

# Chemismus karbonátů jihlavského rudního revíru

## Chemistry of carbonates from Jihlava Ore District

KAREL MALÝ

Muzeum Vysočiny Jihlava, Masarykovo náměstí 55, CZ – 586 01 Jihlava; e-mail: maly@muzeum.ji.cz

**Abstract:** Carbonates from the Jihlava ore district (Pb-Zn-Ag vein hydrothermal mineralisation) were examined by chemical analyses and X-ray powder diffraction analyses (30 samples in total). Calcite (up to 2.09 wt. % MnO), Mn-siderite (up to 25.64 wt. % MnO) and dolomite-type carbonates (Fe-ankerite, Mn-ankerite, Fe-kutnohorite) are described

**Key words:** carbonates, kutnohorite, Jihlava ore district

### ÚVOD

Jihlavský rudní revír patří ke klasickým oblastem výskytů polymetalické žilné mineralizace v Českém masivu. V minulosti zde také probíhala intenzivní těžba (minimálně od první poloviny 13. století) a prospekční práce, hornicky bylo těženo nebo ověřeno několik desítek zrudnělých struktur. Hlavními rudními nerosty jsou sfalerit, pyrit, galenit, místy chalkopyrit a pyrhotin, ostatní jsou vzácné. Hlušina je tvořena křemenem, na některých žilách ve významné míře i barytem a karbonáty.

Přestože z ložiskového hlediska lze revír považovat za relativně dobře prozkoumaný (nejnověji Pluskal et Vosáhlo 1998), moderní mineralogické výzkumy jsou velmi sporadické a nesystematické. Nové a analýzami podložené práce mají obvykle charakter náleзовých zpráv (např. Malý et Vávra 1998; Čech et Hak 1979 aj.), komplexní novodobý výzkum primárních a hlušinových minerálů, stejně jako sekundárních fází chybí (výčet nerostů jihlavských rudních žil např. Malý 1999).

Předložená práce si proto klade za cíl charakterizovat typické hlušinové nerosty jihlavských rudních žil – karbonáty a přispět tak k řešení problematiky geneze hydrotermální polymetalické mineralizace v jihlavském rudním revíru.

### METODIKA

Zkoumaný materiál pochází převážně ze sbírek Muzea Vysočiny Jihlava, z části byl získán také sběrem v terénu (zejména vzorky z Jihlavy – Starých Hor). Pro analýzy byly karbonáty separovány pod binokulárním mikroskopem.

Chemické analýzy provedl P. Kadlec na Ústavu geologických věd PřF MU Brno: nerozpustný podíl – gravimetricky; FeO – titrací s  $K_2Cr_2O_7$ ; MnO – atomovou absorpční spektrofotometrií (AAS); CaO, MgO – komplexometrickou titrací s Chelatonem III;  $CO_2$  – absorpčně; SrO – AAS.

Rentgenové práškové difrakční analýzy provedl V. Vávra z Ústavu geologických věd PřF MU Brno na difraktometru STOE Stadi-P, za použití záření  $CuK\alpha$  s germaniovým monochromátorem; identifikace fází byla provedena srovnáním spekter s databází JCPDS.

### POPIS VZORKŮ

V následujícím popisu je uvedeno číslo, pod kterým je vzorek v dalším textu uváděn, inventární číslo ze sbírek Muzea Vysočiny Jihlava, lokalita (názevy důlních děl a místní názvy podrobněji viz např. Zajíček 1982) a popis vzorku:

- 1  
GM 4781, Jihlava – Prachárna  
Bílý až světle nažloutlý, hrubě štěpný karbonát s vlasovou žilkou pyritu.
- 2  
GM 4782, Jihlava – Prachárna  
Bílý až světle narůžovělý karbonát tvořící drobné, jemně zrnité žilky v alterované rule. Vtroušeniny galenitu do 3 mm.
- 3  
GM 4982, Čížov – doly u Terčového rybníka  
Bílý, masivní karbonát, zrna do 0,5 cm.
- 4  
GM 5745, Jihlava – důl sv. J. Nepomuckého  
Bílý, na puklinách žlutohnědý karbonát, tvořící žilky o mocnosti do  $\frac{3}{4}$  cm v biotitické rule.
- 5  
GM 5750, Jihlava – Staré Hory, Zechgrund  
Bílý, žilkovitý karbonát s vtroušenými zrny galenitu a sfaleritu do 0,5 cm.
- 6  
GM 5760, Jihlava – Staré Hory, Ad Cerdones  
Žlutý až světle hnědý, hrubě štěpný karbonát s limonitem.
- 7  
GM 5767, Rančířov – Postřibřovací couk  
Žilka bílého karbonátu o mocnosti do 2 cm s vtroušeným sfaleritem a vzácně pyritem.
- 8  
GM 5647, Jihlava – Pfaffenhofský couk  
Hnědočerný karbonát, zrna do 0,5 cm, s vtroušeným pyritem a chalkopyritem.

