

MINERALOGIE ŽELEZNÝCH RUD Z ROZVODNÉHO VRCHU U ČABOVÉ VE STŘEDNÍ ČÁSTI ŠTERNBERSKO-HORNOBENEŠOVSKÉHO PRUHU (MORAVSKOSLEZSKÁ JEDNOTKA ČESKÉHO MASIVU)

Mineralogy of the iron ores from the Rozvodný vrch Hill near Čabová in the central part of the Šternberk-Horní Benešov belt (Moravian-Silesian Unit, Bohemian Massif)

Jiří Zimák¹, Lenka Urbanová², Lenka Kopecká³

¹ Katedra geologie PřF UP, tř. 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc; e-mail: jiri.zimak@upol.cz

² Lavičné 25, 569 04 Lavičné; e-mail: lenkasabatkova@seznam.cz

³ URGA, s.r.o., Holická 31A, 772 00 Olomouc; e-mail: urga@urga.cz

(15-33 Moravský Beroun)

Key words: Šternberk-Horní Benešov belt, iron ore, magnetite, stilpnomelane, chamosite, siderite, iron calcite, chlorite compositional geothermometry

Abstract

The Čabová deposit of the Lahn-Dill type is located in the historical Beroun iron-ore district in the central part of the Devonian Šternberk-Horní Benešov Belt, consisting of metasedimentary and metavolcanic rocks (metabasites prevail). Iron ores in the district were mined mainly in the 19th century. This article summarizes the results of mineralogical research of iron ores obtained from a heap on the Rozvodný vrch Hill at Čabová. Six types of ores were distinguished: 1/ so-called jaspilite ores (ferruginous jasper with a variable content of hematite and magnetite, usually a very poor iron ore), 2/ jaspilite ores rich in magnetite and/or hematite, 3/ quartz-hematite ores, 4/ quartz-magnetite ores (stilpnomelane is often present), 5/ carbonate ores (siderite is an essential component, also calcite, hematite, magnetite, quartz and stilpnomelane may be present in substantial quantities), and 6/ chlorite ores (composed mainly of chamosite, which is accompanied by varying quantities of calcite, stilpnomelane, ilmenite, white mica, quartz and albite). Up to several centimetres thick veins consisting mainly of calcite and/or quartz penetrate ores. Common part of the veins are chlorite (chamosite) and stilpnomelane, less abundant are white mica, magnetite and hematite, barite is rare. Compositional chlorite geothermometers of Kranidiotis and MacLean (1987) and Zang and Fyfe (1995) yielded temperatures of formation of the ore and vein chlorites that range from 189 to 225 °C and from 206 to 267 °C, respectively (there is no fundamental difference between the chlorites of the iron ores and the veins).

Úvod

Berounský (moravskoberounský) železnorudný revír lze na základě značného objemu těžby v 19. století zařadit mezi historicky nejvýznamnější rudní revíry jesenické oblasti. Součástí tohoto revíru jsou ložiska na k. ú. Čabová, kde v letech 1828–1874 probíhala těžba na více než 20 dolech (Tomšík 1993). Geologické poměry na ložiskách u Čabové hodnotí Kretschmer (1917), v jehož době byly některé z dolů ještě přístupné. Kolem r. 1930 byla na Rozvodném vrchu u Čabové vyhloubena Vítkovickým těžářstvem jáma (k zamýšlené těžbě však nedošlo), v 50. letech 20. století zde byl proveden geofyzikální průzkum a na něj navazující geologicko-průzkumné práce – jáma s překopem, šachtice a vrty (Skácel 1966, 1968, 2000). V současnosti je lokalizace většiny starých důlních děl v terénu problematická nebo zcela nemožná; přehlednou mapku s vyznačením důlních měř v berounském revíru zveřejnil Staněk (1997), a to na základě podkladů v nepublikované zprávě Z. Pouby z r. 1952.

Železnorudné akumulace lahn-dillského typu u Čabové jsou součástí horninového prostředí šternbersko-hornobenešovského pruhu. Některá rudní tělesa probíhají při kontaktu vulkanické série s nadložními břidlicemi, jiná jsou uvnitř vulkanické série, tvořené zde bazickými vulkanity a tufy, v malé míře jsou přítomny keratofyrové horniny – petrografickými poměry se zabývá např.

Kretschmer (1917), Skácel (1966), Dvořák et al. (1986) a Přichystal (1986, 1990).

Údajů o mineralogických poměrech na železnorudných ložiskách u Čabové je ve starší literatuře jen velmi málo (to je zřejmě i z kompendia Burkarta 1953), několik poznámek lze najít v publikacích Skácela (1966) a Zimáka (1999), podrobnější hodnocení ve dvou diplomových pracích (Šabatková 2009; Kopecká 2012). Tento článek přináší mineralogickou charakteristiku železných rud z Rozvodného vrchu u Čabové.

Vzorky a metody

Místo odběru vzorků rud (N 49°49'25" E 17°29'01", odečteno na www.mapy.cz) leží zhruba 350 m s. od kóty 673,2 m, označované jako Rozvodný vrch, ve starší literatuře jako „Sornickel“ nebo „Sanikel“. Vzorky byly odebrány z montánní haldy v blízkosti hranice důlních měř Sofie (Zophia) a Josefa (Joseph) převážně v 80. letech 20. století, kdy zde bylo možno najít dostatek materiálu z rudního tělesa zastiženého při hloubení jámy (tyto vzorky jsou označeny jako RV-1 až RV-76). V současnosti je rudních fragmentů v uvedeném prostoru výrazně méně díky činnosti sběratelů minerálů po zveřejnění informace (Mátl 1994) o kvalitě zdejšího jaspilitu. Do článku byly začleněny i některé výsledky studia železných rud z blízkosti kóty Železník (vzorek Žel-1) a z důlních měř Josefa

a Aloisia v prostoru mezi Rozvodným vrchem, Železníkem a obcí Čabová (vzorky Jos-1 až Jos-3 a Alois-10).

