ISSN 1211–8796

Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.
XCVIII (2013): 1, 13–22, 2013

PARAGENEZE A SUKCESE RUDNÍCH MINERÁLŮ VE VYBRANÝCH SKARNECH ČESKOMORAVSKÉ VRCHOVINY

PARAGENESIS AND SUCCESION OF ORE MINERALS IN THE REPRESENTATIVE SKARNS OF BOHEMIAN-MORAVIAN HIGHLANDS, CZECH REPUBLIC

JAN MALEC, FRANTIŠEK VESELOVSKÝ & ZDENĚK TÁBORSKÝ

Abstract

Malec, J., Veselovský, F., Táborský Z. (2013): Parageneze a sukcese rudních minerálů ve vybraných skarnech Českomoravské vrchoviny. – Acta Mus. Moraviae, Sci. geol., 98, 1, 13–22.

Paragenesis and succesion of ore minerals in the representative skarns of Bohemian-Moravian Highlands, Czech Republic

The skarns studied are situated in the Kutná Hora Unit (1 locality), Svratka Unit (6 localities) and Moldanubian Zone (3 localities). Main ore mineral of skarns is magnetite, but it is not present in all bodies. Base metal sulphides occur in minor quantities, and CoNiFe-(sulpho)arsenides, Bi-(sulpho)tellurides, PbAgBi-sulphosalts, bismuthinite, bismuth and gold are rare. Also the microscopic mixtures of Fe-sulphides and Fe-oxides (alternatively Fe-oxisulphides) were observed.

Key words: skarns, magnetite, ore minerals, mineral assemblages, succesion, Bohemian-Moravian Highlands.

Jan Malec, František Veselovský, Zdeněk Táborský – Česká geologická služba, Geologická 6, CZ-152 00 Praha 5, Czech Republic. e-mail: malec@cbox.cz, frantisek.veselovsky@geology.cz, zdenek.taborsky@geology.cz

Úvod

Problematika skarnových hornin Českomoravské vrchoviny náleží u nás k tradičním tématům, kterým se v minulosti věnovala celá řada autorů. Jejich publikace jsou uvedeny např. v širších přehledech Němce (1981, 1991) a Houzara (1998), novější poznatky shrnuje zejména Pertoldová *et al.* (1997, 1998, 2007, 2009). Rudní mineralizace skarnů jsou víceméně známy již z doby ložiskových průzkumů, prováděných v polovině 20. století. Sulfidické kyzové a polymetalické rudy jsou přítomny, až na výjimky, v těchto skarnech jen podřízeně až vzácně. Nikdy neměly praktický význam, i když na několika lokalitách byly předmětem průzkumu.

Mineralogický výzkum rudních mineralizací některých skarnových hornin ze sv. a v. okraje Českomoravské vrchoviny byl také v nedávné době součástí komplexního výzkumu geologické stavby sv. okraje moldanubika (Pertoldová *et al.* 2007). V oblasti kutnohorského krystalinika byl zkoumán skarn od Malešova, ve svrateckém krystaliniku lokality Ruda u Čachnova, Svratouch, Kuklík, Líšná, Věchnov a Pernštejn, v moldanubiku pak Vepřová, Budeč a Rešice. V současné době je většina skarnových lokalit velmi zašlých až nepřístupných a získání nových rudních vzorků, s výjimkou magnetitových rud, je obtížné. Výzkum zrudnění byl tedy prováděn pouze na lokalitách přístupných a tam, kde mohl být využíván materiál deponovaný v muzejních sbírkách. Jednalo se zejména o nábrusy pocházející z průzkumných prací tehdejšího Geologického průzkumu a Geoindustrie okolo roku 1960. Rudní minerály studovaných skarnů byly identifikovány mikroskopicky, v odražených elektronech

(BEI) a pomocí EDX-mikroanalýz, ve vybraných případech elektronovou mikrosondou. Podrobnější metodika analýz je uvedena u článků MALCE *et al.* (2013a, b) v tomto čísle časopisu. Nový mineralogický výzkum, kromě potvrzení a shrnutí starších údajů, přinesl doplnění poznatků k jednotlivým paragenezím rudních minerálů, zjištění a určení některých mikroskopických minerálů a nové zhodnocení sukcesních vztahů.

Stručná charakteristika studovaných skarnů a názorů na jejich genezi

Všechna studovaná skarnová tělesa jsou menších až středních rozměrů; tvoří čočkovité polohy dlouhé cca 100 až 300 metrů a nejvýše několik nižších desítek metrů mocné. Skarny, resp. jen jejich zvětralé povrchové partie, byly těženy od středověku až do počátku 20. století. Těžily se gossanové Fe-rudy a později magnetit, ale těžba byla většinou jen malého rozsahu (POLÁK 1947, 1950). Později bylo hornickými pracemi otevřeno již jen několik lokalit v rámci průzkumu (Svratouch, Budeč, Líšná), kamenolomy byly odkryty skarny ve Věchnově a v Pernštejně, kde se skarny dobývaly jako štěrkový kámen. Lokalizace popisovaných výskytů jsou známy z citované literatury, případně jsou upřesněny v dalších dvou článcích o skarnových minerálech (MALEC *et al.* 2013a, b).

