (metapelitů) a metatektických pegmatitů s mramory (Houzar 1998). Druhým typem je grossularem bohatý skarn, doprovázený rohovci. Sulfidy ve větším množství bývají přítomny pouze v těchto rohovcích (Houzar 1998). Tyto scheelitové skarny (obsah scheelitu nezdědk > 1%) jsou pravděpodobně produktem rekrystalizace starších Ca-Si hornin (pyroxenické ruly, reakční skarny apod.). Rekrystalizace probíhala za přínosu OH, F, W, příp. i Fe mladšími fluidy, spjatými s magmatickými horninami, do mramorů nebo vápenato-silikátových hornin (Houzar et Němec 1985, Novák et al. 1990, Houzar 1998). Ve smyslu Meinerta (Meinert 1992) jde převážně o skarnoidy. Původní mramor (pokud byl přítomen) bývá reakcemi téměř vyčerpán a je vzácný (např. Dyjice, Slavice) (Houzar 1998).



Obr. 1. Studované výskyty scheelitu v žulovském masivu a staroměstské skupině s geologickým podložím: □ Boží hora, □ Staré Podhradí. Hranice snosové oblasti scheelitu, — Lokality šlichové prospekce: 1 – Horní Lipová – Dlouhá dolina, 2 – Ztracené údolí – Lesní čtvrť, 3 – Vápenná – Vápenný potok, 4 – Vápenná – Zelený potok (Czech Geological Survey 2004; Albrechtová 1984; Večeřa et Skácelová 2006, upraveno).

Fig. 1. Studied occurrences of scheelite in the Žulová Batholith and the Staroměstská Group on the map of bedrock: □ Boží hora, □ Staré Podhradí. Boundary line of source area of scheelite, — Localities of scheelite washing prospecting: 1 – Horní Lipová – Dlouhá dolina, 2 – Ztracené údolí – Lesní čtvrť, 3 – Vápenná – Vápenný potok, 4 – Vápenná – Zelený potok (Czech Geological Survey 2004; Albrechtová 1984; Večeřa et Skácelová 2006, modified).



Obr. 2. Geologická mapa primárních výskytů scheelitu v třebíčském masivu s vyznačenými studovanými lokalitami: □ Hostákov; □ Slavice; □ Výskyty scheelitu (Czech Geological Survey 2005, Houzar 1982, upraveno).

Fig. 2. Geological map of primary scheelite localities in the Třebíč Batholith with marked studied localities: □ Hostákov; □ Slavice; □ Scheelite localities (Czech Geological Survey 2005, Houzar 1982, modified).

HISTORIE VÝZKUMŮ SCHEELITOVÉ MINERALIZACE V ŽULOVSKÉM A TŘEBÍČSKÉM MASIVU

První zmínka o scheelitu z žulovského masivu pochází od Staňka (Staněk 1953), který jej popsal jako nejmladší nerost v druze hesonitu s vesuvianem a diopsidem z katastru obce Žulová (Kruťa 1973). Minerál byl původně chybně určen jako apatit (Staněk 1953). V letech 1950–1954 se problematice scheelitu na Žulovsku věnoval Černý, který popsal scheelit na haldě kontaktních nerostů z žulového lomu u Kaltenštejna na katastru Starého Podhradí u Žulové (Černý 1956). Další poznatky přinesly výzkumy Kruťi v letech 1953, 1958 a 1961–1963 (Kruťa 1973) a studie „Žulovský masiv“ (Grünnerová 1973). Doubravský a Brhel (1980, 1981) v rámci prospekčního a vyhledávacího průzkumu scheelitového zrudnění v žulovském masivu a jeho plášti popsal scheelit v minerální asociaci erlanu a granátovce. Podle uvedených autorů je nevýznamné scheelitové zrudnění vázáno na xenolity krystalických vápenců pláště masivu a na „erlanové“ polohy při kontaktu nadložních migmatitů a podložních granitů žulovského masivu (Doubravský et Brhel 1981). Další studie scheelitu pocházejí od Doubravského a Lukeše (Lukeš 1983), Albrechtové (Albrechtová 1984) a Čablové et al. (Čablová et al. 1987). Naposled bylo studováno těleso taktitu se scheelitem nedaleko „Korálových jam“ u Žulové (Novotný et Zimák 2001).

První zmínka o scheelitu na Třebíčsku pochází od Bubeníčka (1966), který jej našel v pyroxenickém skarnu v Čechtině a rovněž upozornil na jeho akcesorický výskyt v durbachitech třebíčského masivu ve dvou výrazných, ve směru SV–JZ orientovaných zónách. Již dlouho předtím však na kopci Křemel u Hostákov našel Němec (1946) horninu bohatou granátem, kterou však chybně pokládal za pyroxenický diorit. Revizi výskytu provedl Houzar (1982) a popsali jej Houzar a Němec (1985). Na zmapování výskytů scheelitu se pak významně podílel Houzar (1982, 1984), který při luminiscenčním průzkumu skarnů a mramorů našel scheelit na dalších lokalitách: Čechočovice, Lukov, Kněžice, Nová Ves, Pokojovice, Sokolí, Řípv, Vladislav, Slavice, Hostákov a Kojatín (Houzar 1982, 1984, 1998). Bohatší nálezy u Hostákov geochemicky a mineralogicky zhodnotila Geindustria, n. p. (Horáková et Páša 1985). Průzkum ukázal, že skarny jsou reliktní složkou kry o rozměrech 100 x 50 m, pocházející z krystalického obalu masivu. Kra je zaklesnutá do durbachitu. Dodatečný vliv durbachitu třebíčského masivu patrně způsobil nejen zrudnění skarnů scheelitem, ale také jejich nabohacení o fluór (fluorit, vesuvian) a plagioklas (Houzar 1985). Výskyt byly dále podrobněji studovány Horákovou (Horáková 1987), Houzarem a Šreinem (Houzar et Šrein 1993) a naposled Houzarem (Houzar 1990, 1998, 2006).

METODY VÝZKUMU

V létě roku 2008 byla provedena šlichová prospekce scheelitu ve fluvialních sedimentech v klidné části toku na 4 zvolených lokalitách žulovského masivu a sousední staroměstské skupiny: Horní Lipová – Dlouhá dolina, Ztracené údolí – Lesní čtvrť, Vápenná – Vápenný potok a Vápenná – Zelený potok. K makroskopickému a mikroskopickému studiu byly použity vzorky scheelitonosných hornin žulovského masivu z průzkumu Vidnavská klenba (Čablová et al. 1987), zapůjčené v pobočce ČGS Jeseník. Tyto byly doplněny o sběry autorů a položky studované v depozitářích MZM v Brně.

Vzorky scheelitonosných skarnů z třebíčského masivu poskytl ke studiu S. Houzar.

Vzorky byly studovány na Ústavu geologických věd PřF MU následujícími metodami: a) studium a fotodokumentace pomocí fotoaparátu Canon 400; b) fotodokumentace luminiscence scheelitu pod dvěma UV lampami (typ UVK6) byla provedena ve spolupráci s V. Vávrou fotoaparáty Olympus C740 a Canon A510; c) separace scheelitových zrn ze šlichů pomocí stereomikroskopu a UV lampy typu UVK6; d) mikroskopická pozorování nábrusů a výbrusů za použití polarizačního mikroskopu Zeiss Jenalab pol; mikroskopické preparáty scheelitových zrn i primárních hornin zhotovil J. Povolný; e) mikroskopická fotodokumentace byla zhotovena ve spolupráci s L. Plchovou pomocí mikroskopu Nikon Japan OPTIPHOT2-POL a fotoaparátu Camedia digital C-3030, a ve spolupráci s M.

Gregerovou pomocí mikroskopu Olympus BX51 a fotoaparátu Olympus Camedia C5060; f) katodovou luminiscenci (CL) s horkou katodou typu HC2-LM SIMON-NOISER (SRN) a fotodokumentaci scheelitu provedl J. Leichmann na 14 pokovených výbrusech při urychlovacím napětí 14 kV a proudové hustotě 10–40 mA/mm²; výbrusy byly napařeny uhlíkem na pracovišti elektronové mikroskopie a mikroanalýzy; g) chemismus scheelitu z primárních výskytů i ze šlichů byl stanoven elektronovou mikrosoudou Cameca SX 100 (operátoři R. Čopjaková, R. Škoda a P. Gadas) za podmínek: vlnově disperzní mód, urychlovací napětí 15 kV, proud svazku 5 nA a 10 nA, velikost svazku 5 μm a 20 μm. Byly použity standardy: Cr₂Ta₂O₆, andradit, columbit – Ivičut, TiO, Sn, W, rhodnit, Pb, Se, Mo, Bi, YAG, ScVO₄, Hf, chromit, olivín, fluorapatit a Sb. Na mikrosoudě byly rovněž zhotoveny mikroskopické fotografie scheelitu ze šlichů v CL; h) WDX-analýzy byly přepočteny na empirické vzorce. Hodnota *apfu* udává počet atomů na vzorcovou jednotku, zkratka *b.d.* (below detection) značí hodnotu pod mezí detekce.

V textu jsou použity zkratky minerálů podle Chace (1956) a Kretze (1983): Al – almandin, Am – amfibol, Ab – albit, Ad – andradit, Ap – apatit, Bt – biotit, Cal – kalcit, Cpx – klinopyroxen, Chl – chlorit, Di – diopsid, Ep – epidot, Fl – fluorit, Fs – živec, Fyl – fylosilikát, Grt – granát, Hd – hrdenbergit, Hes – hesonit, Kfs – K-živec, Lm – „limonit“, Ms – muskovit, Pl – plagioklas, Prh – prehnit, Px – pyroxen, Qtz – křemen, Sch – scheelit, Sps – spessartin, Tit – titanit, Ves – vesuvian, Wo – wollastonit.

MINERALOGIE A CHEMISMUS SCHEELITU ŽULOVSKÉHO A TŘEBÍČSKÉHO MASIVU

Scheelit v krystalochemické klasifikaci minerálů se řadí ke skupině scheelitu, do sekce molybdenanů a wolframanů (Strunz et Nickel 2001).