Z vybraných rudních vzorků byly zhotoveny leštěné výbrusy, které byly studovány mikroskopicky v procházejícím i v odraženém světle. Chemické složení sedmi rudních vzorků z k. ú. Čabová bylo stanoveno v Acme Analytical Laboratories Ltd (Vancouver, Kanada) převážně metodou ICP-ES/MS (hmotnost vzorku před homogenizací byla kolem 750 g). Pomocí XRF-analýzátoru DELTA PREMIUM (výrobce Olympus Innov-X Systems, Inc.) byl v laboratořích olomoucké firmy URGA stanoven chemismus 15 vzorků rud. XRF analýza byla provedena v modu GEOCHEM na lehce (tlakem ruky) slisovaném prášku získaném semletím vzorků o hmotnosti cca 600 g. Zjištěné obsahy jednotlivých prvků byly korigovány na základě výsledků analýz 68 rozpráskovaných vzorků hornin a rud (včetně Fe-rud ze šternbersko-hornobenešovského pruhu a vrbenské skupiny), které byly analyzovány za stejných podmínek výše uvedeným XRF-analýzátozem a současně přesnějšími metodami v laboratořích Acme. Vhodnost tohoto postupu při stanovení některých prvků pomocí obdobného „outdoorového“ XRF-analýzátozem prověřili např. Geršl a Kněsl (2009). V tabulce 1 jsou uvedeny přepočtené výsledky, a to pouze u prvků vykazujících vysoký koeficient determinace mezi hodnotami zjištěnými v laboratořích Acme a analýzátozem DELTA PREMIUM (a současně s obsahy nad mezí detekce tohoto analýzátozem).

Chemické složení jednotlivých minerálů bylo sledováno pomocí elektronového mikroanalýzátozem Cameca SX100 (PEMM, PŘF MU Brno, analytici R. Čopjaková, R. Škoda a P. Gadas, analyzováno převážně v letech 2007–2011). Reprezentativní WDX-analýzy fylosilikátů a karbonátů jsou uvedeny v tabulkách 4 a 5 – přepočet analýz chloritů byl proveden na 14 atomů kyslíku, muskovitu na 11 atomů kyslíku, karbonátů na $R^{2+} = 1$ (kalcit, siderit) nebo 2 (neurčený karbonát, přepočten jako by šlo o ankerit), v případě stilpnomelanu byl zvolen přepočet na sumu 20 kationtů s vyloučením K, Na, Ba a Ca (postup Mückeho et al. 2013). WDX analýzy fylosilikátů a karbonátů byly provedeny za těchto podmínek: napětí 15 kV, proud 10 nA, průměr svazku 4 nebo 5 μm (fylosilikáty), 7 nebo

5 μm (karbonáty). Výsledky WDX analýz dalších minerálů jsou pouze stručně komentovány v textu.

Mineralogická charakteristika

– hlavní typy železných rud

V haldovém materiálu na Rozvodném vrchu lze na základě nerostného složení rozlišit šest typů rud: jaspilitové rudy (dále označovány jako rudy typu A), magnetit-hematitové jaspilitové rudy (typ B), křemen-hematitové rudy (typ C), křemen-magnetitové rudy (typ D), karbonátové rudy (typ E) a chloritové rudy (typ F). Rudy typů A, B a C na lokalitě převažují.

Jaspilitové rudy (typ A) mají cihlově červenou barvu, při vyšším obsahu magnetitu a zrnitého hematitu (tedy při přechodu do typu B) mohou být až červenočerné, často jsou (v brekciovitých typech) prostoupeny žilkami šedobílého křemene. Jaspilitová hmota má charakter velmi jemnozrnného agregátu složeného z xenomorfních zrn křemene (zpravidla do 0,02 mm) s velmi drobnými šupinkami hematitu. Vždy jsou přítomny automorfní až hypautomorfní porfyroblasty magnetitu o velikost zpravidla do 0,2 mm. Místy jsou v rudě magnetitová zrna nahloučená do elipsoidálních nebo kulovitých forem o průměru obvykle do 2–3 mm, na jejichž povrchu jsou individua magnetitu téměř dokonale omezena krystalovými plochami, ve vnitřní části je stupeň automorfie zrn výrazně nižší. Běžně jsou v rudě přítomny drobné jemnozrnné nebo šupinkovité agregáty hematitu, často jde o paprscité agregáty složené jen z několika hematitových šupinek. Množství magnetitu a hematitu je velmi proměnlivé, při vyšším obsahu magnetitu nebo hematitu přechází do typu B.

Magnetit-hematitové jaspilitové rudy (typ B) jsou obvykle červenočerné, mají šmouhovitou nebo šmouhovitě páskovanou texturu. Kromě partií, jejichž povaha v podstatě odpovídá typu A, jsou v rudě přítomny šmouhy až neprůběžné pásy tvořené zrnitým hematitem nebo složené z hypautomorfních až automorfních individuí magnetitu o velikosti do 0,3 mm (výjimečně až 0,5 mm). Kvantitativní zastoupení hematitu a magnetitu je velmi proměnlivé, většinou převažuje hematit nad magnetitem. Ruda někdy obsahuje karbonáty – vtrošeniny kalcitu

Tab. 1: Chemismus železných rud (hm. %) stanovený pomocí XRF analýzátozem DELTA PREMIUM.

Tab. 1: Chemistry of iron ores (wt. %) determined by the XRF analyser DELTA PREMIUM.

typ rudy	A	A + F	B	B	B	B	C	C/D	D	E	E	E	E	E	F	F	F
vzorek	Jos-3	RV-33	RV-27	RV-34	RV-43	Žel-1	Alois-10	RV-68	RV-62	RV-1	RV-10	RV-22	RV-67	RV-76	RV-13	Jos-1	Jos-2
SiO ₂	72,2	23,3	36,8	51,0	55,1	51,3	53,3	28,4	47,5	45,0	64,4	33,5	36,3	55,6	22,2	15,5	17,4
TiO ₂	< 0,1	1,9	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	< 0,1	2,2	6,0	3,8
Al ₂ O ₃	0,4	6,5	1,1	1,1	1,2	1,4	1,0	1,9	2,2	0,4	1,1	2,6	2,8	0,7	15,3	11,1	13,7
FeO	20,5	29,0	29,5	40,1	44,3	42,8	42,6	51,6	37,4	32,0	28,4	53,9	33,6	35,6	33,9	53,8	49,4
CaO	0,6	10,9	10,7	4,1	0,5	0,6	0,6	7,3	3,3	8,6	2,1	4,2	7,7	0,7	1,3	3,2	1,3
MnO	< 0,01	0,19	0,24	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,10	0,01	0,08	< 0,01	0,08	0,04	< 0,01	0,03	0,10	0,03
K ₂ O	< 0,10	< 0,10	0,19	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,23	0,31	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,29	< 0,10	0,56	0,24	< 0,10
P ₂ O ₅	0,10	0,78	0,24	0,12	0,11	0,10	0,13	0,23	0,11	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11	0,41	3,87	0,73
S	< 0,01	< 0,01	0,04	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	0,04	0,02	0,03	0,02	< 0,01	0,12	< 0,01	< 0,01
As	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,005	< 0,003	< 0,003
Zn	< 0,003	0,011	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	0,003	< 0,003	0,028	0,011	0,037

nebo i jeho relativně hrubozrnné agregáty tvořící šmouhy, méně obvyklý je jemnozrnný Fe-karbonát (podobné povahy jako v rudách typu E).