Výzkumem rudních minerálů v popisovaných skarnech se kromě několika starších autorů (HOFFMANN 1939, NOVÁČEK 1940, ZIFFROVÁ 1954, POKORNÝ 1954, 1960) zabýval hlavně NĚMEC (1962, 1963 a, 1963 b, 1965, 1973), který měl sice k dispozici povícero vzorků z většího počtu lokalit, ale jen dobově omezené technické možnosti bez elektronové mikrosondy. Poznatky o rudních minerálech skarnů pak tento autor shrnul v Mineralogii Československa (NĚMEC in BERNARD *et. al.* 1981) a od té doby se této problematiky dotýkalo již jen několik prací (ŽÁČEK 2002, MALEC a VESELOVSKÝ 2008).

Na vznik a původ studovaných skarnů byly během času vysloveny různé názory. Z těch nejstarších ZAPLETAL (1929) soudil na kontaktní nebo regionální proměnu slínitých a dolomitických vápenců a jejich zatlačení magnetitem, KOUTEK (1950) uvažoval o pyrometasomatóze vápenců na styku s granitovým magmatem, přeměněným později na ortoruly, ZOUBEK (1946) vážil různé možnosti a přikláněl se ke vzniku skarnů izochemickou metamorfózou sedimentárních železných rud. Naopak NOVOTNÝ (1954, 1960) předpokládal vznik infiltrací skarnizujícími postmagmatickými roztoky s obsahem Ca a Fe, vzniklými při migmatitisaci a bazifikaci okolních pararul, ultrabazik a vápenců.

Na koncepci KOUTKA (1950) navázal v mnoha dílčích publikacích D. Němec (jejich souhrn in NĚMEC 1981 a 1991), který se studiu těchto skarnů intenzivně věnoval zejména v 60.–70. letech minulého století. Železnorudná skarnová ložiska pokládal na základě mineralogicko-geochemických a geologických poznatků, získaných na hojném materiálu z tehdejších geologicko-průzkumných prací, za horniny původně vzniklé při vysokoteplotní metasomatóze působením fluid, které souvisely s blízkými granitoidními horninami (1963c, 1979, 1991). Zdůrazňoval, že tyto skarny následně prošly (možná i v několika etapách) silnou regionální metamorfózou, která značně setřela jejich primární znaky (NĚMEC 1981, 1991). Své názory podporoval geochemickými studiemi hornin i minerálů (sledováním obsahů F, Mn, P, Ge, In, Au, Bi, Sn, W, Ni, Co). Za reálný nepovažoval vznik těchto skarnů jednoduchou izochemickou metamorfózou železem bohatých protolitů nebo metamorfózou bazických tufů a tufitů (NĚMEC 1968). Podobný vznik předpokládá na základě podrobného studia granátů ve vlastějovickém skarnu i ŽÁČEK (1997).

V posledních letech se problematice geneze skarnů, jejich protolitu a podmínkám metamorfózy věnovali PERTOLD *et al.* (1997) a PERTOLDOVÁ *et al.* (1998, 2009, 2010). Na základě podrobného studia minerálních asociací, chemismu hornin i jednotlivých minerálů, obsahů REE, složení izotopů kyslíku, pT-podmínek vzniku, morfologie zirkonů a jejich absolutního stáří dospěli k závěru, že vznik skarnů je pravděpodobně výsledkem regionální metamorfózy smíšených poloh detritického a vulkanického materiálu v pro-

středí se submarinními exhalacemi. Shoda mezi oběma krajními koncepcemi je zejména v silné metamorfóze Fe-skarnů.

Stručný přehled rudních mineralizací ve studovaných skarnech

Významnější zastoupení rudních minerálů bylo zjištěno pouze na několika lokalitách. Na jiných místech byly rudní minerály poměrně vzácné až ojedinělé. Ze zkoumaných výskytů jsou nebo byly na množství zrudnění nejbohatší skarny Malešov, Budeč, Ruda, Svratouch a Pernštejn. Nejběžnějším rudním minerálem je zpravidla magnetit, ojediněle provázený ilmenitem, případně hematitem.

Sulfidické zrudnění je mladší, vyskytuje se méně často a zpravidla v mnohem menším množství. Je tvořeno hlavně pyrhotinem, případně pyritem nebo arsenopyritem či sfaleritem. Jedinými výjimkami v celé oblasti Českomoravské vrchoviny jsou Svratouch a patrně i Ruda u Čachnova, kde je hlavní složkou zrudnění kobaltin, provázený nově zjištěnými arzenidy a sulfoarzenidy Co, Fe, příp. i Ni (safflorit, glaukodot, resp. alloklasit, löllingit a jedna dosud přesně neidentifikovaná fáze). Zcela ojediněle byl na lokalitách Svratouch a Kuklík nalezen také velmi malý nebo mikroskopický molybdenit (Němec 1966); jeho postavení v paragenezi se nepodařilo zjistit.

Na více než polovině lokalit se vyskytují také bismut, bismutin, někde i nově zjištěné Bi-(sulfo)teluridy. Z teluridů byly analyticky určeny joséit, joséit B, ingodit, ingodit-Te (?), tetradymit a dvě nepojmenované fáze (Bi_2Te a Bi_8Te_3). Nejbohatší na teluridy, a také na další minerály Bi, je Svratouch. Minerály Bi bývají doprovázeny zlatem, jehož složení není vždy stejné (ryzosti od 627 po 1000, hlavní příměsí je Ag). Může to být působeno odlišnými topominerálními vlivy, ale i jinými fázemi vzniku nebo rekrystalizací. Strukturní vztahy ukazují, že Bi ± Au-mineralizace je nejmladší formou zrudnění, což konstatovali již Pokorný (1960) a Němec (1962). Všechny minerály Bi, zlato i (sulfo)arzenidy jsou vždy jen mikroskopických rozměrů (v lepších případech okolo 0,1 mm), vyskytují se roztroušeně a jen ve velmi malém množství.