1. Mineralogie scheelitu žulovského masivu

Žulovský masiv je reprezentován dvěma scheelitovými asociacemi: první je **asociace greisenizované skarnové polohy, tvořené chloritem a křemenem s reliktním pyroxenem** (Staré Podhradí, Boží hora u Žulové). Makroskopicky patrné jsou živce, křemen, v případě zonálního kontaktu i wollastonit. Scheelit tvoří hypautomorfní až automorfní krystaly (0,2–2 cm) či zrnité agregáty (< 2 mm) v dutinách greisenizované pyroxenické horniny, často s křemenem (patrně hydrotermálním). Pokud jsou zrna na kontaktu s křemenem, tvoří scheelit automorfní krystaly do velikosti 2 cm (obr. 3). Scheelit může obsahovat uzavřeniny křemene. Luminiscence scheelitu je modrobílá. Asociace I je reprezentována dvěma podtypy:

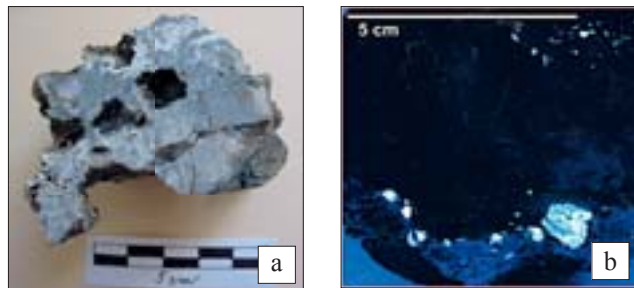
I.1. pyroxenická hornina s křemenem, I.2. pyroxenická hornina s křemenem a živcem. Hornina asociace I bývá často alterovaná. Podtyp I.2 je sekundárně pórovitý,

pokud je přítomen křemen či vesuvian. V alterované hornině tvoří scheelit bílé, nepravidelně zrnité agregáty.

Mikroskopické složení asociace I je variabilní především v akcesoriích: $Sch + Qtz + Chl \pm Px \pm Am \pm Plg \pm Kfs \pm Ms \pm Bt \pm Ap$. Zrna mohou být pseudomorfována kalcitem, nebo kolem zrna vzniká korozní lem, který má rychle pohasínající luminiscenci blízkou apatitu.

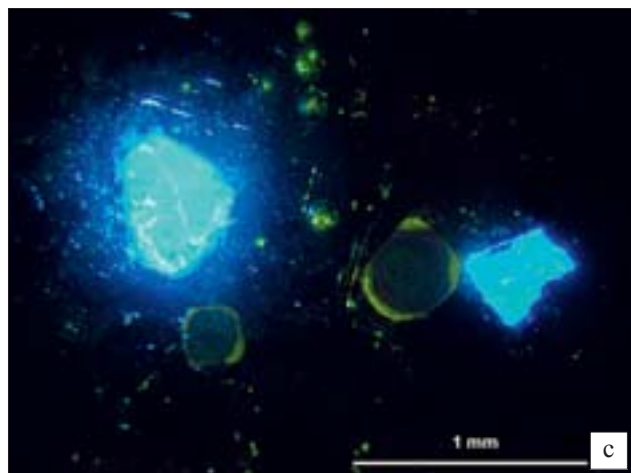
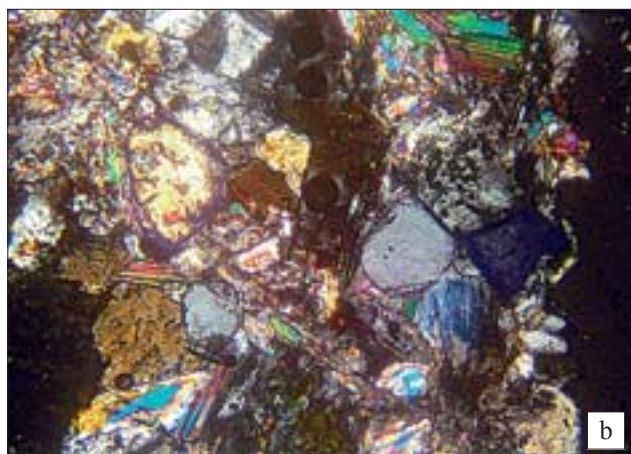
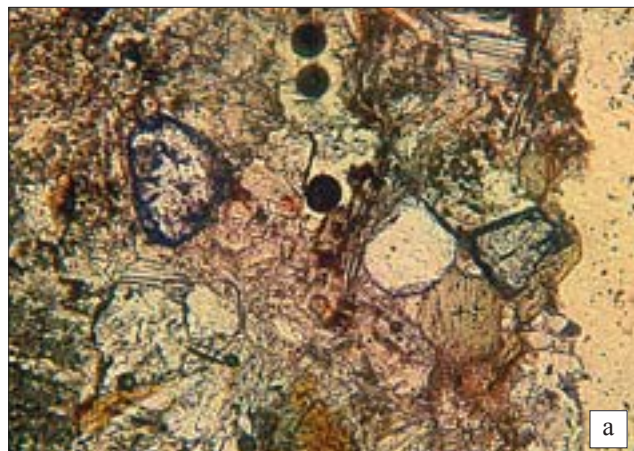
Ve výbrusech je patrné větší množství fylosilikátů – anomálně modrý chlorit v podobě vějířků a červíkovitých útvarů, a shluky hypautomorfního, destičkovitého muskovitu, pronikající do dutin nebo křemenných zrn společně s chloritem. Pyroxeny bývají přítomny jako xenomorfní zrna nebo uzavřeniny v scheelitu či křemeni. Křemenné čočky tvoří mladší fázi v chloritizované pyroxenické hornině. Sekundární hydrotermální křemen, s blíže neurčenými inkluzemi, uzavírá relikty původního skarnu (chloritizované biotity, pyroxeny). Vicegenerační akcesorické apatity se vyskytují ve skupinách (obr. 4). Patrné jsou sericitizované živce, přeměněná zrna plagioklasů a rozložené jehlice bezbarvého až nazelenalého aktinolitů, uzavírané v pyroxenu.

Lze rozlišit tři vývojové fáze horniny: 1. původní pyroxenický skarn s živcem, plagioklasy a biotitem nebo muskovitem; 2. hydrotermální fáze představuje transformaci pyroxenů, chloritizaci biotitu, vznik vějířkovitého a červíkovitého chloritu, křemene a sericitizaci živců původního pyroxenického skarnu; 3. fáze (ne vždy přítomná) reprezentovaná supergenní limonitizací scheelitonosného skarnu.



Obr. 3. Scheelit na kontaktu s křemennou čočkou v sekundárně pórovité chloritizované hornině (výbrus Z3A, tab. 1). Tentýž vzorek v UV záření (b).

Fig. 3. Scheelite on the contact with quartz pocket in secondary porous chloritized rock from Staré Podhradí near Žulová (analysis Z3A in tab. 1) (a). The same rock in UV radiation (b).



Obr. 4. Scheelit s muskovitem, křemenem, chloritem a vícegeneračním apatitem z Boží hory u Žulové hory (analýza Z3A, tab. 1); a) PPL, b) XPL, c) CL.

Fig. 4. Scheelite with muscovite, quartz, chlorite and multi-generation apatite from Boží hora near Žulová hory (analysis Z3A, tab. 1); a) PPL, b) XPL, c) CL.

Druhou minerální asociací je **skarn s převahou granátu** (obr. 5) (Staré Podhradí, Boží hora), který je místy protkán sekundárními kalcitovými žilkami. Tento typ je reprezentován dvěma podtypy, jimž odpovídají dvě mikroskopické minerální asociace: **II.1. granáticko-vesuvianový skarn** ($Sch + Grt + Px \pm Ep \pm Di \pm Ves \pm Prh \pm Cal$), který může být křehce deformovaný i sekundárně pórovitý. Ojedinelé, téměř automorfní krystaly scheelitu bez alterací (velikost 0,3–0,9 cm) jsou zarostlé do monominerálních partií granátu anebo narůstají na sloupečcích vesuvianu. **II.2. granáticko-epidotický skarn** ($Sch + Grt + Ep \pm Qtz$) je méně nabohacený scheelitem. Hornina může být sekundárně pórovitá. Drobné krystalky scheelitu o velikosti 0,2–0,4 cm bývají zarostlé v granátu nebo epidotu.

Granáty jsou křehce deformované. Některá zrna jsou sektorově zonální, či anomálně dvojlomná a undulózně zřáhající. Častým jevem jsou mladé sektorové kostrovité žilky klinozoisitu pronikající napříč zrny granátu, vesuvianu, křemene a chloritu. V křemeni mohou být uzavřena

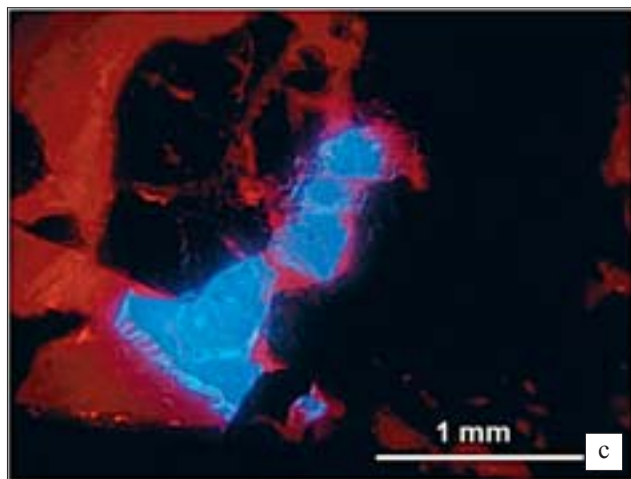
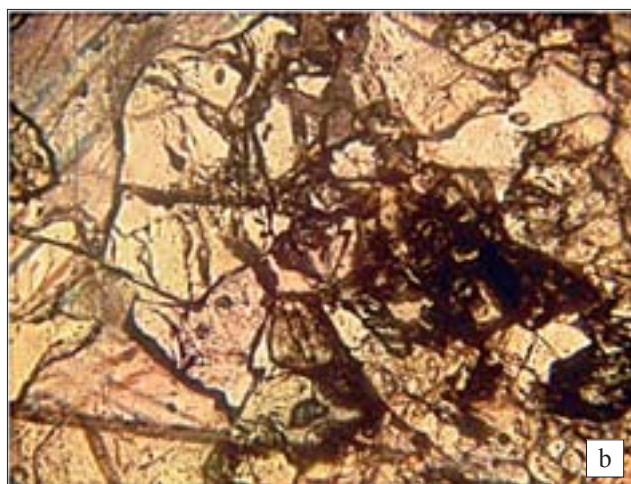
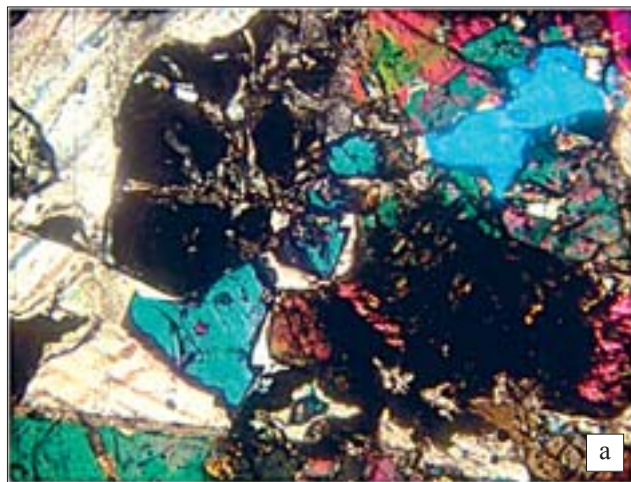
zrna pyroxenu; místy do něj proniká amfibolový azbest; objevuje se i obecný amfibol (hornblend). Pyroxeny jsou zatlačovány mladším bezbarvým amfibolem (tremolitem?), někdy srůstají s narůžovělým granátem. Z živeců převažují plagioklasy; K-živce je méně častý. Kalcit může uzavírat zrna křemene, vesuvianu, pyroxenu a scheelitu; patrné jsou reliktu wollastonitu v kalcitu. Akcesorický titanit bývá uzavřen v granátu či pyroxenu.