- 9  
GM 5643, Jihlava – Pfaffenhofský couk  
Žlutohnědý, velmi jemně zrnitý karbonát s vlasovými žilkami křemene a vtroušeninami sfaleritu.
- 10  
GM 5642, Jihlava – Pfaffenhofský couk  
Žlutohnědý, masivní karbonát s černými povlaky hydroxidů Mn.
- 11  
GM 5632, Jihlava – Pfaffenhofský couk  
Žlutohnědý karbonát, zrna do 1 cm, s vtroušeninami galenitu a chalkopyritu.
- 12  
GM 5631, Jihlava – Pfaffenhofský couk  
Hnědočerný, masivní karbonát s povlaky limonitu.
- 13  
GM 3988, Jihlava – Zechgrund  
Bílý, místy až čirý karbonát, hrubě zrnitý, s otisky krystalů křemene.
- 14  
GM 191, Jihlava – Staré Hory  
Šedorůžový, hrubě štěpný karbonát s vtroušeným galenitem.
- 15  
GM 63, Jihlava – Staré Hory  
Bílý, jemně zrnitý karbonát s vtroušeným pyritem.
- 16  
GM 888, Jihlava – Bedřichov, haldy pod Kněžským dvorem  
Hnědočerný, hrubě zrnitý karbonát s žilkami křemene a vtroušeným pyritem.
- 17  
GM 2960, Jezdovice  
Hnědý, hrubě štěpný karbonát. Část žíly s křemenem a vtroušeným sfaleritem a pyritem.
- 18  
GM 1407, Jezdovice  
Hnědožlutý, jemně zrnitý karbonát s vtroušeninami sfaleritu. Část žíly s křemenem, který obsahuje vtroušeniny pyritu a galenitu.
- 19  
GM 5635, Jihlava – Pfaffenhofský couk  
Hnědočerný, hrubě zrnitý karbonát s vtroušeninami pyritu.
- 20  
GM 5637, Jihlava – Pfaffenhofský couk  
Žlutohnědý, jemně zrnitý karbonát v alterované rule.
- 21  
2/21D, Jihlava – Staré Hory  
Bíložluté žilky karbonátu o mocnosti do 3 mm v křemeni.
- 22  
3/1E, Jihlava – Staré Hory  
Žilky bílého karbonátu o mocnosti do 1 cm v alterované grafitické rule.
- 23  
K1, Jihlava – Staré Hory  
Bílý až čirý, hrubě štěpný karbonát s vtroušeninami červeného sfaleritu.
- 24  
K2, Jihlava – Staré Hory  
Bílý až velmi světle žlutohnědý, hruběji zrnitý karbonát.
- 25  
K3, Jihlava – Staré Hory  
Bílý až čirý, místy podél ploch štěpnosti žlutohnědý, hrubě štěpný karbonát.
- 26  
K4, Jihlava – Staré Hory  
Bílý, hruběji zrnitý karbonát v alterované rule s pyritem.
- 27  
K5, Jihlava – Staré Hory  
Bílý až světle hnědý karbonát s vtroušeným pyritem a drobnými polohami grafitu.
- 28  
K6, Jihlava – Staré Hory  
Světle hnědý karbonát s vtroušeninami hnědočerveného sfaleritu.
- 29  
K7, Jihlava – Staré Hory  
Žilka bílého, hrubě štěpného karbonátu o mocnosti cca 5 cm.
- 30  
K8, Jihlava – Staré Hory  
Světle červenošedý, hruběji štěpný karbonát.