Často, zejména ale na lokalitách Malešov a Budeč, jsme pozorovali velmi jemné až submikroskopické struktury oxidovaných pyrhotinů, někdy i pyritů. Někdy působí dojmem sice rudní, ale níže odrazné homogenní fáze, která se při okrajích rozpadá na velice jemné, i v elektronovém mikroskopu špatně odlišitelné složky. V homogenních partiích těchto zrn se vždy zjišťuje přítomnost Fe, S a O; není proto vyloučeno, že by se mohlo jednat o nějaký oxisulfid Fe. Rozpadové struktury jsou podle kvalitativních bodových analýz tvořeny zřejmě směsí markazitu a magnetitu.

Počtem minerálních druhů je nejbohatší lokalitou Svratouch, následují Malešov, Pernštejn, Věchnov a Budeč (tab. 1).

Sukcese rudních minerálů ve skarnech

Rudní minerály se ve studovaných skarnech Českomoravské vrchoviny většinou nevyskytují ve velkém množství a kromě toho jsou často rozptýleny v osamocených zrnech, takže stanovení jejich sukcese bývá obtížné a s nejistým výsledkem. Sukcesi rudních minerálů v hrubých rysech popsal již Němec (1965, 1973, 1981) a jeho závěry jsou v zásadě stále platné. Na téměř všech zkoumaných lokalitách se vyskytuje zrudnění obdobných typů, bez ohledu na to, ve které geologické jednotce jsou situovány. Zastoupení konkrétních minerálů je však na jednotlivých výskytech odlišné.

1) Jako nejstarší se jeví magnetitové zrudnění, vznikající někdy již v konečných fázích krystalizace pyroxenů. O tom svědčí symplektitové srůsty magnetitu s hedenbergitem na lokalitách Ruda u Čachnova a Kuklík. Skoro ve všech zkoumaných skarnech je magnetit alotriomorfní či nejvýš hypidiomorfní a vyplňuje prostory mezi téměř

Tabulka 1. Zastoupení rudních minerálů ve zkoumaných skarnech.
Table 1. Ore minerals in the investigated skarns.

	kh–k	svratecké krystalinikum						moldanubikum		
	Malešov	Ruda u Č.	Svratouch	Kuklík	Líšná	Věchnov	Pernštejn	Vepřová	Budeč	Rešice
magnetit	X	X	+	X	X	X	X		X	X
hematit		+	+	+	●		●			
ilmenit			+							+
spinel, gahnit							●			+
oxidy+sulfidy Fe (směs)	+						●	+	▲	
pyrhotin	▲	▲	+	▲		▲	+	▲	X	
pyrit	▲	+	▲			+	●	+	▲	
markazit	+	●							●	
chalkopyrit	+	+	+	+		+	+	●	+	
sfalerit	+	●	▲				▲		●	
galenit	●					●	+			
arsenopyrit	●	+	▲	●		▲	●	●	●	
glaukodot / alloclasit			●							
kobaltin	●	▲	▲				?		●	●
löllingit			●	▲						
safflorit			●							
molybdenit			●	●						
PbAgBi-sulfosoli										
bismutin	●	●	●			●			●	●
Bi-(sulfo)teluridy	●		●	●					●	●
bismut	●	●	●	●		●	●		●	●
zlato	●		●						●	●

X – hojné, common; ▲ – vedlejší, major; + – nedůležité, minor; ● – vzácné, rare.
kh-k = kutnohorské krystalinikum, Kutná Hora crystalline Complex

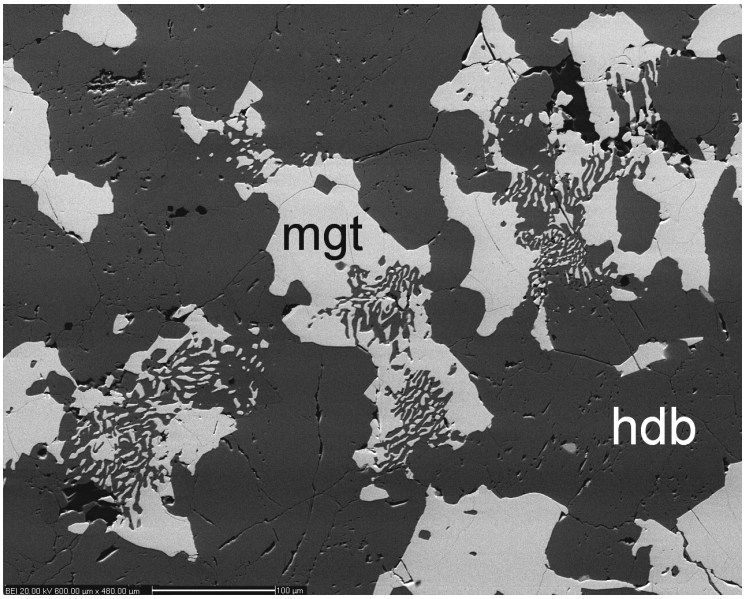
idiomorfními silikáty. Zvláštním případem je idiomorfní magnetit z lokality Budeč, vyznačující se neobvyklou výraznou štěpností (či spíše odlučností) podle oktaedru, která místy slouží i ke vmístění uzavřenin chalkopyritu. Je možno spekulovat, že se jedná o jinou generaci magnetitu. Na lokalitách Pernštejn a Rešice se v magnetitu vyskytují odmíšená velmi jemná zrnka spinelidů (gahnit, hercynit), která jsou patrně produktem difúze v pevné fázi při regionální metamorfóze.