Křemen-hematitové rudy (typ C) mají šedočernou barvu s namodralým odstínem. Jejich textura je někdy masivní, jindy šmouhovitá, poměrně často brekciovitá. Na složení se často podílí jen oba minerály uvedené v názvu rudního typu. Hematit

Tab. 2: Chemické složení železných rud stanovené v Acme Analytical Laboratories Ltd.

Tab. 2: Whole-rock composition of iron ores determined in the Acme Analytical Laboratories Ltd.

typ rudy	A	B	B	C	D	E	F
vzorek	Jos-3	RV-43	Žel-1	Aloi-10	RV-62	RV-22	Jos-2
SiO ₂ (hm. %)	80,16	49,73	53,95	52,73	52,14	31,05	13,88
Al ₂ O ₃ (hm. %)	0,28	0,13	0,37	0,11	0,71	0,54	10,74
Fe ₂ O ₃ (hm. %)	18,29	49,87	43,58	46,71	42,76	55,14	62,25
MgO (hm. %)	0,11	< 0,01	0,01	< 0,01	0,18	0,39	2,58
CaO (hm. %)	0,08	0,15	0,24	0,1	2,27	1,47	1,28
Na ₂ O (hm. %)	< 0,01	0,01	0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01
K ₂ O (hm. %)	0,01	< 0,04	0,08	< 0,01	0,15	0,12	0,02
TiO ₂ (hm. %)	0,05	< 0,01	0,02	< 0,01	0,11	0,03	3,31
P ₂ O ₅ (hm. %)	0,098	0,1	0,201	0,132	0,16	0,06	1,025
MnO (hm. %)	0,1	0,01	0,03	< 0,01	0,04	0,08	0,07
Cr ₂ O ₃ (hm. %)	< 0,002	< 0,001	< 0,002	< 0,002	0,002	0,001	0,005
LOI (hm. %)	0,80	-0,10	1,50	0,20	1,50	11,00	4,80
TOT/C (hm. %)	0,03	0,01	0,02	0,02	0,48	3,38	< 0,02
TOT/S (hm. %)	< 0,02	< 0,01	< 0,02	0,02	< 0,01	0,02	< 0,02
suma (hm. %)	100,01	99,92	99,99	100	100,03	99,89	99,95
Ba (ppm)	108	5,6	15	7	59	172,6	128
Be (ppm)	< 1,0	< 1,0	< 1,0	2,0	< 1,0	< 1,0	1,0
Co (ppm)	4,8	0,7	1,2	1,4	1,6	0,9	76,4
Cs (ppm)	0,1	0,1	0,2	< 0,1	2,6	1,9	1,5
Ga (ppm)	1,2	< 0,5	1,7	5,3	1,9	1,7	33
Hf (ppm)	0,1	< 0,1	0,1	< 0,1	0,3	< 0,1	6,0
Nb (ppm)	1,0	0,2	0,6	< 0,1	2,9	0,5	35,1
Rb (ppm)	0,4	0,5	1,3	0,2	2,9	1,9	1,0
Sn (ppm)	< 1,0	1	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Sr (ppm)	4,8	6,2	4,8	8,5	61,3	30,7	19,7
Ta (ppm)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	< 0,1	2,5
Th (ppm)	0,3	0,2	< 0,2	< 0,2	0,2	0,3	1,6
U (ppm)	0,2	0,4	1,1	0,3	0,3	0,4	3,4
V (ppm)	40,0	14,0	41,0	46,0	44,0	21,0	145,0
W (ppm)	1,3	1,0	12,9	3,3	2,2	0,8	2,7
Zr (ppm)	3,9	1,7	4,5	1,6	9	7,3	264,8
Y (ppm)	2,4	1,6	2,3	1,2	4,5	2,5	30,1
Mo (ppm)	2,4	7,8	1,6	2,9	2,5	3,6	1
Cu (ppm)	4,7	3,3	4,1	4,7	2,4	7,3	1,3
Pb (ppm)	1,1	1,1	2,2	2,1	3,6	1,9	1,2
Zn (ppm)	24,0	3,0	6,0	10,0	17,0	28,0	294,0
Ni (ppm)	13,5	4,9	11,9	6,5	6,3	4,8	161,6
As (ppm)	1,4	3,2	2,3	5,9	3	0,9	< 0,5
Cd (ppm)	0,6	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	0,2	0,4
Sb (ppm)	0,2	0,6	1,1	0,9	0,8	0,1	< 0,1
Bi (ppm)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Ag (ppm)	< 0,1	< 0,1	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Au (ppb)	69,7	17,1	543,5	19,2	23,6	15,7	30,3
Hg (ppm)	0,02	< 0,01	0,01	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tl (ppm)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Se (ppm)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,5	< 0,5

tvoří velké agregáty složené z anizometrických zrn o velikosti zpravidla do 0,05 mm, jen místy jsou přítomny tabulky nebo i drobné šupinky hematitu (typické jaspilitové partie jsou výjimečné). Křemen je relativně hrubozrnný – větší zrna mají až 0,7 mm, jsou výrazně anizometrická, vykazují undulózní zhašení. S rostoucím obsahem hematitu v rudě průměrná velikost zrn křemene klesá.

Křemen-magnetitové rudy (typ D) jsou šedočerné, někdy s namodralým odstínem. Dominantním rudním minerálem je magnetit, jehož drobná zrna (o velikosti kolem 0,05 mm) bývají seskupena do až 5–6 mm velkých izometrických agregátů, jejichž vnější omezení je tvořeno krystalovými plochami. Součástí rudy jsou jednotlivá hypautomorfní až automorfní individua magnetitu o velikosti do 1 mm. Křemen je velmi jemnozrnný, a to zejména na styku s magnetitovými agregáty, směrem do centra křemenných agregátů se velikost křemenných zrn zvětšuje až na 0,4 mm (tato zrna vykazují výrazné undulózní zhašení). Častou součástí křemenných agregátů jsou jednotlivé šupinky nebo vějířky stilpnomelanu. Hematit je v rudě přítomen jen ojediněle – tvoří drobná zrníčka a šupinky inkludované křemenem.