U minerálních asociací II.1 a II.2 lze rozlišit čtyři vývojové fáze horniny: 1. granáticko-vesuvianový, popř. granáticko-epidotický skarn s pyroxeny, živcem a titanitem. Nejstarším minerálem je granát. V dutinách mezi jeho individui jsou mladší krystaly epidotu a vesuvianu. 2. fáze reprezentuje stádium prehnitizace, vznik klinozoisitu pronikajícího granáty a vesuvianu, a přeměny pyroxenu na amfibol. Ve 3. fázi došlo ke karbonatizaci, během níž se kalcit vyloučil v některých polohách horniny (obr. 6). Ve 4. fázi byla hornina sekundárně „limonitizována“. Fáze 2–4 jsou zastoupeny pouze u minerální asociace II.2.



Obr. 5. Granáticko – vesuvianový skarn se scheelitem ze Starého Podhradí u Žulové (a). Detail krystalků scheelitu téhož vzorku (b). Vzorek inv. č. a2700, Moravské zemské muzeum v Brně.

Fig. 5. Garnet – vesuvianite skarn with scheelite from Staré Podhradí near Žulová (a). Detail of scheelite crystals of the same rock (b). Sample inv. no. a2700, Moravské zemské muzeum in Brno.



Obr. 6. Granáticko – epidotický skarn se scheelitem a sekundárním kalcitem z Boží hory u Žulové. a) PPL, b) XPL, c) CL.

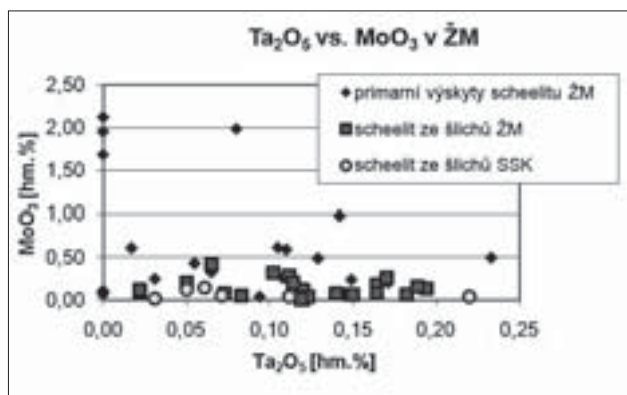
Fig. 6. Garnet – epidote skarn with scheelite and secondary calcite from Boží hora near Žulová. a) PPL, b) XPL, c) CL.

Chemismus primárního i sekundárního scheelitu žulovského masivu se liší v obsahu minoritních prvků (Žaludková 2009). Koncentrace CaO v scheelitu z primárních výskytů žulovského masivu se pohybují v rozmezí 19,47–20,59 hm. %,

u WO_3 je to 78,13–80,89 hm. %. Scheelit ze šlichů obsahuje 19,04–20,04 hm. % CaO a 78,92–81,98 hm. % WO_3 . Barthelmy (2000) uvádí teoretické obsahy (dle krystalochemického vzorce scheelitu) 19,48 hm. % CaO a 80,52 hm. % WO_3 .

Primární scheelit žulovského masivu obsahuje MoO_3 (max. 2,12 hm. %), Ta_2O_5 (max. 0,24 hm. %) (obr. 7), SiO_2 (až 0,1 hm. %), FeO (0,08 hm. %), As_2O_3 (až 0,07 hm. %), SnO_2 (až 0,07 hm. %), PbO (až 0,06 hm. %), P_2O_5 (0,04–0,07 hm. %) a HfO_2 (až 0,09 hm. %). Ve Starém Podhradí jsou zrna zonální v CL.

Scheelit ze šlichů (ŽM, resp. SSK) obsahuje nízký až nulový podíl MoO_3 , Ta_2O_5 (do 0,23 hm. %), P (0,02–0,09 hm. % P_2O_5), Si (až 0,06 hm. % SiO_4), Pb (až 0,06 hm. % PbO), Nb (až 0,07 hm. % Nb_2O_5), Fe (max. 0,03 hm. % FeO). Několik zrn scheelitu ze šlichů mělo sektorovou či oscilační zonálnost v CL (obr. 8, 9), způsobenou změnami obsahů některého z luminiscentních prvků.



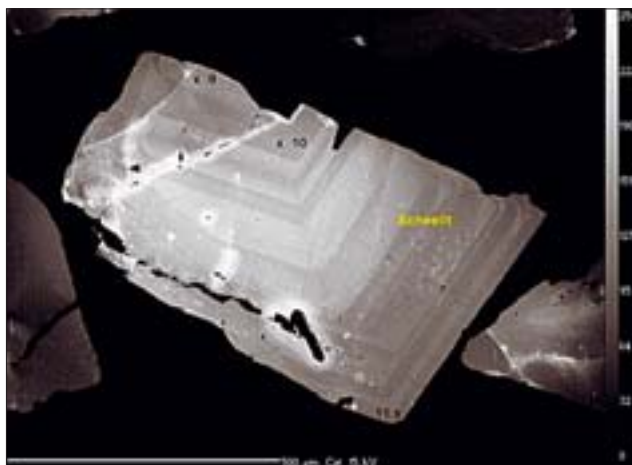
Obr. 7. Obsahy Ta_2O_5 a MoO_3 v scheelitu z primárních výskytů žulovského masivu (ŽM) a ze šlichů v oblasti žulovského masivu a staroměstské skupiny (SSK).

Fig. 7. Contents of Ta_2O_5 a MoO_3 in scheelite from primary rock of Žulová Batholith (ŽM) and from washed rock of the Žulová Batholith and the Staroměstská Group (SSK).

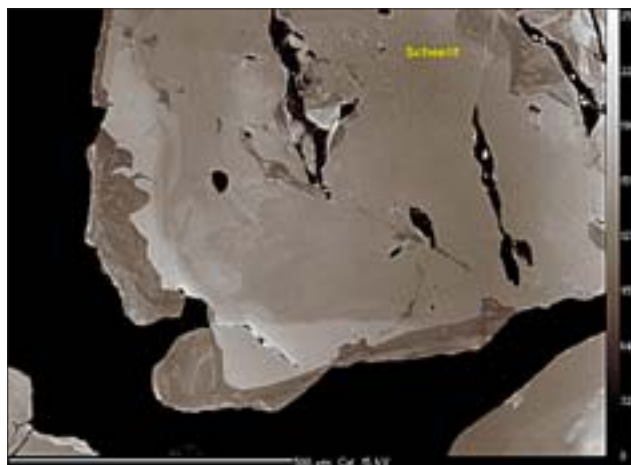
Tab. 1. Reprezentativní WDX-analýzy scheelitu z primárních výskytů žulovského masivu (Z3A, Z11) a ze šlichů v oblasti staroměstské skupiny (Sch2) a žulovského masivu (Sch3).

Tab. 1. Representative WDX-analysis of scheelite from primary rock of the Žulová Batholith (Z3A, Z11) and from washed rock in local area of the Staroměstská Group (Sch2) and the Žulová Batholith (Sch3).

Vzorek	PRIMÁRNÍ SCHEELIT					SEKUNDÁRNÍ SCHEELIT ZE ŠLICHŮ					
	výbrus Z3A		výbrus Z11			Výbrus Sch2			Výbrus Sch3		
Data	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CaO	19,47	19,68	19,71	19,80	19,65	19,72	19,69	19,63	19,46	19,71	19,55
TiO ₂	b.d.	b.d.	0,02	0,01	0,01	0,01	b.d.	b.d.	0,00	0,02	0,01
SnO ₂	b.d.	0,01	0,01	b.d.	b.d.	0,04	b.d.	0,01	0,02	b.d.	0,03
WO ₃	79,78	80,32	79,92	78,75	80,89	81,72	81,69	81,38	81,57	81,38	81,05
Ta ₂ O ₅	0,03	0,11	0,15	0,08	0,02	0,05	0,06	0,11	0,12	0,07	0,02
FeO	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0,08	0,03	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
MnO	b.d.	0,02	0,01	b.d.	b.d.	b.d.	0,01	b.d.	b.d.	b.d.	0,02
PbO	0,05	b.d.	b.d.	b.d.	0,06	b.d.	b.d.	b.d.	0,02	b.d.	0,03
MoO ₃	0,25	0,07	0,24	1,98	0,61	0,12	0,14	0,04	b.d.	0,07	0,08
Nb ₂ O ₅	0,01	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0,02	b.d.	0,15	0,05	0,01	b.d.
P ₂ O ₅	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,02	0,06	0,02	0,07	0,05	0,06
SiO ₂	0,03	0,04	0,01	b.d.	b.d.	b.d.	0,02	0,06	0,01	b.d.	0,03
Y ₂ O ₃	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0,01	b.d.	b.d.	0,03	b.d.	b.d.	b.d.
Sc ₂ O ₃	b.d.	b.d.	0,01	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0,01	b.d.	b.d.	b.d.
Al ₂ O ₃	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0,01	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
MgO	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0,01	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0,01
As ₂ O ₃	0,02	b.d.	0,02	0,02	b.d.	b.d.	0,02	b.d.	b.d.	0,03	b.d.
Total	99,69	100,29	100,14	100,70	101,41	101,76	101,68	101,47	101,32	101,37	100,89
apfu											
Ca ²⁺	1 001	1 006	1 008	0,997	0,992	0,995	0,993	0,993	0,986	0,998	0,995
Ti ⁴⁺	0	0	0,001	0	0	0	0	0	0	0,001	0
Sn ⁴⁺	0	0	0	0	0	0,001	0	0	0	0	0
W ⁶⁺	0,991	0,992	0,988	0,958	0,986	0,996	0,996	0,994	0,998	0,995	0,996
Ta ⁵⁺	0	0,001	0,002	0,001	0	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0
Fe ²⁺	0	0	0	0	0,003	0,001	0	0	0	0	0
Mn ²⁺	0	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0	0,001
Pb ²⁺	0,001	0	0	0	0,001	0	0	0	0	0	0
Mo ⁶⁺	0,005	0,001	0,005	0,039	0,012	0,002	0,003	0,001	0	0,001	0,002
Nb ⁵⁺	0	0	0	0	0	0	0	0,003	0,001	0	0
P ⁵⁺	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,001	0,002	0,001	0,003	0,002	0,003
Si ⁴⁺	0,001	0,002	0	0	0	0	0,001	0,003	0	0	0,001
Y ³⁺	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0	0	0
Mg ²⁺	0	0	0	0	0,001	0	0	0	0	0	0
As ³⁺	0,001	0	0,001	0,001	0	0	0,001	0	0	0,001	0



Obr. 8. Oscilační růstová zonálnost scheelitu ze šlichu z Vápenného potoka na katastru obce Vápenná s vyznačenými analýzami v CL (Sch3, tab. 1).
Fig. 8. Oscillatory growth zonation of scheelite from washed rock of Vápenná stream on the local area of Vápenná village with marked analyses (sch3, tab. 1).