2) Další mineralizační fází bylo zrudnění obecnými sulfidy, arzenidy a sulfoarzenidy (pyrhotin, arzenopyrit, sfalerit, chalkopyrit, pyrit, markazit, kobaltin, safflorit, glaukodot/alloklasit, löllingit). Vzájemné relativní stáří těchto minerálů se liší podle místa výskytu.

3) K nejmladším primárním minerálům patří galenit, sulfosoli Ag a Pb, následované bismutem, bismutinem, Bi-(sulfo)teluridy a zlatem. Je možné, že zlato v asociaci s bismutem a teluridy je nejmladším minerálem. Pro ověření tohoto předpokladu však není dost pozorování.

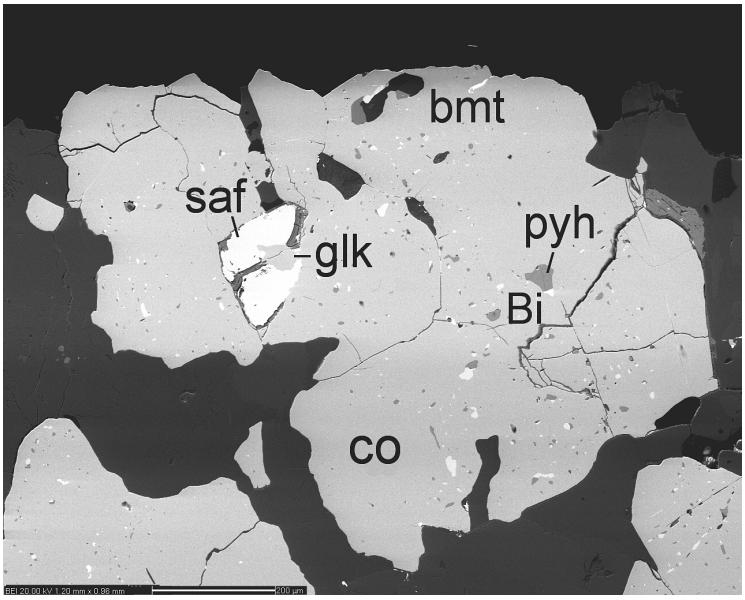
4) K druhotným produktům oxidace rud patří vedle „limonitu“ také různé homogenní nebo zdánlivě homogení oxidované sulfidy Fe a jejich téměř submikroskopické směsi s druhotným markazitem a druhotným magnetitem. Z kobaltinu ve skarnu u Rešic vzniká Ni-bohatý erytrin a v jeho blízkosti se vyskytuje blíže neidentifikovaná nehomogenní fáze Ca-Fe-As-O. Produkty oxidace Bi-minerálů na této lokalitě jsou fáze Bi-Te-O (preisingerit ?) a Bi-O (bismit ?).

Vybrané charakteristické struktury rudnin z jednotlivých lokalit ukazují mikrofotografie na obrázcích 1–8.



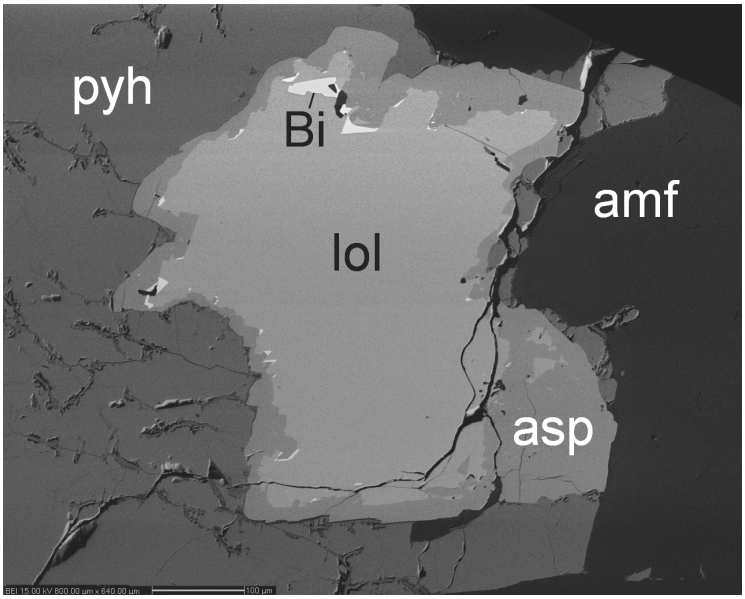
Obr. 1. Ruda u Čachnova. Magnetit (mgt) a jeho symplektity s hedenbergitem (hdb). BEI, velikost snímku 0,60×0,48 mm. Foto J. Malec.

Fig. 1. Ruda u Čachnova. Magnetite (mgt) and its symplektitic intergrowths with hedenbergite (hdb). BEI, size 0,60×0,48 mm. Photo J. Malec.