Karbonátové rudy (typ E) mají tmavě hnědou až červenohnědou barvu, jejich šmouhovitě páskovaná textura je jen někdy pozorovatelná již makroskopicky. Charakteristickou složkou rudy jsou jemnozrnné agregáty Fe-karbonátů (identifikován byl siderit), tvořící šmouhy, neprůběžné pásy nebo i formy zcela nepravidelných tvarů, jejichž součástí jsou šupinky a zrníčka hematitu, drobná zrna křemene a magnetitu (zrna magnetitu bývají seskupena do plochých čoček o velikosti až 5 mm), šupinky stilpnomelanu, lokálně vtrošeny pyritu (až 0,5 mm velká hypautomorfní individua hexaedrického typu). Na stavbě rudy se podílí vždy křemenem bohaté jemnozrnné až drobnozrnné čočky, šmouhy nebo neprůběžné pásy. Ve variabilním množství je v rudě přítomen kalcit – je-li podstatnou složkou, pak obvykle tvoří drobnozrnné pásy. Partie bohaté křemenem nebo kalcitem vždy obsahují hematit, magnetit a stilpnomelan (je-li hojný stilpnomelan, nebývá v těchto partiích vysoký podíl hematitu a naopak).

Chloritové rudy (typ F) mají černozeleňou barvu. Jejich dominantní složkou je jemně šupinkovitý chlorit, ve variabilním množství je přítomen kalcit, jehož zrna mohou vytvářet šmouhovité pásy. V některých vzorcích je chlorit provázen stilpnomelanem (často v partiích s kalcitem). V podobě převážně xenomorfních zrn je přítomen magnetit, někdy ruda obsahuje tabulky ilmenitu, šupinky nebo tabulky muskovitu, zrna křemene a albitu. Běžnou akcesorií je minerál skupiny TiO₂ a monazit, tvořící místy hojná xenomorfní zrna o velikosti až 0,03 mm, zjištěn byl i apatit.

Tab. 3: Obsahy vzácných zemin (v ppm) v železných rudách stanovené v Acme Analytical Laboratories Ltd.

Tab. 3: REE contents (in ppm) in iron ores determined in the Acme Analytical Laboratories Ltd.

typ rudy	A	B	B	C	D	E	F
vzorek	Jos-3	RV-43	Žel-1	Aloi-10	RV-62	RV-22	Jos-2
La	1,6	1,4	1,7	1,4	3,6	2,7	14,0
Ce	3,1	1,9	4,2	1,4	6,3	6,3	30,3
Pr	0,36	0,32	0,54	0,24	0,95	0,64	4,70
Nd	1,7	1,3	2,2	1,1	3,9	2,7	20,2
Sm	0,43	0,30	0,48	0,20	0,60	0,60	5,21
Eu	0,17	0,08	0,15	0,06	0,26	0,21	1,52
Gd	0,57	< 0,50	0,52	0,24	0,91	0,59	6,00
Tb	0,11	0,05	0,10	0,05	0,14	0,08	0,76
Dy	0,49	0,26	0,49	0,21	0,59	0,53	5,04
Ho	0,09	0,04	0,12	0,05	0,12	0,09	0,99
Er	0,26	0,16	0,28	0,13	0,39	0,29	3,03
Tm	0,04	0,02	0,05	0,03	0,04	0,04	0,39
Yb	0,17	0,09	0,23	0,11	0,22	0,19	2,60
Lu	0,04	0,03	0,05	0,03	0,05	0,04	0,39
suma	9,13	5,95	11,11	5,25	18,07	15,00	95,13
LREE	7,19	5,22	9,12	4,34	15,35	12,94	74,41
HREE	1,94	0,73	1,99	0,91	2,72	2,06	20,72
HREE/LREE	0,27	0,14	0,22	0,21	0,18	0,16	0,28

Rudami pronikají vlasové žilky až několik cm mocné žilky tvořené kalcitem nebo křemenem v různém kvantitativním poměru. Podstatnou složkou některých žilek jsou fylosilikáty, zastoupené hlavně stilpnomelanem (až 3 mm velké hnědavé černé lupínky, přítomné zejména při okraji kalcitových žilek) a chlorit (tmavě zelené až černozeleň jemně šupinkovité agregáty); ojedinělou součástí žilek je muskovit (drobné tabulky a šupinky při okraji žilek). Součástí žilek může být zrnitý magnetit a zejména hrubě lupenitý hematit (hojný na křemenných žilkách). Na kal-

citové žilce v rudě typu F byla zjištěna xenomorfní zrna barytu o velikosti do 0,003 mm (ověřeno EDX).

Rudní vzorky z haldy na Rozvodném vrchu jsou jen nepatrně postiženy supergenními procesy, které se projevují slabou limonitizací Fe-karbonátů a někdy i chloritu a stilpnomelanu. Železné rudy z blízkosti kóty Železník a z důlních měř Josefi a Aloisia jsou zvětráváním ovlivněny mnohem výrazněji (karbonáty jsou často vylouženy, dutiny po nich bývají vyplněny limonitem). Stupeň supergenního postižení se projevuje i rozsahem martitizace magnetitu – v rudách z Rozvodném vrchu je rozsah této přeměny jen nepatrný, v rudách od Železníku a z důlních měř Josefi a Aloisia jsou přítomny i dokonalé pseudomorfozy hematitu po magnetitu.

Chemismus rud a vybraných minerálů

Chemismus rud je zřejmý z tabulek 1 až 3, do nichž byly začleněny údaje o složení vzorků reprezentujících výše rozlišené rudní typy A až F, do tabulky 1 byl zařazen i vzorek se složením na rozhraní typů C a D (v tabulce C/D) a také vzorek brekciovité rudy s klasty odpovídajícími typům A a F (v tabulce A+F).