Obr. 9. Sektorová zonálnost scheelitu ze šlichu ze Starého Podhradí u Žulové v CL.
Fig. 9. Sector zonation of scheelite from washed rock of Staré Podhradí.

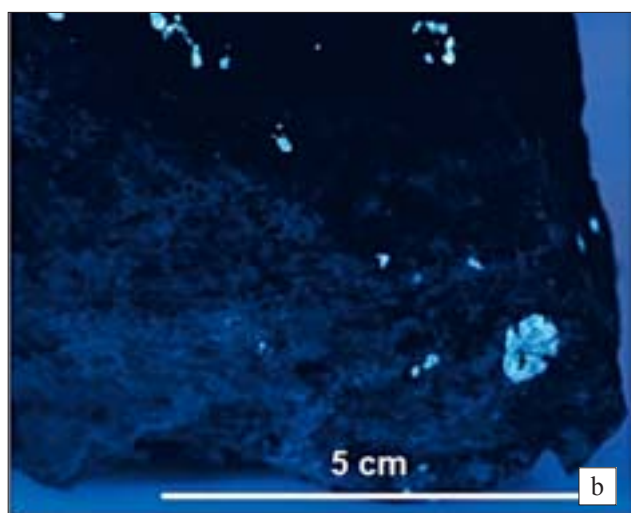
2. Mineralogie scheelitu třebečského masivu

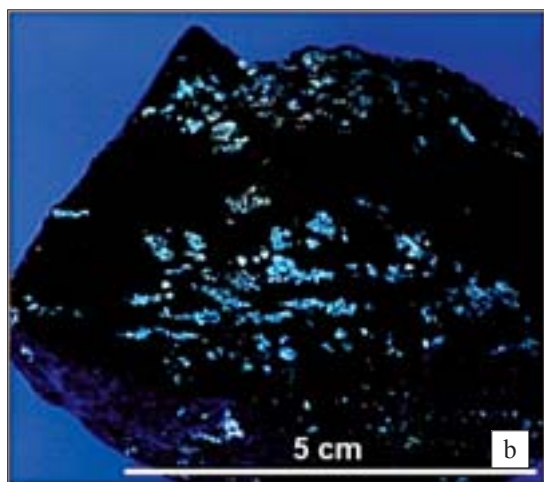
Na studovaných lokalitách u Hostákova a ve Slavicích je scheelit vázán na menší heterogenní skarnoidní tělesa; ve Slavicích se objevuje na rozhraní karbonátových a silikátových hornin. Minerál se vyskytuje ve dvou typech: 1. nepravidelné shluky scheelitových zrn roztroušených v hornině anebo xenomorfní zrna (0,1–1 cm) (obr. 10), 2. zrna orientovaná do pásků o délce 2–3 cm dle foliace (obr. 11).

Studované scheelitonosné skarny třebečského masivu jsou zastoupeny ve dvou minerálních asociacích (Žaludková 2009): I. **Scheelitonosný pyroxenický skarn** (obr. 10), resp. hornina s převahou pyroxenu nad granátem, přítomný v Hostákově i ve Slavicích, s mikroskopickým složením: $Sch + Px > Grt \pm Qtz \pm Ves \pm Epi \pm Fyl \pm$ jílové minerály; II. **Scheelitonosný granátický skarn** (obr. 11), resp. hornina s převahou granátu nad pyroxenem, reprezentovaný dvěma mikroskopickými asociacemi: II.1. $Sch + Grt + Px + Epi + Ves + Qtz + Fyl + Fl \pm Prh$ v Hostákově a II.2. $Sch + Grt + Px/Am \pm Qtz \pm Pl \pm Ms \pm Fl \pm Prh \pm (Tit \gg Ap)$ ve Slavicích. V některých případech je pyroxenická hornina prorážena žilkou granátu. Pyroxeny ze Slavic jeví známky alterace.

Obr. 10. Pyroxenický skarn z Hostákova (analýza Hostákov 1, tab. 1) (a).
Tentýž vzorek pod UV zářením (b).

Fig. 10. Pyroxenic skarn from Hostákov (analysis Hostákov 1 in tab. 1) (a).
The same sample of rock in UV radiation (b).





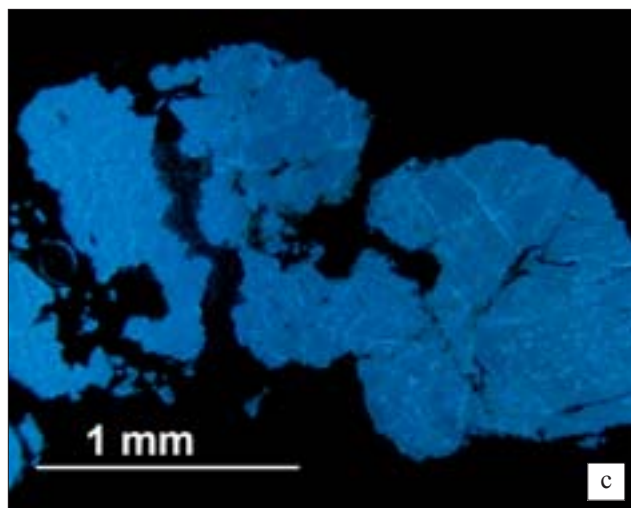
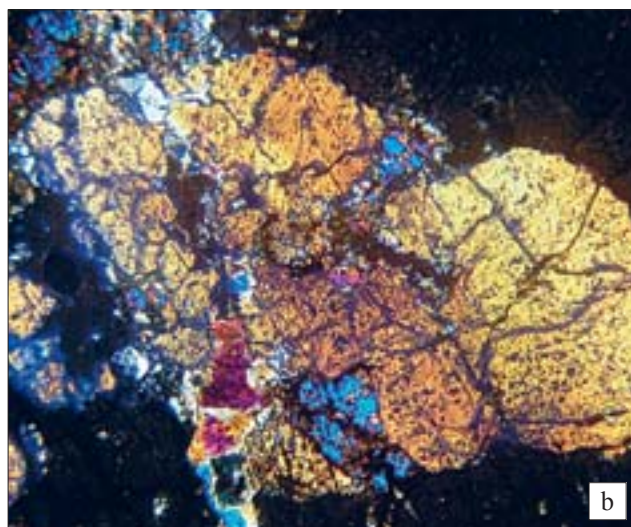
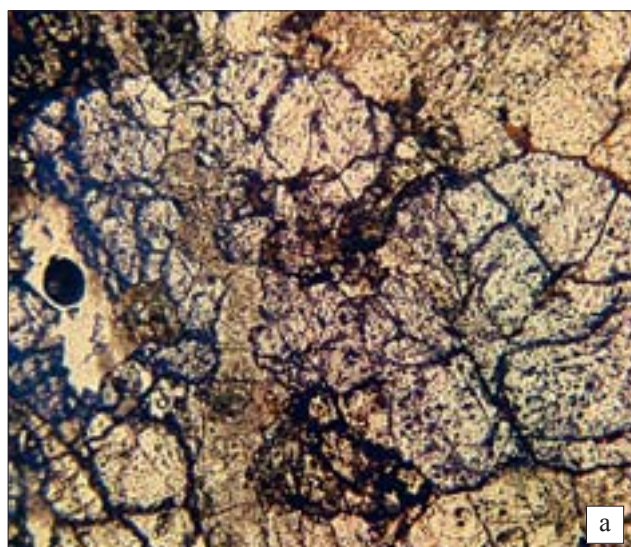
Obr. 11. Granátický skarn ze Slavice (analýza Slavice 2, tab. 2) (a). Tentýž vzorek pod UV zářením (b).

Fig. 11. Garnet skarn from Slavice (analysis Slavice 2 in tab. 2) (a). The same sample of rock in UV radiation (b).

Scheelitová zrna z Hostákova (0,2–1 cm) mají vnitřní trhliny, jsou podrcena a některá sektorově zžháší. Scheelit je vázán na pyroxenické, vzácněji na epidotické partie. Někdy může scheelit uzavírat zrna pyroxenu. Objevuje se sekundární zatlačování okraje zrn limonitem.