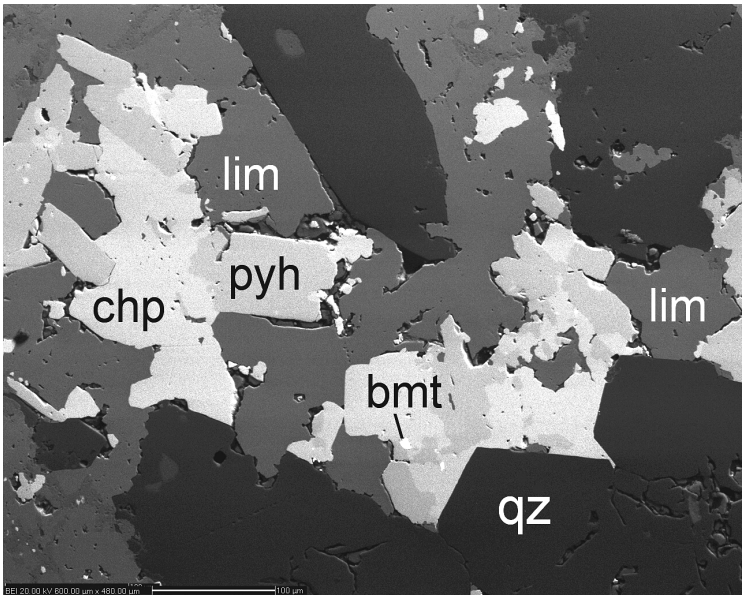
Obr. 2. Svratouch. Kobaltin uzavírá dvě zrna saffloritu (saf), mezi nimi glaukodot či alloklasit (glk); v pravé části zrna kobaltinu inkluze pyrhotinu (pyh) a bismutu (Bi), nahoře bílá žilečka bismutinu (bmt). BEI, velikost snímku 1,20×0,96 mm. Foto J. Malec.

Fig. 2. Svratouch. Cobaltite encloses 2 grains of safflorite (saf), between them glaucodote or alloclasite (glk); inclusions of pyrrhotite (pyh) and bismuth (Bi) in the right part of cobaltite grain, upstairs white veinlet of bismuthinite (bmt). BEI, size 1,20×0,96 mm. Photo J. Malec.



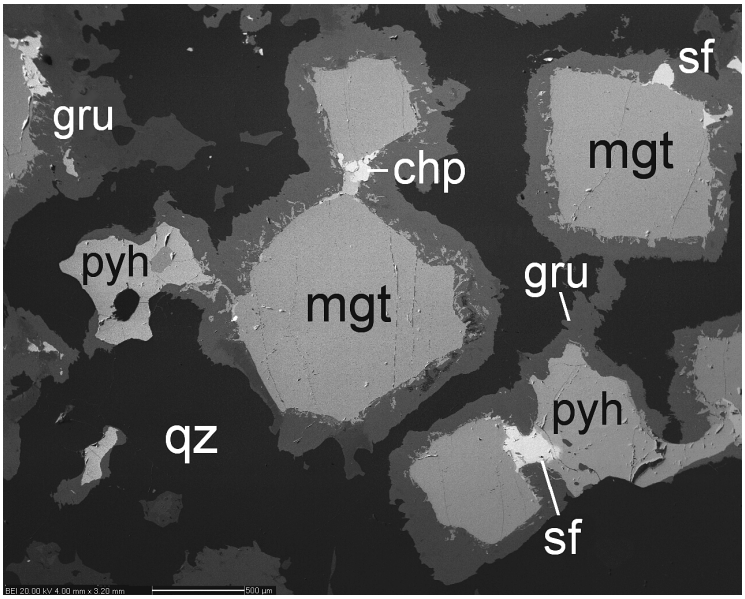
Obr. 3. Kuklík. Na styku pyrhotinu (pyh) a löllingitu (lol) reakční zóna arzenopyritu (asp). Vpravo amfibol (amf). Podél hranice löllingitu a arzenopyritu pronikají bismut (Bi) a Bi-teluridy (obojí bílé). BEI, velikost snímku 0,80×0,64 mm. Foto J. Malec.

Fig. 3. Kuklík. Reaction zone of arsenopyrite (asp) along contact of pyrrhotite (pyh) and löllingite (lol). Amphibole (amf) is on right. Bismuth (Bi) and Bi-tellurides (both white) penetrate along a border of löllingite and arsenopyrite. BEI, size 0,80×0,64 mm. Photo J. Malec.



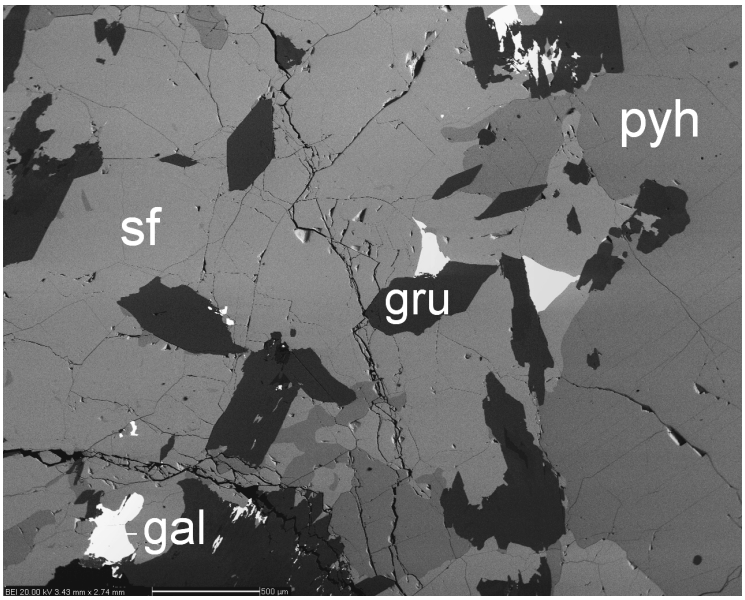
Obr. 4. Věchnov. Mezi krystaly křemene tabulky pyrhotinu (pyh) a hypidiomorfní chalkopyrit (chp) s inkluzemi bismutinu (bmt) a „limonit“ (lim). BEI, velikost snímku 0,60×0,48 mm. Foto J. Malec.