Reprezentativní WDX analýzy karbonátů (kalcit, siderit a neurčený karbonát – viz následující kapitola) a fylosilikátů (stilpnomelan, chlorit, muskovit) jsou uvedeny v tabulkách 4 a 5. V magnetitu bylo vedle dominantního Fe v analyzovaných bodech zjištěno (v hm. %) až 0,73 TiO₂, 0,77 SiO₂, 0,17 Al₂O₃, 0,10 Cr₂O₃ a 0,12 V₂O₃. Ilmenit obsahuje (v apfu, na bázi 3 atomy kyslíku) 0,06 Si, 0,04 Al, 0,02 Mg a 0,01 Mn. V monazitu zcela nepatrně převažuje Ce nad sumou La + Nd, počty atomů těchto tří prvků (apfu, na bázi 4 atomy kyslíku) jsou následující: 0,42–0,44 Ce, 0,22–0,27 La a 0,15–0,18 Nd.

Tab. 4: Chemismus karbonátů v železných rudách a na hydrotermálních žilkách (hm. %).

Tab. 4: Chemistry of carbonates in iron ores and hydrothermal veins (wt. %).

vzorek	kalcit						siderit					neurčitelný karbonát		
	ruda			žilka			ruda					ruda		
	RV-22	RV-22	RV-62	RV-10	RV-62	RV-68	RV-22	RV-22	RV-76	RV-76	RV-1	RV-1	RV-1	
CaO	52,67	53,87	53,03	51,66	50,63	53,30	0,54	0,69	0,65	0,68	0,73	37,15	39,32	36,51
FeO	3,97	3,33	3,37	3,81	2,66	3,11	59,11	58,76	58,08	60,52	59,36	21,94	19,06	22,98
MgO	0,11	0,25	0,19	0,06	0,21	0,28	1,71	1,13	2,39	0,69	1,01	0,03	0,02	0,04
MnO	0,06	0,27	0,23	0,13	0,82	0,24	0,23	0,10	0,35	0,07	0,16	0,53	0,09	0,30
SrO	-	0,01	0,09	0,10	0,10	0,28	-	-	-	-	-	-	-	-
ZnO	-	-	nest.	-	-	nest.	-	-	-	-	0,03	-	-	-
BaO	-	-	nest.	0,01	0,02	nest.	-	-	-	-	-	-	-	-
K ₂ O	nest.	nest.	-	nest.	nest.	-	nest.	nest.	nest.	-	0,01	-	-	-
P ₂ O ₅	nest.	nest.	0,03	0,03	0,03	0,02	nest.	nest.	nest.	-	0,04	-	-	-
SiO ₂	-	0,01	nest.	0,08	0,01	nest.	0,04	1,20	0,07	0,02	0,32	0,21	0,11	0,15
Al ₂ O ₃	0,08	-	-	nest.	nest.	0,02	0,11	0,66	0,19	0,01	0,02	0,11	0,08	0,06
SO ₃	-	-	-	nest.	nest.	0,01	-	0,03	0,02	0,01	-	-	-	-
suma	56,89	57,74	56,94	55,88	54,48	57,26	61,74	61,68	61,75	62,00	61,68	59,97	58,68	60,04
počet kationtů (apfu):														
Ca ²⁺	0,941	0,944	0,944	0,941	0,943	0,944	0,011	0,014	0,013	0,014	0,015	1,357	1,448	1,334
Fe ²⁺	0,055	0,046	0,047	0,054	0,039	0,043	0,937	0,936	0,914	0,965	0,953	0,626	0,548	0,655
Mg ²⁺	0,003	0,006	0,005	0,002	0,005	0,007	0,048	0,047	0,067	0,020	0,029	0,002	0,002	0,002
Mn ²⁺	0,001	0,004	0,003	0,002	0,012	0,003	0,004	0,004	0,006	0,001	0,003	0,015	0,003	0,009
Sr ²⁺	-	-	0,001	0,001	0,001	0,003	-	-	-	-	-	-	-	-

Diskuze

1) V haldovém materiálu na Rozvodném vrchu jsou zastoupeny hlavně „kyselé rudy“ (typy A, B, C a D – rudy typu B převažují), méně hojně jsou zde „zásadité rudy“ obsahující jako podstatnou složku siderit nebo chamosit (typy E a F). Rudy typu A jsou na železo relativně chudé, jeho obsah je vždy pod 20 hm. % Fe (a nutno poznamenat, že rudnina této povahy by k výrobě železa nebyla využitelná). V rudách všech ostatních typů jsou obsahy Fe v průměru mezi 30 a 35 hm. %, nejvyšší obsahy Fe v jednotlivých rudních vzorcích byly zjištěny u typů E a F

(shodně 42 hm. %). Pro rudy typu F jsou vedle relativně nízkých obsahů SiO₂ a vysokých obsahů Al₂O₃ charakteristické zvýšené koncentrace titanu, fosforu (tab. 1 a 2) a také prvků skupiny vzácných zemin (tab. 3), vázaných patrně hlavně na monazit – (Ce). To je dáno rozdílnou povahou protolitu: u typů A až E šlo primárně o hydrotermálně-sedimentární silicity s vysokým podílem oxidů a oxihydroxidů Fe s lokálními akumulacemi Fe-karbonátů a s příměsí pyroklastického materiálu, protolit rud typu F je patrně produktem hydrotermální alterace bazických vulkanitů, příp. pyroklastik. Zvýšené obsahy vzácných zemin (hlavně

Tab. 5: Chemismus stílpnomelanu, chloritu a muskovitu v železných rudách a na hydrotermálních žilkách (hm. %).

Tab. 5: Chemistry of stílpnomelane, chlorite and muscovite in iron ores and hydrothermal veins (wt. %).