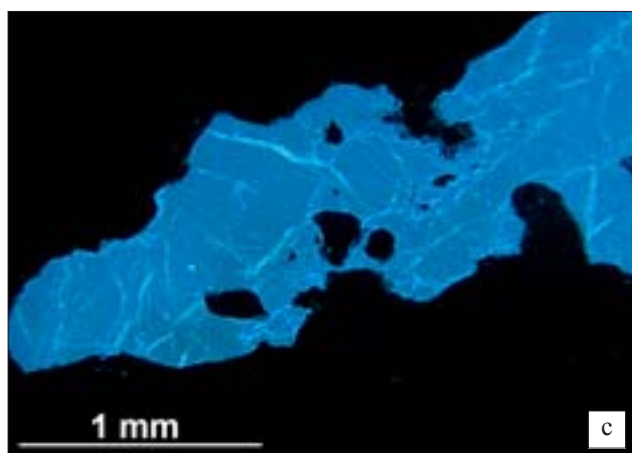
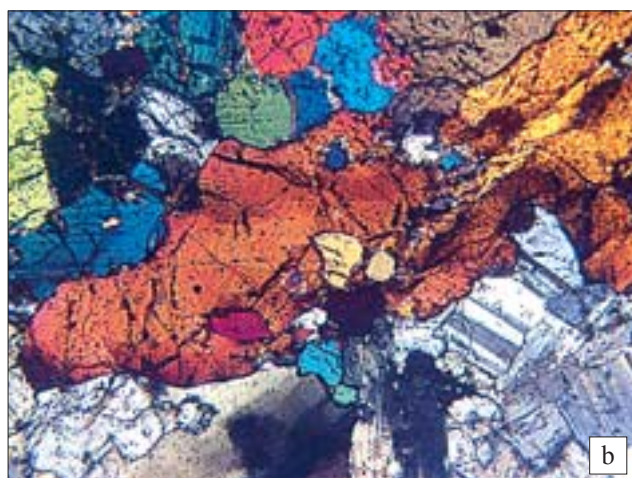
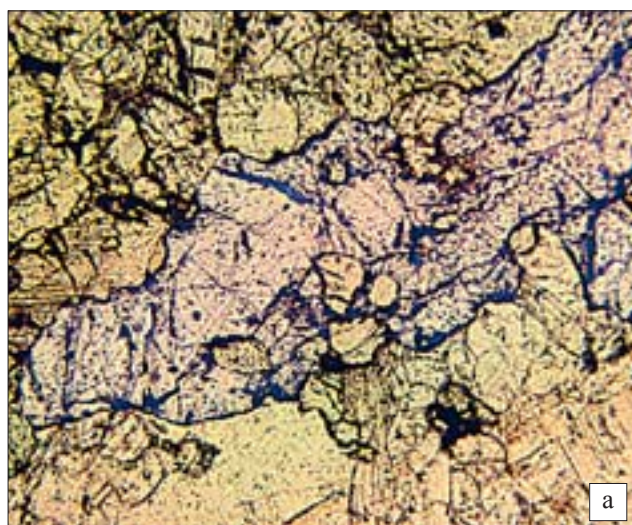
Scheelit ze Slavice tvoří výplň intergranulárních prostor, patrně vytvořených během metamorfních přeměn. Běžně uzavírá pyroxeny či granáty. Zrna o velikosti 0,2–0,7 cm bývají na okrajích alterovaná a sektorově zžháší. Zrna scheelitu jsou narušena systémem trhlin, ale nejsou podrcena jako scheelit z Hostákova.

V Hostákově minerální asociaci I neobsahuje fylosilikáty ani jílové minerály. Scheelitová zrna jsou podrcená, s vnitřními trhlinami (obr. 12). Naopak v scheelitonosných horninách ze Slavice se v minerální asociaci I objevují fylosilikáty a jílové minerály, ale vesuvian ani křemen není přítomen; horniny jsou více alterovány. Scheelit má méně výrazné trhliny ve srovnání s hostákovským scheelitem (obr. 13).



Obr. 12. Scheelit z Hostákova v asociaci s pyroxenem a epidotem (analýza Hostákov 2, tab. 2). a) PPL, b) XPL, c) CL.

Fig. 12. Scheelite from Hostákov in association with pyroxene and epidote (analysis Hostákov 2 in tab. 2). a) PPL, b) XPL, c) CL.



Obr. 13. Scheelit ze Slavic v asociaci s pyroxenem, plagioklasem, křemenem a titanitem (analýza Slavic 1, tab. 2). a) PPL, b) XPL, c) CL.
 Fig. 13. Scheelite from Slavic in association with pyroxene, plagioclase, quartz and titanite (analysis Slavic 1 in tab. 2). a) PPL, b) XPL, c) CL.

Minerální asociace II.1 je typická pro scheelitonosné skarny z Hostákova. Kromě pyroxenu a granátu se objevuje křemen a epidot. V Hostákově je možný vztah fluoritu k minoritnímu, fluorem bohatému vesuvianu. Může být přítomen xenomorfní prehnit.

V minerální asociaci II.2 ze Slavic se často objevuje fluorit, prehnit a akcesorický automorfní titanit. Z fylsilikátů je přítomen muskovit. Pyroxen může být na okrajích (i na kontaktu se scheelitem) částečně přeměněný na amfibol.

V širším okolí scheelitu se vyskytují akcesorické sulfidy (např. pyrit v Hostákově), shluky jemných jehliček Mn-klinozoisitu (thulit) ve Slavicích. Rudní minerály (např. ilmenit) bývají uzavřeny v křemeni.

Granáty jsou většinou xenomorfní, s žilkami klinozoisitu. V Hostákově jsou dutinky staršího grossularu vyplněné anomálně dvojlomnými granáty, „fluorgranáty“ a fluoritem. Granáty mohou uzavírat pyroxeny, titanit anebo scheelit.

Pyroxeny jsou nazelenalé, často přeměněné na aktinolit anebo na žlutozelené jílové minerály (nontronit). Zrna granátů tvoří uzavřeniny v pyroxenech (Slavice). Někdy naopak granáty uzavírají polysynteticky lamelovaný Mg-hedenbergit (Hostákov).

Z akcesorických minerálů byly mikrosondou zjištěny zeolity ve Slavicích, a allanit a zirkon v Hostákově. Dalšími akcesoriemi jsou pyrit, zirkon, apatit a titanit.

Primární scheelit obsahuje 19,38–19,88 hm. % CaO, 79,63–80,75 hm. % WO₃, 0,02–0,36 hm. % Ta₂O₅, do 0,4 hm. % MoO₃, Nb (až 0,07 hm.% Nb₂O₅), P (0,02–0,08 hm. % P₂O₅) a Si (až 0,06 hm. % SiO₂) (tab. 2). Železo bylo často pod mezí detekce; v Hostákově dosáhlo 0,05 hm. % FeO. Některá zrna scheelitu prokazují zonálnost Ta. V zonálním scheelitu z Hostákova klesá obsah Ta₂O₅ směrem ze středu k okraji; zonální scheelit ze Slavic má více Ta₂O₅ v okrajích než ve středech zrn. Naopak u P₂O₅ je trend zcela zřejmý – směrem od středu k okraji se koncentrace zvyšuje jak u scheelitu ze Slavic, tak z Hostákova (obr. 14).

Tab. 2. Reprezentativní WDX-analýzy scheelitu z primárních výskytů třebičského masivu z Hostákova a ze Slavice.
 Tab. 2. Representative WDX-analyses of primary scheelite from the Třebíč Batholith from Hostákov and Slavice.

Vzorek	Hostákov 1			Hostákov 2			Slavice 1			Slavice 2	
Data	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CaO	19,70	19,88	19,58	19,48	19,66	19,51	19,50	19,70	19,68	19,69	19,59
TiO ₂	b.d.	0,01	0,02	b.d.	b.d.	b.d.	0,01	0,01	b.d.	b.d.	b.d.
SnO ₂	b.d.	0,01	0,04	0,03	b.d.	b.d.	0,03	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
WO ₃	80,47	80,16	80,60	80,15	80,41	80,26	80,18	80,18	80,03	80,50	80,73
Ta ₂ O ₅	0,13	0,09	0,07	0,09	0,16	0,03	0,02	0,12	0,14	0,12	0,18
FeO	b.d.	0,01	b.d.	b.d.	b.d.	0,05	0	0,01	b.d.	b.d.	0,02
MnO	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0,01	b.d.	0,03	b.d.
PbO	0,03	b.d.	b.d.	b.d.	0,01	b.d.	b.d.	b.d.	0,02	0,01	b.d.
MoO ₃	0,15	0,19	0,19	0,36	0,35	0,28	0,24	0,25	0,25	0,29	0,24
Nb ₂ O ₅	b.d.	b.d.	0,07	0,02	0,03	0,02	0,01	0,05	0,04	0,04	b.d.
Bi ₂ O ₃	0,07	0,01	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0,02	0,02
P ₂ O ₅	0,04	0,04	0,04	0,02	0,03	0,04	0,07	0,08	0,05	0,03	0,07
SiO ₂	0,01	0,03	0,01	0,04	0,01	0,06	b.d.	b.d.	0,05	0,02	0,02
Y ₂ O ₃	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0,02	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
Sc ₂ O ₃	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0,01	b.d.
Al ₂ O ₃	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0,01	b.d.	b.d.
MgO	b.d.	0,02	b.d.	0,01	b.d.	0,01	b.d.	0,01	0,01	0,01	b.d.
As ₂ O ₃	b.d.	b.d.	b.d.	0,02	b.d.	0,01	b.d.	b.d.	b.d.	0,01	b.d.
Total	100,61	100,45	100,62	100,22	100,68	100,27	100,07	100,43	100,27	100,76	101,41
apfu											
Ca ²⁺	1 005	1 013	0,998	0,996	1 001	0,997	0,999	1 005	1 005	1 002	0,996
Ti ⁴⁺	0	0	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0
Sn ⁴⁺	0	0	0,001	0,001	0	0	0,001	0	0	0	0
W ⁶⁺	0,992	0,987	0,992	0,990	0,989	0,991	0,992	0,988	0,987	0,989	0,991
Ta ⁵⁺	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0	0	0,002	0,002	0,002	0,002
Fe ²⁺	0	0	0	0	0	0,002	0	0,001	0	0	0,001
Mn ²⁺	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0	0,001	0
Mo ⁶⁺	0,003	0,004	0,004	0,007	0,007	0,006	0,005	0,005	0,005	0,006	0,005
Nb ⁵⁺	0	0	0,002	0	0,001	0	0	0,001	0,001	0,001	0
Bi ³⁺	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ⁵⁺	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,003	0,003	0,002	0,001	0,003
Si ⁴⁺	0,001	0,002	0	0,002	0	0,003	0	0	0,002	0,001	0,001
Al ³⁺	0	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0	0
Mg ²⁺	0	0,001	0	0	0	0,001	0	0,001	0	0	0
As ³⁺	0	0	0	0,001	0	0	0	0	0	0	0

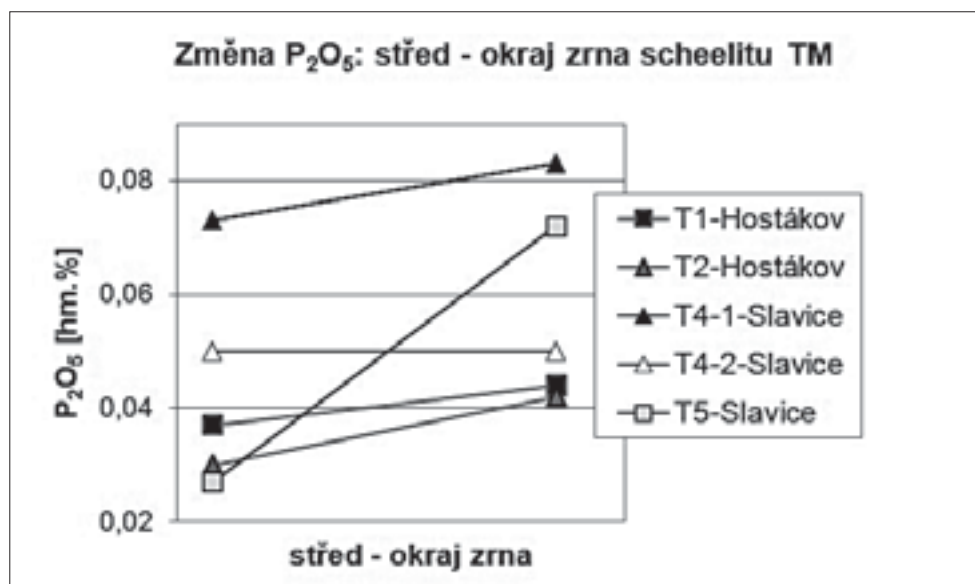

 Obr. 14. Zonálnost obsahů P₂O₅ ze středu k okraji zrn primárního scheelitu v třebičském masivu.