## VÝSLEDKY

## CHEMICKÉ ANALÝZY

Výsledky analýz shrnují tabulky 1 (kalcit), 2 (siderit) a 3 (karbonáty dolomitové skupiny).

Tab. 1. Chemické analýzy kalcitu a parciální chemické analýzy kalcitu (hm. %).

Tab. 1. Chemical analyses of calcite and partial chemical analyses of calcite (wt. %).

VZOREK	1	2	3	4	5	6	7	13	14	15
-H <sub>2</sub> O	0,00	0,24	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,24	0,14
SiO <sub>2</sub> + n.p.	0,54	0,76	1,34	2,55	0,48	0,42	0,43	3,64	0,97	0,96
FeO	0,29	0,25	0,12	0,59	0,35	1,10	0,51	0,40	0,41	0,68
MnO	0,84	0,77	0,30	2,06	0,92	0,33	1,28	1,40	0,72	1,34
CaO	54,09	53,89	54,60	52,52	53,98	54,26	53,75	51,69	54,00	53,06
MgO	0,27	0,15	0,09	0,35	0,27	0,24	0,14	0,28	0,27	0,35
SrO	0,04	0,03	0,02	0,06	0,06	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
CO <sub>2</sub>	43,46	43,01	43,21	42,46	43,55	43,70	43,43	42,00	43,37	43,27
total	99,53	99,10	100,08	100,59	99,61	100,07	99,54	99,60	99,98	99,80
Fe	0,004	0,004	0,002	0,008	0,005	0,015	0,007	0,006	0,006	0,010
Mn	0,012	0,011	0,004	0,030	0,013	0,005	0,018	0,021	0,010	0,019
Ca	0,977	0,983	0,992	0,965	0,973	0,974	0,971	0,979	0,977	0,962
Mg	0,007	0,004	0,002	0,009	0,007	0,006	0,004	0,007	0,007	0,009
Sr				0,001	0,001					
Catsum	1,000	1,001	1,000	1,013	0,999	1,000	1,000	1,012	1,000	1,000

VZOREK	22	23	24	25	26	27	28	29	30
FeO	0,45	0,08	0,31	0,10	0,26	0,23	0,40	0,06	0,23
MnO	2,09	0,44	0,65	0,40	0,49	0,49	0,62	0,44	0,85
CaO	50,48	52,77	52,43	52,48	51,94	53,79	52,20	53,47	52,41
MgO	0,17	0,13	0,38	0,20	0,25	0,20	0,35	0,15	0,30

Tab. 2. Chemické analýzy sideritu (hm. %).

Tab. 2. Chemical analyses of siderite (wt. %).

VZOREK	8	12	16	17	18	19
-H <sub>2</sub> O	0,00	0,23	0,90	0,15	0,30	0,27
SiO <sub>2</sub> +n.p.	1,28	2,13	3,09	1,49	2,83	7,44
FeO	34,46	35,75	43,19	29,21	28,95	29,82
MnO	19,23	17,74	17,66	26,11	25,64	20,35
CaO	2,46	1,75	1,82	2,70	2,26	2,30
MgO	3,41	3,87	3,41	1,95	2,07	3,19
SrO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CO <sub>2</sub>	38,65	38,50	29,85	38,34	37,83	36,18
suma	99,49	99,97	99,92	99,95	99,88	99,55
Fe	0,546	0,569		0,467	0,469	0,505
Mn	0,309	0,286		0,422	0,421	0,349
Ca	0,050	0,036		0,055	0,047	0,050
Mg	0,096	0,110		0,056	0,060	0,096
Sr	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000
Catsum	1,001	1,000		1,000	0,997	1,000

Pozn.: vzorek 16 je pravděpodobně „limonitizován“

Tab. 3. Chemické analýzy karbonátů dolomitové skupiny (hm. %).

Tab. 3. Chemical analyses of dolomite type carbonates (wt. %).