vzorek	stílpnomelan						chlorit						muskovit		
	ruda			žilka			ruda			žilka			ruda	žilka	
	RV-10	RV-68	RV-67	RV-22	RV-27	RV-68	Jos-2	RV-67	RV-10	RV-33	RV-1	RV-68	Jos-1	RV-68	RV-68
SiO ₂	43,80	43,47	43,50	43,92	43,40	44,38	24,57	24,16	24,72	24,90	22,79	23,39	45,04	47,07	46,52
TiO ₂	–	0,02	–	0,01	0,01	0,02	0,06	0,04	0,01	0,02	0,01	0,01	0,30	0,05	0,02
Al ₂ O ₃	5,82	6,43	6,48	6,14	5,77	6,22	17,04	17,59	16,36	16,64	19,65	18,38	25,50	25,90	26,60
Cr ₂ O ₃	0,01	–	nest.	–	–	0,01	0,02	–	–	–	–	–	–	0,03	0,03
V ₂ O ₃	nest.	–	nest.	nest.	nest.	–	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	0,05	nest.	0,04	0,09
P ₂ O ₅	0,04	0,03	0,01	nest.	nest.	–	–	–	–	nest.	nest.	0,01	–	–	–
FeO	35,52	34,98	33,73	34,59	33,43	33,81	37,69	40,72	42,38	38,92	40,20	42,62	8,20	8,97	8,30
MgO	2,00	2,28	2,03	1,73	2,18	2,90	4,83	5,48	4,80	6,58	5,28	4,58	1,12	1,26	1,09
MnO	0,17	0,09	0,08	0,04	0,05	0,12	0,03	0,08	0,04	0,08	0,06	0,13	–	–	0,04
NiO	–	–	0,03	nest.	nest.	–	0,12	0,01	0,05	nest.	nest.	nest.	0,03	nest.	nest.
CaO	0,25	0,32	1,32	0,48	0,47	0,35	0,14	0,04	0,07	0,04	–	0,04	0,04	0,03	0,02
BaO	0,66	0,79	0,62	nest.	nest.	0,54	–	–	0,02	nest.	nest.	–	0,09	0,05	0,14
ZnO	0,02	0,05	–	nest.	nest.	–	0,09	0,02	–	nest.	nest.	0,09	0,03	–	–
K ₂ O	1,73	1,76	1,91	1,90	1,41	2,23	0,06	0,17	–	0,01	0,02	0,03	10,47	10,53	10,79
Na ₂ O	0,04	–	0,09	0,05	–	0,02	0,02	0,06	0,05	0,04	–	0,01	0,16	0,04	0,13
Rb ₂ O	nest.	0,04	–	nest.	nest.	0,02	–	–	–	nest.	nest.	0,04	nest.	–	–
F	–	–	–	nest.	nest.	–	–	–	–	nest.	nest.	–	0,15	0,08	0,12
Cl	0,05	0,03	0,04	nest.	nest.	0,01	–	0,01	–	nest.	nest.	–	0,01	0,01	–
O=F	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	-0,06	-0,03	-0,05
O=Cl	-0,01	-0,01	-0,01	–	–	–	–	-0,00	–	–	–	–	-0,00	-0,00	–
suma	90,10	90,28	89,83	88,86	86,72	90,63	84,67	88,38	88,50	87,23	88,01	89,38	91,07	94,02	93,84
počet kationtů a aniontů (apfu):															
Si ⁴⁺	10,485	10,368	10,549	10,621	10,656	10,512	2,903	2,772	2,856	2,863	2,618	2,682	3,274	3,310	3,278
Ti ⁴⁺	0,000	0,004	0,000	0,002	0,002	0,004	0,005	0,003	0,001	0,002	0,001	0,001	0,016	0,003	0,001
Al ³⁺	1,642	1,807	1,852	1,750	1,670	1,736	2,373	2,379	2,228	2,255	2,660	2,484	2,184	2,147	2,209
Cr ³⁺	0,002	–	–	–	–	0,002	0,002	–	–	–	–	–	–	0,002	0,002
V ³⁺	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,005	–	0,002	0,005
P ⁵⁺	0,008	0,006	0,002	–	–	–	–	–	–	–	–	0,001	–	–	–
Fe ²⁺	7,111	6,977	6,841	6,995	6,864	6,698	3,724	3,908	4,095	3,742	3,861	4,087	0,498	0,528	0,489
Mg ²⁺	0,714	0,811	0,734	0,624	0,798	1,024	0,851	0,937	0,827	1,128	0,904	0,783	0,121	0,132	0,114
Mn ²⁺	0,034	0,018	0,016	0,008	0,010	0,024	0,003	0,008	0,004	0,008	0,006	0,013	–	–	0,002
Ni ²⁺	–	–	0,006	–	–	–	0,011	0,001	0,005	–	–	–	0,002	–	–
Ca ²⁺	0,064	0,082	0,343	0,124	0,124	0,089	0,018	0,005	0,009	0,005	–	0,005	0,003	0,002	0,002
Ba ²⁺	0,062	0,074	0,059	–	–	0,050	–	–	0,001	–	–	–	0,003	0,001	0,004
Zn ²⁺	0,004	0,009	–	–	–	–	0,008	0,002	–	–	–	0,008	0,002	–	–
K ⁺	0,528	0,536	0,591	0,586	0,442	0,674	0,009	0,025	–	0,001	0,003	0,004	0,971	0,945	0,970
Na ⁺	0,019	–	0,042	0,023	–	0,009	0,005	0,013	0,011	0,009	–	0,002	0,023	0,005	0,018
Rb ⁺	–	0,006	–	–	–	0,003	–	–	–	–	–	0,003	–	–	–
suma	20,673	20,697	21,035	20,734	20,565	20,825	9,911	10,053	10,035	10,013	10,053	10,076	7,097	7,077	7,094
F ⁻	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,034	0,018	0,027
Cl ⁻	0,020	0,012	0,016	–	–	0,004	–	0,002	–	–	–	–	0,001	0,001	–
O ²⁻	31,709	31,705	32,188	31,927	31,837	31,865	14,000	13,998	14,000	14,000	14,000	14,000	10,964	10,981	10,973