 Fig. 14. Zonation of the content of P₂O₅ from the core to the rim of primary scheelite grains from the Třebíč Batholith.

DISKUZE

Wolframové skarny se ve světě vyskytují ve dvou typech:

1. redukční skarn, v jehož raných stádiích převažuje pyroxen (hedenbergit) nad granátem (grossular - almandin), v asociaci s roztroušeným jemnozrným scheelitem, bohatým na Mo (powellitová komponenta) se žlutavou luminiscencí (Newberry et Einaudi 1981). V pozdějším vývojovém stádiu skarnu se objevuje remobilizovaný scheelit, ochuzený o molybden (způsobuje změnu luminiscence na modrobílou), v asociaci s granáty chudými vápníkem, často s příměsí almandinu a spessartinu (Newberry 1983) a intruzemi sulfidů. Redukční skarny jsou asociovány s ilmenitovým typem granitoidu.

2. oxidační skarn obsahuje naopak spíše granát andradit, převažující nad pyroxenem. Scheelit má modrobílou luminiscenci a je chudý na Mo i Fe_2O_3 ; běžnější jsou spíše železité fáze. Oxidační skarny jsou vázány na magnetitový typ granitoidů (Newberry et Einaudi 1981, Newberry 1982).

Chemismus a modrobílá luminiscence scheelitu žulovského masivu odpovídají redukčnímu typu W-skarnu, resp. pozdnímu vývojovému stádiu těles. Studované scheelitové výskyty třebíčského masivu odpovídají redukčním W-skarnům v souladu s výsledky Houzara a Šreina (Houzar et Šrein 1993) a Houzara (Houzar 1998). Houzar a Němec (Houzar et Němec 1985) předpokládají v Hostákově vztah scheelitového zrudnění ke granitoidům třebíčského masivu, které Klomínský (1986) klasifikoval jako ilmenitový typ. Granitoidy žulovského masivu, asociované se scheelitovými výskyty, byly rovněž klasifikovány jako I-typ ilmenitové série (Losos et Šimčíková 2002, Zachovalová et al. 2002).

Studované scheelitonosné skarny z obou masivů lze klasifikovat ve smyslu Meinerta (Meinert 1992) jako metasomatické W-skarny („tungsten skarns“), kontrolované fluidy, vyskytující se v asociaci s vápenato – silikátovými horninami. Wolframové skarny jsou charakteristické redukčními vápenato – silikátovými minerály (Shimazaki 1982, Einaudi et al. 1981). Dle Houzara (Houzar 1998) horniny třebíčského masivu se scheelitem odpovídají z velké části skarnoidům z hlediska klasifikace Meinerta (Meinert 1992).

Scheelitonosný skarn žulovského masivu (minerální asociace I) byl greisenizován; během těchto procesů vznikal křemen a automorfní scheelit, později chlorit. Dokládá to i vzájemné propojení scheelitu a křemene. Křemen tvoří uzavřeniny v scheelitu, nasvědčující jeho kontinuální krystalizaci se scheelitem.

Popisovanou křemen-chlorit-pyroxenickou horninu se scheelitem lze přirovnat k Sn–W–F ložisku Lost River na Aljašce (Dobson 1982), kde je zachycena evoluční historie alteračních procesů ve vztahu k felsickým intruzivním horninám, včetně částečné greisenizace magmatické horniny. Části vzorků minerální asociace I v ŽM jsou postiženy

greisenizací v malém měřítku, v podobě čoček s dominantním hydrotermálním křemenem a s chloritizovanou původní horninou, v níž se nachází xenomorfní scheelit. Tyto „greisenové“ výskyty scheelitu odpovídají křemenem bohatým greisenům alterovaných vodnatých skarnů. Horniny z Lost River obsahují žíly muskovitu, které lze asociovat se shluky destiček muskovitu v minerální asociaci I v ŽM. Greisenizace je dle Dobsona (Dobson 1982) charakterizována destrukcí magmatických textur, nahrazením živců a biotitu jemnozrným křemenem s topazem, turmalínem, kasiteritem a sulfidy. Přestože se zmíněná asociace liší od studované na Žulovsku, je odpovídající v jevech jako je vymizení živců, chloritizace biotitu. Navíc se objevuje nízkoteplotní hydrotermální chlorit, morfologicky blízký chloritům v alpské paragenezi. Původním protolitem asociace I byl buď skarn, přepracovaný hydrotermální alterací (greisenizací), anebo biotitická rula, pro kterou hovoří relikt biotitu.

Druhá scheelitová asociace (granátický skarn) není příliš postižena dalšími sekundárními procesy. Objevuje se pouze lokální karbonatizace a vyplnění trhlin kalcitem.

Minerální asociace třebíčského a žulovského masivu se vzájemně liší především přítomností akcesorických sulfidů, fluoritu a prehnitu v scheelitonosných horninách třebíčského masivu. Na druhé straně minerální asociace žulovského masivu obsahují hojně fylosilikáty (muskovit, biotit, chlorit), které v třebíčských skarnových tělesech téměř chybějí. Na Žulovsku jsou sice sulfidy uváděny (Večeřa et Skácelová 2006), ovšem nebyly pozorovány v bezprostřední blízkosti scheelitu; koncentrují se v okrajových částech skarnových těles (L. Křesina, ústní sdělení).

Přestože je v prostředí granitoidů žulovského masivu hojným sulfidem molybdenit (Staněk et Kalášek 1953), v případě scheelitového zrudnění doposud nebyl nalezen. V okolí Žulové se molybdenit vyskytuje jen v pegmatitech či na puklinách granodioritových vyvělin (v této mineralizaci se naopak nikdy neobjevil scheelit ani wolframit).

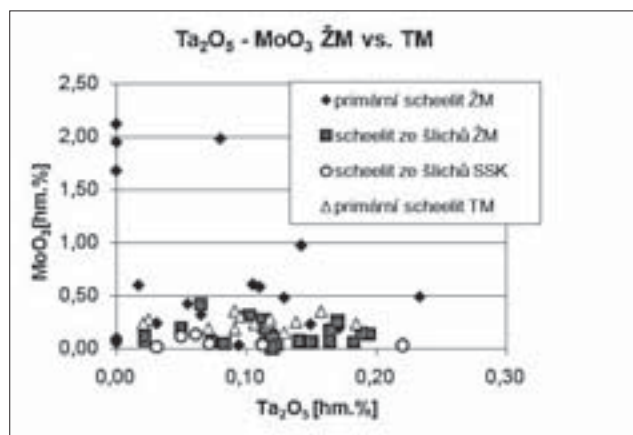
V třebíčském masivu je patrný vliv fluid přenášejících fluor (stopová množství F v granátech, vesuvianu a samotný fluorit). Scheelitové obsahy v horninách třebíčského masivu jsou vyšší než v horninách masivu žulovského. Zrna scheelitu se liší morfologicky – v žulovském masivu jsou často téměř automorfní, krystalovaná do dutin, a v třebíčském masivu jsou to naopak xenomorfní zrna a zrnité agregáty.

Scheelit třebíčského masivu se liší od scheelitu žulovského masivu také svým chemismem (obr. 15–17). Scheelit z žulovského masivu je bohatší na Mo i na Fe než scheelit třebíčského masivu (tab. 1, 2).

Příčiny těchto rozdílů, za předpokladu redukčních skarnů v obou případech, je třeba hledat v rozdílném chemismu zdrojových fluid, horninového prostředí a odlišných oxidačně redukčních podmínkách. V průměru nejvyšší koncentrace CaO jsou obsaženy v primárním scheelitu ŽM a nejnižší naopak v primárním scheelitu TM a scheelitu ze šlichů SSK (obr. 17). Obsahy WO_3 jsou v průměru nejnižší u primárního scheelitu ŽM (obr. 17).

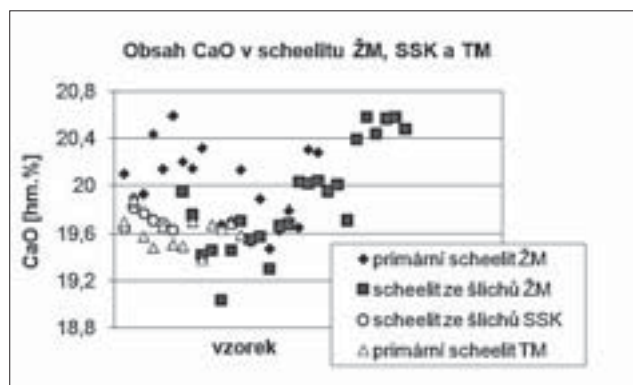
Primární scheelit ze Starého Podhradí v žulovském masivu je zonální (patrně jen v CL). S tmavnutím zóny se zvyšuje koncentrace Mo a klesá obsah Ca. Několik zrn scheelitu ze šlichů ŽM a SSK má sektorovou zonálnost v CL, což způsobují změny v obsazích stopových prvků. Příčiny CL zonálnosti scheelitových zrn by mohly být zjištěny pomocí laserové ablace, která umožňuje stanovit i obsahy stopových prvků.

Scheelit vyšlichovaný v prostoru staroměstské skupiny je patrně odlišné proveniencie než scheelit ze studovaných těles kontaktních skarnů žulovského masivu na základě zjištěných hodnot, např. ochuzení Mo v scheelitu staroměstské skupiny, jeho velmi jemnozrný character a nižší obsahy zrn ve šlichu. Scheelit ze šlichů v prostoru žulovského masivu je rovněž chudý na Mo ve srovnání s primárním scheelitem žulovského masivu. Liší se i obsahy dalších prvků (např. Ca), ovšem z analýz je zřejmé, že změny v chemismu nejsou důsledkem vyluhování. Chemismus zrn se mění nesystematicky. Scheelit vyšlichovaný v prostoru žulovského masivu pochází patrně z jiných skarnových těles než studovaný primární scheelit.