Fig. 4. Věchnov. Pyrrhotite tablets (pyh), hypidiomorphic chalcopyrite (chp) with inclusions of bismutinite (bmt), and „limonite“ (lim) among quartz crystals. BEI, size 0,60×0,48 mm. Photo J. Malec.



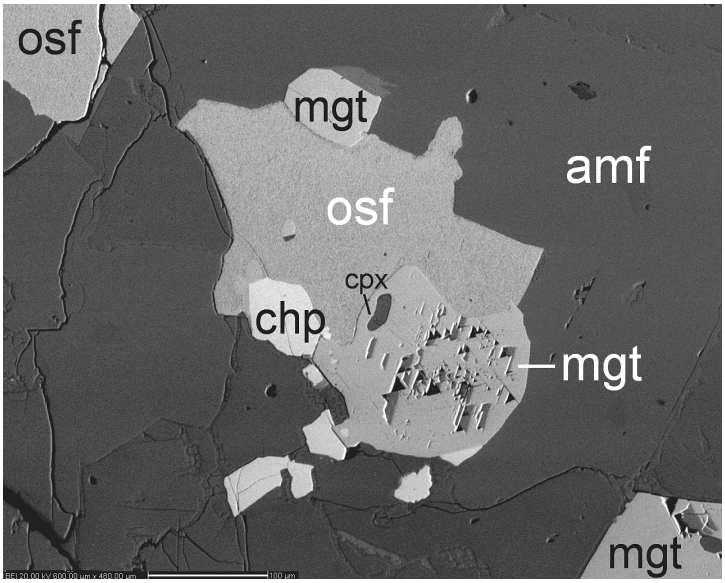
Obr. 5. Pernštejn. Reakční lemy Fe-amfibolu (gru) na styku korodovaného idiomorfního magnetitu s křemenem, který proniká skarnem. S magnetitem srůstají pyrhotin (pyh), sfalerit (sf) a chalkopyrit (chp). BEI, velikost snímku 4,00×3,20 mm. Foto J. Malec.

Fig. 5. Pernštejn. Reaction rims of Fe-amphibole (gru) on a contact of corroded idiomorphic magnetite with quartz, which penetrates the skarn. Pyrrhotite (pyh), sphalerite (sf), and chalcopyrite (chp) are in intergrowths with magnetite. BEI, size 4,00×3,20 mm. Photo J. Malec.



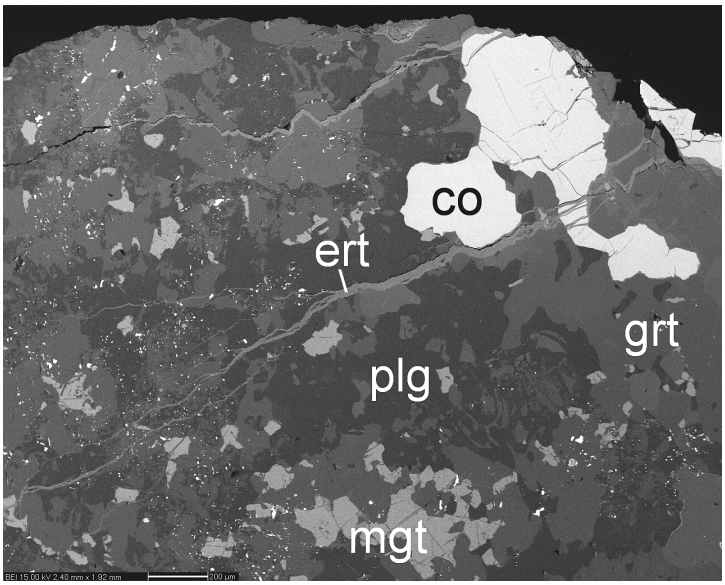
Obr. 6. Pernštejn. Ve sfaleritu (sf) s galenitem (gal) a v pyrhotinu (pyh) uzavřeny krystaly Fe-amfibolu (gru). BEI, velikost snímku 3,43×2,74 mm. Foto J. Malec.

Fig. 6. Pernštejn. Crystals of Fe-amphibole (gru) are enclosed in sphalerite (sf) with galena (gal) and in pyrrhotite (pyh). BEI, size 3,43×2,74 mm. Photo J. Malec.



Obr. 7. Budeč. Zrna „štěpného“ magnetitu (mgt), uzavíraná mezi amfiboly (amf), srůstají s chalkopyritem (chp) a pyrhotinem, který je zcela přeměněn na velmi jemnou směs oxidů a sulfidů Fe (osf). V magnetitu inkluze klinopyroxenu (cpx). BEI, velikost snímku 0,60×0,48 mm. Foto J. Malec.