LREE) ve vulkanitech šternbersko-hornobenešovského pruhu jsou zřejmě z práce Přichystala (1990) – citovaným autorem uváděné obsahy REE v diabasech a keratofyrech z berounského revíru jsou vyšší než v rudách typu F. Součástí tabulky 3 je hodnota poměru HREE/LREE, která se v případě rud od Čabové pohybuje v rozpětí 0,14 až 0,28. Z nepublikovaných dat autora je zřejmé, že pro železné rudy typu Lahn-Dill (kyselé i bazické) v jesenické oblasti je převaha LREE nad HREE typická: v souboru 29 analýz železných rud lahndillského typu z jižní a střední části šternbersko-hornobenešovského pruhu a ze všech úseků vrbenské skupiny jsou hodnoty HREE/LREE v rozpětí 0,09 až 0,42 (HREE = 0,73 až 41,34 ppm, LREE = 2,16 až 440,69 ppm). Data uváděná Mückem et al. (2013) pro železné rudy z ložiska Horní Benešov lze vzhledem k převaze HREE nad LREE ve všech rudních vzorcích považovat za anomální (nejnižší hodnota HREE/LREE je 1,13). Nutno poznamenat, že na železnorudných akumulacích typu Lahn-Dill v jesenické oblasti byla převaha HREE nad LREE zjištěna autorem této zprávy v pyritových rudách s magnetitem z Horní Moravice. Rozdíly v chemismu Fe-rud od Čabové a Horního Benešova mohou svědčit o rozdílnosti procesů vzniku obou akumulací. Železné rudy hornobenešovského ložiska se podle Mückeho et al. (2013) geneticky liší od typických železnorudných akumulací lahndillského typu. Podle citovaných autorů lze Fe-rudy hornobenešovského revíru považovat za železem bohatou distální facii spjatou se submarinními hydrotermálními vývěry, jejichž produktem byly polymetalické sulfidické akumulace s barytem. Výše již bylo zmíněno, že pyritové rudy s magnetitem od Horní Moravice se poměrem HREE a LREE podobají železným rudám z Horního Benešova. V případě Horní Moravice může být genetická interpretace obdobná představě Mückeho et al. (2013), hydrotermálně sedimentární polymetalická sulfidická mineralizace s barytem byla zjištěna jen několik km od hornomoravického ložiska (vrty v blízkosti historického ložiska Nová Ves).

2) Železné rudy s podstatným podílem Fe-karbonátů (typ E) nejsou z ložisek typu Lahn-Dill v sv. části Českého masivu často popisovány, což ale neznamená, že zde nejsou běžným rudním typem. Dokud nebyla k dispozici EDX nebo WDX analýza, byla identifikace Fe-karbonátů v rudách velmi obtížná, v případě vzorků se silným supergenním postižením nemožná. Ve starších pracích věnovaných berounskému revíru proto rudy tohoto charakteru zmiňovány nejsou, v novějších publikacích je přítomnost Fe-karbonátů uváděna z železnorudných akumulací v jiných úsecích šternbersko-hornobenešovského pruhu (Řídeč, Horní Benešov) a také v severní části vrbenské skupiny. Z povahy materiálu deponovaného na Rozvodném vrchu u Čabové lze usuzovat, že rudy typu E nejsou na ložisku příliš hojné. Mocnost jejich poloh však musela být alespoň v některých případech větší než cca 25 cm. Siderit z Rozvodného vrchu se výraznou dominancí železa v pozici divalentního kationtu (Fe apfu = 0,91–0,97) výrazně liší od sideritů v železných rudách na ložisku Horní Benešov, v nichž byly zjištěny často značné obsahy Mn, Mg a také Ca (Mücke et al. 2013). Již výše v textu zmiňovaný a v tabulce 4 uvedený „neurčený karbonát“ byl zjištěn ve formě

Tab. 6: Chemismus chloritu (Si apfu, F/FM) a na chemismu založená chloritová geotermometrie.

Tab. 6: Chemistry of chlorite (Si apfu, F/FM) and chlorite compositional geothermometry.

	ruda typu E	ruda typu F	žilky
Si apfu (na bázi 14 at. O)	2,66–2,86	2,76–2,92	2,62–2,73
F/FM	0,81–0,84	0,76–0,83	0,77–0,84
Cathelineau – Nieva (1985)	260–302	247–281	286–311
Cathelineau (1988)	306–369	287–338	346–383
Kranidiotis – MacLean (1987)	200–223	189–211	210–225
Jowett (1991)	322–385	301–354	361–698
Zang – Fyfe (1995)	215–255	206–236	242–267

jemnozrnných agregátů pouze v jednom vzorku; v BSE obrazu se tyto agregáty jeví jako homogenní. Výsledky tří bodových analýz tohoto karbonátu (viz tab. 4) jsou si velmi blízké, avšak poměrem Ca/Fe neodpovídají ankeritu, a nelze uvažovat ani o Fe-kalcitu (v tomto případě je obsah Fe naopak příliš vysoký). Kalcit s relativně vysokým obsahem železa (Fe apfu = 0,04–0,06) je však na Rozvodném vrchu přítomen, a to jak v Fe-rudách, tak i jako podstatná složka jimi probíhajících žilek. Kalcit s obdobnou koncentrací Fe je uváděn z Horního Benešova, kde však má i zvýšené obsahy Mn a Sr (Mücke et al. 2013).

3) Fylosilikáty jsou v rudách zastoupeny hlavně chloritem a stilpnomelanem. Zatímco chlorit může být i dominantní složkou rudy (typ F), množství stilpnomelanu v rudě jen výjimečně dosahuje 15–20 obj. %. Již z optických vlastností chloritů v rudách a na žilkách (vždy výrazný pleochroismus od jemně nažloutlé po středně zelenou, anomální šedomodré interferenční barvy) je zřejmé, že jde o Fe-chlority velmi podobného složení, což dokládají i výsledky WDX analýz. Na základě výrazné převahy Fe v oktaedrické pozici lze všechny analyzované chlority označit jako chamosit. Podle starší Melkovy klasifikace založené na Si apfu a hodnotě F/FM odpovídají chlority v rudě typu E chamositu až thuringitu, v rudě typu F chamositu, na žilkách thuringitu (tab. 6). Rozdíly v chemismu mezi analyzovanými chlority (celkem 20 analýz) jsou však velmi malé a všechny se v Melkově klasifikaci nachází při rozhraní mezi poli chamositu a thuringitu (hranice je na 2,75 Si apfu). Ke zjištění teplot krystalizace chloritů bylo použito pět rozdílných geotermometrů (tab. 6), založených na množství tetraedrického Al a na poměru Fe/(Fe+Mg). Pouze dva z geotermometrů (Kranidiotis – MacLean 1987; Zang – Fyfe 1995) poskytly teploty, které lze považovat za akceptovatelné (189 až 225 °C a 206 až 267 °C), teploty vypočtené podle tří zbývajících jsou nerealně vysoké (tab. 6). Obdobně jako u chloritu, neexistuje žádný zásadnější rozdíl v chemismu a optických vlastnostech stilpnomelanu v rudě a na žilkách. Minerál vykazuje výrazný pleochroismus v barvách charakteristických pro „ferristilpnomelan“ (žlutá x hnědočerná až téměř černá), zcela výjimečně byly ve stilpnomelanu zjištěny drobné „ostrůvky“, jejichž pleochroismus (bledě žlutá x zelená) by odpovídal „ferrostillpnomelanu“. Stilpnomelan z Rozvodného vrchu se chemismem podobá stilpnomelanu z ložiska Řídeč v jižní části šternbersko-hornobenešovského pruhu (Zimák 2015) a také stilpnomelanu ze železných rud na lo-

žisku Horní Benešov, kde však obsahuje více barya a méně draslíku (Mücke et al. 2013).