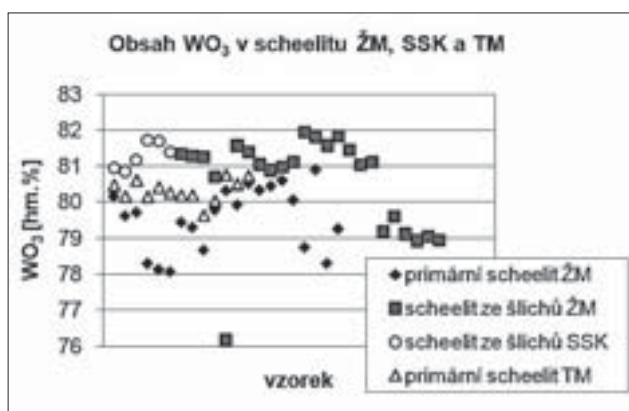
Obr. 15. Graf závislosti obsahů Ta_2O_5 a MoO_3 v scheelitu žulovského masivu (ŽM), staroměstské skupiny (SSK) a třebičského masivu (TM).

Fig. 15. Diagram showing dependence of the Ta_2O_5 and MoO_3 contents in scheelite of the Žulová Batholith (ŽM), the Staroměstská Group (SSK) and the Třebíč Batholith.



Obr. 16. Graf obsahů CaO v scheelitu žulovského (ŽM), staroměstské skupiny (SSK) a třebičského masivu (TM).

Fig. 16. Diagram showing contents of CaO in scheelite of the Žulová Batholith (ŽM), the Staroměstská Group (SSK) and the Třebíč Batholith (TM).



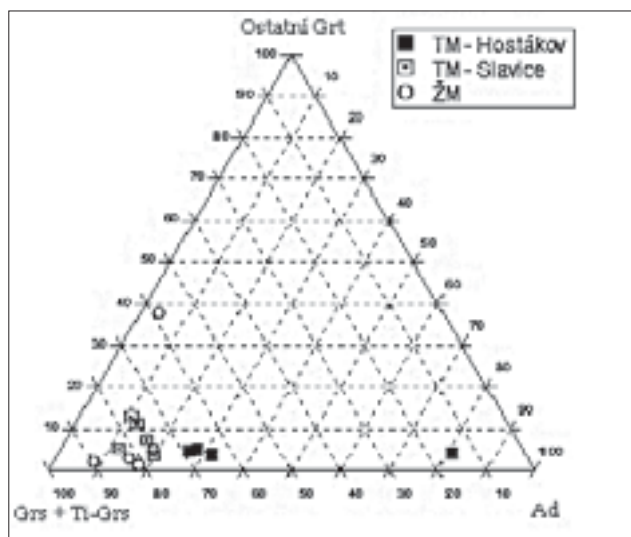
Obr. 17. Graf obsahů WO_3 v scheelitu žulovského masivu (ŽM), staroměstské skupiny (SSK) a třebičského masivu (TM).

Fig. 17. Diagram showing contents of WO_3 in scheelite of the Žulová Batholith (ŽM), the Staroměstská Group (SSK) and the Třebíč Batholith (TM).

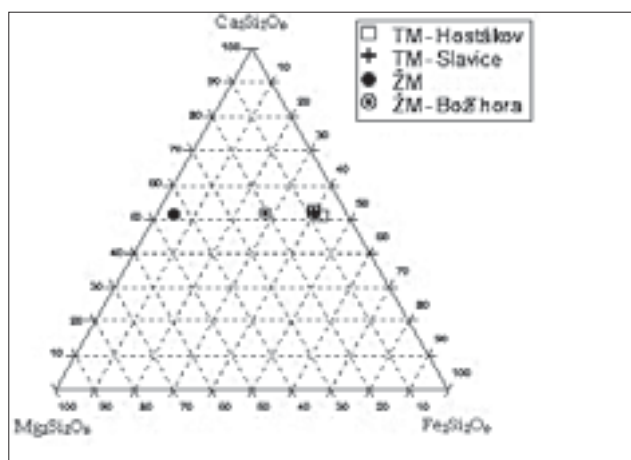
Klasifikace studovaných skarnů závisí do značné míry na chemismu jejich granátů a pyroxenů. Vápenaté exoskarny mohou mít velmi široké zastoupení granátů. Granáty W-skarnů odpovídají dle Einaudiho a Burta (Einaudi et Burt 1982) nejčastěji grossularu (80–50% grossularové komponenty), menší část andraditu, a jsou podstatně zastoupeny i granáty ve složení Sps+Al, zpravidla s příměsí grossularu.

Zmíněné klasifikaci redukčního W-skarnu odpovídají i výsledky WDX – analýz: granáty třebičského i žulovského masivu spadají do pole grossularu s příměsí andraditové komponenty (Ad_{9-22} v žulovském masivu, Ad_{29-34} v třebičském masivu). Obsahy jiných granátických komponent – almandin, spessartin jsou obsaženy v granátech žulovského masivu (max. Alm_{27} , $Sps_{9,5}$). Grossularové granáty z Hostákova obsahují vyšší podíl andraditové komponenty; v jednom případě byl analyzován granát andradit (Ad_{82}) (obr. 18).

Studované pyroxeny v asociaci se scheelitem odpovídají hedenbergitu (Hd_{69-81} v žulovském masivu, Hd_{80-85} v třebičském masivu). V žulovském masivu byl lokálně zjištěn pyroxen s převahou diopsidové komponenty Di_{88} (obr. 19). Na Žulovsku se dominanci hedenbergitu nad diopsidem věnovala studie Lososa a Brože (Losos et Brož 2001). V petrografické charakteristice skarnu u Hostákova na Třebíčsku Houzar (1985) uvádí vzorky se zastoupením hedenbergitové molekuly (Hed_{86}), diopsidové (Di_8) a johannsenitové 5%.



Obr. 18. Chemismus granátů ze scheelitonosných skarnů žulovského (ŽM) a třebíčského masivu (TM): Ad – andradit, Grs – grossular.
Fig. 18. Chemical composition of garnets from the Žulová Batholith (ŽM) and the Třebíč Batholith (TM): Ad – andradite, Grs – grossular.



Obr. 19. Chemismus pyroxenů ze scheelitonosných skarnů žulovského (ŽM) a třebíčského masivu (TM).
Fig. 19. Chemical composition of pyroxenes from scheelite skarn of the Žulová Batholith (ŽM) and the Třebíč Batholith (TM).

ZÁVĚR

Scheelit na skarnových lokalitách žulovského a třebíčského masivu je vázaný na pozdní stádia vývoje redukčního typu kontaktních Ca-skarnů na základě zjištěných parametrů: scheelit je relativně chudý na CaMoO_4 (tomu odpovídá modrobílá luminiscence) i na Fe, v hornině převažují pyroxen hedenbergit a granát grossular, a skarnové těleso je vázáno na ilmenitový typ granitoidu.

V žulovském masivu byla skarnová tělesa vystavena reakcím s hydrotermálními fluidy (greisenizací), ovšem pouze v malém měřítku, jejichž výsledkem je lokální vznik křemenných čoček se scheelitem a mladším chloritem.

Běžnější jsou hrubozrnné scheelitonosné granátické skarny, s žilkami vyplněnými kalcitem.

Scheelitonosné skarny a skarnoidy třebíčského masivu obsahují více scheelitu než skarnová tělesa na Žulovsku. Vnitřní trhliny scheelitových zrn z Hostákova indikují křehkou deformaci, jejich nestejně zhasení dokládá několik růstových fází krystalů. Ve Slavcích scheelit krystalizuje do intergranulárních prostor. Na rozdíl od scheelitu z okolí Žulové je scheelit ze skarnů třebíčského masivu asociován s fluoritem a fluorgranátem, vesuvianem obohačeným fluórem, fylosilikáty a sekundárními jílovými minerály. Fylosilikáty a fluorit indikují transport fluid.

Scheelit z primárních výskytníků žulovského masivu je bohatší na Mo (0,2–2,0 hm. % MoO_3) než primární scheelit třebíčského masivu (max. 0,3 hm. %). Scheelit třebíčského masivu je chudší Fe než scheelit ŽM. Příčinou odlišnosti v chemickém složení je patrně různé složení zdrojových fluid (hornin).

Chemismus granátů odpovídá redukčním podmínkám v pozdních stádiích vývoje skarnů (včetně malé příměsi almandinové a spessartinové komponenty) v žulovském masivu a ve Slavcích v třebíčském masivu. Granáty z Hostákova jsou blíže andraditu než granáty na ostatních lokalitách třebíčského a žulovského masivu. Pyroxeny odpovídají redukčním podmínkám v obou studovaných oblastech; pouze na Žulovsku se lokálně objevil diopsid – v drúzových kontaktních skarnech. Odlišnosti ve složení granátů či pyroxenů jsou důsledkem různého chemického složení fluid, protolitu a jejich oxidačně redukčních charakteristik.

Scheelit ze šlichů žulovského masivu se četností, velikostí zrn i chemicky liší od scheelitu ze šlichů staroměstské skupiny. Několik zrn scheelitu ze šlichů žulovského masivu má sektorovou zonálnost viditelnou v CL pod elektronovým svazkem. Provenience scheelitu ze šlichů žulovského masivu je odlišná od provenience scheelitu ze šlichů z prostoru staroměstské skupiny a liší se také od studovaného primárního scheelitu žulovského masivu. Patrně se jedná o různá zdrojová tělesa.

PODĚKOVÁNÍ

Autoři děkují S. Houzarovi za zapůjčení vzorků scheelitu z třebíčského masivu a konzultace některých výsledků. R. Škodovi, P. Gadasovi a R. Čopjakové jsme zavázáni za provedení mikrosondových analýz a fotodokumentace. J. Leichmannovi děkujeme za umožnění katodoluminiscenčního studia výbrusů a V. Vávrovi za makrofotografie scheelitu v UV světle. Práce byla podpořena výzkumným záměrem MSM0021622412.

SUMMARY

Scheelite of the tungsten occurrences in the Žulová Batholith and the Třebíč Batholith is presented in reduced conditions of the contact Ca – skarns according to the following

parameters: The scheelite is poor in Mo and Fe, pyroxene hedenbergite and garnet grossular predominate in the rock, the skarn body is bounded to ilmenite series granitoids.

The skarn bodies in the Žulová Batholith were exposed to reactions with hydrothermal fluids, but only in a small scale. This resulted in local crystallization of quartz lenticular masses with scheelite and younger chlorite. Coarse-grained garnet skarns with veins filled with calcite are more common than pyroxene skarns and their relicts.

The tungsten skarns and skarnoids in the Třebíč Batholith contain a higher percentage of scheelite than the skarn bodies in the Žulová Batholith. Inner fissures in the scheelite grains in Hostákov indicate clastic deformation. Their asymmetrical extinction supports several phases of crystal growth. Scheelite in Slavice crystallizes into an intragranular space. Unlike scheelite from the Žulová Batholith, scheelite from the Třebíč Batholith is associated with fluoride and fluor containing garnet, phyllosilicates and secondary clay minerals. The transportation of fluids is indicated by the presence of phyllosilicates and fluorite.