Fig. 7. Budeč. Grains of „cleaveble“ magnetite (mgt) enclosed among amphiboles (amf) are in intergrowths with chalcopyrite (chp) and pyrrhotite, which is completely altered into very fine mixture of Fe-oxides and Fe-sulphides (osf). Magnetite enclose clinopyroxene (cpx). BEI, size 0,60×0,48 mm. Photo J. Malec.



Obr. 8. Rešice. Skarn s nepravidelným agregátem kobaltinu (co), roztroušeným magnetitem (mgt), agregáty plagioklasu (plg) a granátu (grt) je pronikán tenkými žilkami erytrinu (ert). Dole a v levé části velmi jemná bílá zrníčka vzájemně neodlišitelných minerálů Bi. BEI, velikost snímku 2,40×1,92 mm. Foto J. Malec.

Fig. 8. Rešice. Skarn with irregular aggregate of cobaltite (co), disseminated magnetite (mgt), aggregates of plagioclase (plg) and garnet (grt) is penetrated by thin veinlets of erythrite (ert). Very fine white grains of different Bi-minerals are at the bottom and on the left side. BEI, size 2,40×1,92 mm. Photo J. Malec.

Shrnutí a závěr

Asociace i sukcese rudních minerálů na 10 nově zkoumaných lokalitách skarnů z Českomoravské vrchoviny (1 v kutnohorském krystaliniku, 6 ve svrateckém krystaliniku, 3 v moldanubiku) jsou značně podobné, i když ne všude se vyskytuje celá škála zjištěných minerálů. Také sukcese minerálů není na všech lokalitách do detailu shodná. Nejhojnější je magnetit, poměrně běžně se vyskytují obecné sulfidy, ale málo rozšířené jsou arzenidy a sulfoarzenidy Co, Fe s příměsí Ni. Široce rozšířené jsou jemně roztroušené mikroskopické minerály Bi, tj. ryzí bismut, bismutin, různé teluridy a (sulfo)teluridy Bi a zlato. Ze zajímavých nových zjištění lze vyzdvihnout především:

a) existenci symplektitových srůstů části magnetitových zrn s hedenbergitem, svědčící o jejich sblížené krystalizaci (Ruda u Čachnova, Kuklík),
b) zjištění inkluzí jemných spinelidů v magnetitu, vzniklých patrně odmíšením při metamorfóze (Rešice, Pernštejn),
c) nalezení a identifikace fayalitu v asociaci s magnetitem (Kuklík, Líšná),
d) zjištění reakčních lemů Fe-amfibolu na styku korodovaného idiomorfního magnetitu s křemenem, který proniká skarnem (Pernštejn),
e) bližší, i když dosud ještě neúplnou identifikaci produktů oxidace pyrhotinu (Budeč, Malešov),
f) určení několika (sulfo)arsenidů Fe a Co ve skarnu od Svratouchu, včetně jedné neznámé fáze,
g) zjištění složení několika Bi-(sulfo)teluridů (Svratouch, Budeč, Rešice) a analýzy zlata (Malešov, Svratouch, Budeč, Rešice).

Poděkování

Práce byla součástí výzkumného úkolu „Korelace litologicky kontrastních hornin v jednotkách krystalinika při sv. okraji moldanubika“. Za zapůjčení vzorků děkujeme dr. K. Malému z Muzea Vysočiny v Jihlavě a dr. S. Houzarovi a dr. J. Cempírkovi z Moravského muzea v Brně. Za posouzení rukopisu děkujeme oběma recenzentům. Za připomínky a drobné úpravy, které přispěly k vylepšení této práce, vděčíme S. Houzarovi.

LITERATURA

Hoffmann, F., 1939: Bericht über ein Vorkommen von Kobalterz und Schwefelkies auf der „Böhmisch-Mährischen“ Höhe. – *MS.* ČGS-Geofond Praha, sign. P 2544/3.

Houzar, S., 1998: Přehled skarnů moravské části moldanubika. – *Bull. min.-petr. odd. NM* (Praha), 6, 77–83.

Koutek, J., 1950: Ložisko magnetovce skarnového typu u Vlastějovic v Posázaví. – *Rozpr. ČSAV,* 27, 1–30. Praha.

Malec, J., Veselovský, F., Šrein, V., Škoda, R., 2013a,: Zlato a Bi-minerály ve skarnech Českomoravské vrchoviny. – *Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.*, 98, 1, 00–00.

Malec, J., Veselovský, F., Táborský, Z., 2013b: Fayalit a rudní minerály ve skarnech z Kuklíku a Líšné na Českomoravské vrchovině. – *Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.*, 98, 1, 00–00.

Malec, J., Veselovský, F., 2008: Rudní minerály ve skarnech od Svratouchu a od Rešic na Českomoravské vrchovině. – *Zpr. geol. výzk. v r. 2007*, 173–175.

Němec, D., 1962: Závěrečná zpráva lokality Svratouch. Prospekce rud Co-Bi. – *MS.* ČGS-Geofond Praha, sign. P 14059.

– 1963a: Genetické typy primárních zlatonosných výskytů na Českomoravské vrchovině. – *Čas. Mor. Muz., Vědy přír.*, 47, 53–57.

– 1963b: Der Skarnkörper bei Budeč bei Žďár. – *Sitz.-Ber. Österr. Akad. Wiss. Math.-Naturwiss.* Kl., 1, 172, 309–349.

– 1963c: Asociace skarnů s karbonátovými horninami ve svratecké antiklinále. – *Sbor. geol. Věd*, Ř. G, 2, 101–119.