Závěr

V haldovém materiálu na Rozvodném vrchu u Čabové bylo rozlišeno šest typů rud: jaspilitové rudy (s obsahy Fe pod 20 hm. %), magnetit–hematitové jaspilitové rudy, křemen–hematitové rudy, křemen–magnetitové rudy, karbonátové rudy a chloritové rudy (v pěti posledních typech jsou průměrné obsahy Fe mezi 30 a 35 hm. %). Na složení rud se podílí v různých proporcích hlavně křemen, magnetit, hematit, kalcit, siderit, chamosit a stilpnomelan; k běžným akcesoriím chloritových rud patří ilmenit,

minerál skupiny TiO_2 , monazit–(Ce) a apatit. Protolitem chloritových rud je nejspíše produkt hydrotermální alterace bazických vulkanitů, příp. pyroklastik. Ostatní rudní typy se patrně vytvořily ze silicitů hydrotermálně sedimentárního původu s vysokým podílem oxidů a oxihydroxidů Fe s lokálními akumulacemi Fe-karbonátů a s příměsí pyroklastického materiálu.

Poděkování

Autoři děkují editorovi doc. RNDr. Zdeňku Lososovi, CSc. a recenzentovi prof. RNDr. Bohuslavu Fojtovi, CSc. za cenné rady a připomínky, které přispěly ke zkvalitnění tohoto článku.

Literatura

- Burkart, E. (1953): Mährens Minerale und ihre Literatur. – Nakladatelství Československé akademie věd, Praha.
- Cathelineau, M. (1988): Cation site occupancy in chlorites and illites as a function of temperature. – *Clay Minerals*, 23, 471–485. London.
- Cathelineau, M. – Nieva, D. (1985): A chlorite solid solution geothermometer. The Los Azufres (Mexico) geothermal system. – *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 91, 235–244.
- Dvořák, J. – Kalvoda, J. – Otava, J. – Přichystal, A. (1986): Zpráva o podrobném geologickém mapování v okolí Moravského Berouna. – *Zprávy o geologických výzkumech v roce 1984*, 59–60.
- Geršl, M. – Knésl, I. (2009): Validace terénního rentgen–fluorescenčního spektrometru pro potřeby analýzy půd, říčních sedimentů a suspendované hmoty. – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku*, XVI, 126–130.
- Jowett, E.C. (1991): Fitting iron and magnesium into the hydrothermal chlorite geothermometer. – *GAC/MAC/SEG Joint Annual Meeting (Toronto, May 27–29, 1991), Program with Abstracts 16, A62*. Toronto.
- Kopecká, L. (2012): Mineralogie železných rud typu Lahn–Dill ve šternbersko–hornobenešovském pruhu. – MS, diplomová práce. PřF UP Olomouc. 90 s.
- Kranidiotis, P. – MacLean, W.H. (1987): Systematics of chlorite alteration at the Phelps Dodge massive sulfide deposit, Matagami, Quebec. – *Economic Geology*, 82, 1898–1911.
- Kretschmer, F. (1917): Die Erzführende Diabas- und Schalteinstonezone Sternberg–Bennisch. – *Archiv für Lagerstättenforschung*, 24. Heft, 1–198.
- Mátl, V. (1994): Jaspilit – málo známý netradiční drahý kámen. – *Minerál*, 2, 1, 42.
- Mücke, A. – Dolníček, Z. – Fojt, B. – Hladíková, J. – Pudilová, M. – Reif, J. – Škoda, R. (2013): The Horní Benešov ore deposit in the Devonian Šternberk–Horní Benešov Belt, Jeseníky Mts, Czech Republic. Part II: Fe-ore occurrences. – *Časopis Slezského zemského muzea, Vědy přírodní*, 62, 3, 215–254.
- Přichystal, A. (1986): Vulkanity šternbersko–hornobenešovského pruhu. – *Zprávy o geologických výzkumech v roce 1984*, 175–176.
- Přichystal, A. (1990): Hlavní výsledky studia paleozoického vulkanismu ve šternbersko–hornobenešovském pruhu (Nízký Jeseník). – *Sborník geologických věd, řada LGM*, 29, 41–66.
- Skácel, J. (1966): Železorná ložiska moravskoslezského devonu. – *Rozpravy Československé akademie věd, Řada matematických a přírodních věd*, 76, sešit 11, 3–59.
- Skácel, J. (1968): Oblastní surovinová studie Jeseníky. – MS. Geologický průzkum, n. p. Ostrava.
- Skácel, J. (2000): Přehled geologicko–průzkumných akcí na železné rudy v Jeseníkách a okolí po 2. světové válce. – *Minerál*, 8, 4, 309–312.
- Staněk, S. (1997): Tajemství podzemí. – In: *Sborník „Hvězda pod Rosuticí“*, 14–26, 146–147. Moravská expedice Moravský Beroun.
- Šabatková, L. (2009): Mineralogie železných rud typu Lahn–Dill v okolí Moravského Berouna. – MS, diplomová práce. PřF UP Olomouc. 83 s.
- Tomšík, J. (1993): Vulkanosedimentární ložiska Fe rud na severní Moravě a ve Slezsku. – In: Přichystal, A. – Obstová, V. – Suk, M. (eds.): *Geologie Moravy a Slezska*, 71–78. Moravské muzeum Brno a PřF MU Brno.
- Zang, W. – Fyfe, W.S. (1995): Chloritization of the hydrothermally altered bedrocks at the Igarapé Bahia gold deposit, Carajás, Brazil. – *Mineralium Deposita*, 30, 30–38.
- Zimák, J. (1999): Stilpnomelan z akumulací Fe–rud lahn–dillského typu ve šternbersko–hornobenešovském pruhu a vrbenské skupině. – In: *Seminář „Současné výzkumy v Slezsku“ u příležitosti životního jubilea prof. B. Fojta*. Sborník abstraktů, 29–32. PřF MU Brno.
- Zimák, J. (2015): Mineralogie železných rud z ložiska Řídeč v jižní části šternbersko–hornobenešovského pruhu (moravskoslezská jednotka Českého masivu). – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku*, 22, 1–2, 25–28.