Primary scheelite in the Žulová Batholith is more enriched by Mo (0.2–2.0 wt. % MoO₃) than primary scheelite in the Třebíč Batholith (up to 0.3 wt. % MoO₃). The chemical composition differences were caused by the different composition of fluids and protholiths.

The garnet chemical composition corresponds to the reduced conditions in the Žulová Batholith and in Slavice in the Třebíč Batholith. Garnets in Hostákov have a composition closer to andradite. Pyroxenes (mostly hedenbergite) correspond to the reduced conditions in both the Žulová Batholith and the Třebíč Batholith. Diopsid occurs only locally in cluster of crystals of the contact skarn bodies in the Žulová Batholith. Differences in chemical composition were caused, as well as in the case of scheelite, by various composition of fluids, protholiths and redox parameters.

The chemistry of scheelite grains from heavy mineral concentrate from secondary enriched sediments of the Žulová Batholith differs from the scheelite grains localized in the Staroměstská Group area. Some scheelite grains have zonation visible only under cathodoluminescence. The scheelite provenience from secondary enriched sediment in the Žulová Batholith is different from the scheelite provenience of the Staroměstská Group as well as from primary scheelite grains studied. Probably primary scheelite and scheelite from secondary enriched sediments belong to different skarn bodies.

LITERATURA

- ALBRECHTOVÁ E. (1984): Šlichová prospekce. – Ms. [GP Zlaté Hory, Ostrava, 155 pp.].
- BUBENÍČEK J. (1966): Wolframové zrudnění v třebíčském masivu. – Geol. průz., 8 (5): 163–165.
- ČABLOVÁ Z. et al. (1987): Závěrečná zpráva Vidnavská klenba. – Ms. [GP n. p. Ostrava, závod Zlaté Hory, Ostrava].
- ČERNÝ P. (1956): Příspěvek k mineralogii žulovského plutonu. – Přírodovědecký sborník Ostravského kraje, 17 (2): 176–187.
- DOBSON C. D. (1982): Geology and Alteration of the Lost River Tin-Tungsten-Fluorine Deposit, Alaska. – Economic Geology, 77: 1033–1052.
- DOUBRAVSKÝ R. et BRHEL P. (1980): Závěrečná zpráva Vápenná – scheelit. – GP n. p. Ostrava, závod Zlaté Hory, Ostrava.
- DOUBRAVSKÝ R. et BRHEL P. (1981): Prospekce W – rud v kontaktní zóně žulovského plutonu. – Sborník GPO, 24, XII/1981.
- DOUBRAVSKÝ R. et LUKEŠ J. (1983): Ocenění scheelitového rozsypu. Ocenění scheelitového zrudnění v rozsypu. – Ms. [GP Ostrava, Závod Zlaté Hory, Ostrava].
- EINAUDI M. T. et BURT D. M. (1982): A Special Issue devoted to Skarn Deposits. – Introduction – Terminology, Classification, and Composition of Skarn Deposits. – Economic Geology, 77: 745–754.
- EINAUDI M. T., MEINERT L. D. et NEWBERRY R. J. (1981): Skarn deposits: Econ. Geol., 75th Anniv., 75: 317–391.
- GRÜNNEROVÁ E. (1973): Žulovský pluton. – Závěrečná zpráva vyhledávacího průzkumu. – Ms. [GP. Zlaté Hory].
- HORÁKOVÁ M. (1987): Srovnání intenzity wolframové mineralizace v eluviích a deluviích různých hornin pomocí studia těžkých minerálů. – Sbor. Úkoly československé mineralogie a petrologie po XVII. sjezdu KSČ, Blansko: 168–174.
- HORÁKOVÁ M. et PÁŠA J. (1985): Geochemické a mineralogické zhodnocení scheelitové mineralizace na Třebíčsku. – Přírod. Sbor. Západomor. muz., 14: 1–8.
- HOUZAR S. (1982): Nové primární výskyty scheelitové mineralizace na Třebíčsku. – Přírod. sbor. Západomorav. muz., 12: 37–40.
- HOUZAR S. (1984): Lokality mramorů a erlanů v moravském moldanubiku. – Přírod. Sbor. Západomor. muz., 13: 9–23.
- HOUZAR S. (1985): Příspěvek k petrografii reakčních vápenatých skarnů u Sokolí na Třebíčsku. – Přírod. sbor. Západomor. muz., 14: 9–21.
- HOUZAR S. (1990): Scheelit z třebíčského masivu u Vladislavi. – Naším krajem, 1 (1): 61.
- HOUZAR S. (1998): Přehled skarnů moravské části moldanubika. – Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. muz. Praha, 6: 77–83.
- HOUZAR S. (2006): Scheelit ze skarnů u Slavice a Hostákov na Třebíčsku. – Minerál, 14 (6): 457–458.
- HOUZAR S. et NĚMEC D. (1985): Skarn se scheelitovým zrudněním u Hostákov na Třebíčsku. – Čas. Mineral. Geol., 30 (4): 409–415.
- HOUZAR S. et ŠREIN V. (1993): Chemismus pyroxenů a granátů z hostákovského skarnu. – Přírod. sbor. Západomor. muz., 19: 7–12.
- CHACE M. F. (1956): Abbreviations in field and mine geological mapping. – Economic Geology, 51: 712–723.
- CHRT J., ŠPONAR P. et TENČÍK I. (1982): Perspektiva ověření wolframových rud v českém masivu. – Geol. Průzk., 24 (2): 33–37.

- JURÁK L. et TENČÍK I. (1970): Přehled cínové a wolframové mineralizace v prostoru Českomoravské vysočiny. – Vlastiv. sbor. Vysočiny, sect. natur., 6: 21–25.
- KLOMÍNSKÝ J. (1986): Magnetitová a ilmenitové granitoidy – příspěvek k typologii plutonitů Českého masívu. – Zpr. Geol. výzk. v roce 1985, Praha, 102–103.
- KRETZ R. (1983): Symbols of rock-forming minerals. – Amer. Mineralogist, 68: 277–279.
- KRŮŽA T. (1973): Slezské nerosty a jejich literatura, MZM, Brno, 414 pp.
- LOSOS Z. (1985): Studium minerálních paragenezí pláště žulovského masívu v okolí České Vsi u Jeseníku. – Ms. [Dipl. pr., depon. in: PřF MU, Brno].
- LOSOS Z. et BROŽ M. (2001): Mineralogy and geochemistry of the bi-metasomatic contact zone between gneiss and marble from Žulová, Czech Republic. – Mitteilungen der Österr. Mineral. Gesellschaft, 146 (1): 47–49.
- LOSOS Z. et ŠIMČÍKOVÁ M. (2002): Mineralogie a distribuce ilmenitu v žulovském masívu (ČR). – Zborník abstraktov z konf. „Slovensko-česko-polské mineralogicko-petrograficko-ložiskové dni“, Herlany, Košice: TU Košice, UK Bratislava. – Zborník abstraktov, 1: 28.
- MEINERT L. D. (1992): Skarns and Skarns Deposits. – Washington State University. – Geoscience Canada, 19 (4): 145–162.
- MÍSAŘ Z., DUDEK A., HAVLENA V. et WEISS J. (1983): Geologie ČSSR. 1, Český masív. – 1. vyd. – Státní pedagogické nakladatelství. Učebnice pro vysoké školy, Praha, 333 pp.
- NEWBERRY J. R. (1982): Tungsten-bearing skarns of the Sierra Nevada, I. – The Pine creek Mine, Kalifornia. – Economic Geology, 77 (4): 823–844.
- NEWBERRY J. R. (1983): The formation of subcalcic garnet in scheelite-bearing skarns. – Canadian Mineralogist, 21: 529–544.
- NEWBERRY J. R. et EINAUDI M. T. (1981): Tectonic and geochemical setting of tungsten skarn mineralization in the Cordillera. – Arizona Geol. Soc. Digest, 14: 99–112.
- NĚMEC F. (1946): Oblast hostákovských křemenců. – Sbor. Přírod. kl. v Třebíči 1939–1944: 63–80.
- NOVÁK M., ŠREIN V. et HOUZAR S. (1990): Chemical composition of titanite from various calc-silicate rocks and associated pegmatites in the eastern part of the Moldanubicum. – Acta. Mus. Moraviae, Sci. nat., 75: 3–20.
- NOVOTNÝ P. et ZIMÁK J. (2001): Výskyt taktiku poblíž lokality „Korálové jámy“ u Žulové. – Bull. mineral.-petrol. Odd. Nár. muz., 9: 238–240.
- POUBA Z. et al. (1962): Vysvětlivky ke geologické mapě ČSSR 1 : 200 000, list M-33-XVIII. – ČAV, ÚÚG, Praha.
- SHIMAZAKI H. (1982): The Sasano hagstingsite-bearing copper skarn deposit formed in aluminous sediment, at the Yoshioka mine, Japan. – Econ. Geol., 77: 868–876.
- STANĚK J. (1953): Scheelit ze Žulové ve Slezsku. – Přírodovědecký sborník Ostravského kraje, 14: 3–4.
- STANĚK J. et KALÁŠEK J. (1953): O výskytech molybdenitu v žulovském plutonu. – Věstník ÚÚG, XXVII: 27–277.
- STÁRKOVÁ I., VESELÁ M., MOUPIC Z. et CHMELAR J. (1993): Příspěvky k problematice západomoravského krystalinika. – In: PŘICHYSTAL A., OBSTOVÁ V., SUK M.: Geologie Moravy a Slezska. – Sborník příspěvků k 90. výročí narození prof. dr. K. Zapletala. – MZM a Sekce geol. věd PřF MU, Brno: 15–30.
- STRUNZ H. et NICKEL E. H. (2001): Strunz Mineralogical Tables: chemical Structural Mineral Classification System 9th Edition. – E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart, 870 pp.
- VEČEŘA J. et SKÁCELOVÁ Z. (2006): Ložisková mapa České republiky 1:25000 s Vysvětlivkami, 14-22 Lipová-lázně. – ČGS Praha, Jeseník, 39 pp.
- ZACHOVALOVÁ K., LEICHMANN J. et ČVANČARA J. (2002): Žulová Batholith: a post-orogenic, fractionated ilmenite-allanite I-type granite. – Journal of the Czech Geological Society, 47 (1–2): 35–45.
- ŽALUDKOVÁ K. (2009): Mineralogie scheelitu ze skarnů v prostoru žulovského a třebíčského masívu. – Ms. [Diplomová práce, PřF MU, Brno, 68 pp.].
- Internetové zdroje:
 BARTHELMY D. (2000, upraveno 2005): webmineral.com (březen 2009)
 Czech Geological Survey (2004): http://mapy.geology.cz/website/new_tisk/ (květen 2010)