– 1965: Die sulfidischen Erzminerale in westmährischen Skarngesteinen. – *N. Jb. Miner. Abh.*, 102, 2, 189–220.
– 1966: Poznámky k výskytu molybdenitu a minerálů vizmutu ve skarnech Českomoravské vrchoviny. – *Čas. Mineral. Geol.*, 11, 1, 67–69.
– 1968: Die Metamorphose des NE-Randes des Kernes der Böhmischen Masse. – *Verh. Geol. Bundesanstalt* (Wien), 1968/1–2, 189–203.
– 1973: Ložisková charakteristika regionálně metamorfovaných skarnů Českomoravské vrchoviny. – *Sbor. Horn. Příbram ve Vědě a Techn., Konf. geol.*, 12, 165–178.
– 1979: Genese der regionalmetamorphen Skarne der Böhmichen Masse. – *Chem. d. Erde*, 38, 194–209.
– 1981: Minerály skarnů Českého masívu. – In: Bernard J. H. et al.: Mineralogie Československa. Academia, Praha, 525–536.
– 1991: Regional typization of the iron skarns of the Bohemian-Moravian Hights. – *Acta Mus. Moraviae, Sci. nat.*, 76, 51–82.

Nováček, R., 1940: Výskyt kobaltinu na Českomoravské vrchovině. – *Věda přír.*, 20, 308–309.

Novotný, M., 1954: Skarnová ložiska u Pernštýna a Líšné. – *Sbor. Ústř. Úst. geol.*, 21, 1, 395–431.

Novotný, M., 1960: Pyroxenicko-granátická hornina (skarn) od Věchnova. – *Práce Brněn. Zákl. Čs. Akad. Věd.*, 32, 12, 565–616.

Pertold, Z., Pertoldová, J., Pudilová, M., 1997: Metamorphic history of skarns in the Gföhl unit, Moldanubicum, Bohemian Massif, and implications for their origin. – *Acta Univ. Carol., Geol.*, 41, 3–4, 157–166.

Pertoldová, J., Pertold, Z., Pudilová, M., 1998: Metamorphic Development of Skarns at Pernštejn, Svratka Crystalline Complex, Bohemian Massif. – *J. Czech Geol. Soc.*, 43, 3, 191–202.

Pertoldová, J., Buriánek, D., Buriánková, K., Čopjaková, R., Dudíková Schulmanová, B., Dušek, K., Haloda, J., Hanžl, P., Konopásek, J., Kopačková, V., Košuličová, M., Malec, J., Mašek, D., Nahodilová, R., Rýda, K., Soejono, I., Škoda, R., Šrámek, J., Táborský, Z., Tajčmanová, L., Týcová, P., Verner, K., Veselovský, F., Vondrovic, L., Vrána, S., Zavřelová, A., Žáčková, E., 2007: Rekognoskace litologicky kontrastních hornin v jednotkách krystalinika při sv. okraji moldanubika. Závěrečná zpráva. – Návaznost na základní geologické mapování 1:25 000. – *MS*. Česká geologická služba, Praha.

Pertoldová, J., Týcová, P., Verner, K., Košuličová, M., Pertold, Z., Košler, J., Konopásek, J., Pudilová, M., 2009: Metamorphic history of skarns, origin of their protolith and implications for genetic interpretation; an example from three units of the Bohemian Massif. – *J. Geosciences*, 54, 101–134.

Pertoldová, J., Verner, K., Vrána, S., Buriánek, D., Štědrá, V., Vondrovic, L., 2010: Comparison of lithology and tectonometamorphic evolution of units at the northern margin of the Moldanubian Zone: implications for geodynamic evolution in the northeastern part of the Bohemian Massif. – *J. Geosciences*, 55, 4, 299–319. Praha.

Polák, A., 1947: Ložiska železných rud Českomoravské vysočiny. – *MS*. ČGS-Geofond Praha, sign. P 3277.

Polák, A., 1950: Ložiska železných rud severní části Českomoravské vysočiny. – *MS*. ČGS-Geofond Praha, sign. P 3278.

Pokorný, J., 1954: Mineralogicko-petrografická charakteristika skarnového ložiska u Malešova. – *MS*. ČGS-Geofond Praha, sign. P 13288.

Pokorný, J., 1960: Asociace sulfidů ve skarnu ze Svratouchu. – *Vlastivěd. Sbor. Vysočiny*, Odd. Věd přír., 4, 11–15.

Zapletal, K., 1929: Skarny na východě Českomoravské vysočiny. – *Příroda*, 22, 523.

Ziffrová, A., 1954: Magnetovcové ložisko skarnového typu u Malešova. – *MS, diplomová práce.* ČGS-Geofond Praha, sign. P 7852.

Zoubek, V., 1946: Příspěvek ke stratigrafii krystalinika Českého masivu I a II. – *Sbor. Stát. geol. Úst.*, 13, 463–498.

Žáček, V., 1997: Compositional evolution of garnet in the regional metamorphosed Moldanubian skarn, Vlastějovice, Bohemia – evidence of the preservation of early stages pre-dating regional metamorphism. – *Věst. Čes. geol. Úst.*, 72, 1, 37–48.

Žáček, V., 2002: Hedenbergit, andradit, K-hastingsit a magnetit z Ca-Fe skarnu od Malešova. – *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz.* (Praha), 10, 308–310.