VZOREK	9	10	11	20	21
-H <sub>2</sub> O	0,00	0,00	0,27	0,25	n.d.
SiO <sub>2</sub> +n.p.	2,64	2,99	2,52	7,77	n.d.
FeO	9,93	8,61	9,60	10,16	7,93
MnO	8,12	9,27	9,81	7,34	2,39
CaO	27,14	28,47	28,32	26,00	32,36
MgO	9,36	8,17	7,07	8,08	8,97
SrO	0,02	0,02	0,04	0,04	n.d.
CO <sub>2</sub>	42,64	42,28	41,92	40,00	n.d.
suma	99,85	99,81	99,55	99,64	
Fe	0,285	0,249	0,281	0,311	
Mn	0,236	0,272	0,290	0,228	
Ca	0,999	1,057	1,060	1,020	
Mg	0,479	0,422	0,368	0,441	
Sr	0,000	0,000	0,001	0,001	
Catsum	2,000	2,001	2,000	2,001	

n.d. - nestanoveno

## RENTGENOVÉ PRÁŠKOVÉ DIFRAKČNÍ ANALÝZY

Výbrané vzorky sideritu a karbonátů dolomitové skupiny byly pro ověření identifikace zkoumány rentgenovou práš-

kovou difrakcí; výsledky shrnují tabulky 4 a 5.

Tab. 4. Prášková difrakční analýza sideritu (10<sup>-10</sup> m).Tab. 4. Powder diffraction analyses of siderite (10<sup>-10</sup> m).

12		17		18		19		siderit 29-696		rodochrozit 44-1472	
d	I <sub>rel</sub>	d	I <sub>rel</sub>	d	I <sub>rel</sub>	d	I <sub>rel</sub>	d	I <sub>rel</sub>	d	I <sub>rel</sub>
3,612	67	3,628	67	3,624	63	3,619	49	3,593	25	3,667	29
2,812	100	2,823	100	2,819	100	2,814	100	2,795	100	2,850	100
		2,710	41								
2,359	48	2,368	79	2,368	64	2,364	47	2,346	20	2,395	15
		2,310	39								
2,147	55	2,154	66	2,154	61	2,151	43	2,134	20	2,178	19
1,978	53	1,984	73	1,983	59	1,981	45	1,965	46	2,005	17
1,808	36	1,814	41	1,811	42			1,797	51	1,773	23
1,743	51	1,748	56	1,747	48			1,738/ 1,732	30 / 35	1,767	29
1,515	39	1,521	42	1,520	44			1,506	62	1,538	8

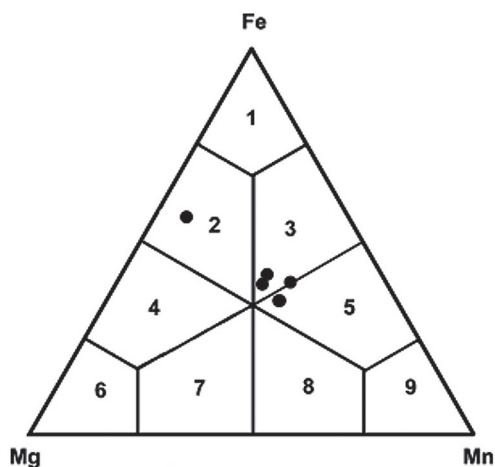
Tab. 5. Prášková difrakční analýza karbonátů dolomitové skupiny ( $10^{-10}$  m).Tab. 5. Powder diffraction analyses of dolomite type carbonates ( $10^{-10}$  m).

9		10		20		dolomit 36-426		ankerit 41-586		kutnohorit 43-695	
d	I <sub>rel</sub>	d	I <sub>rel</sub>	d	I <sub>rel</sub>	d	I <sub>rel</sub>	d	I <sub>rel</sub>	d	I <sub>rel</sub>
3,709	23	3,711	26	3,712	22	3,699	4	3,714	3	3,730	12
3,343	17	3,340	16	3,342	35						
2,902	100	2,904	100	2,903	100	2,888	100	2,906	100	2,916	100
2,414	28	2,414	26	2,415	22	2,404	7	2,414	3	2,425	10
2,202	33	2,204	37	2,204	30	2,193	19	2,203	5	2,213	17
2,024	31	2,025	31	2,025	25	2,015	10	2,024	4	2,033	14
1,856	12	1,857	14	1,858	11	1,847	3	1,856	1	1,866	5
1,815	15	1,817	17	1,818	15	1,805	10	1,818	5	1,826	21
1,796	22	1,797	24	1,798	20	1,787	13	1,797	6	1,805	21
		1,574	12	1,574	10	1,567	2	1,573	1	1,581	3
1,551	15	1,552	18	1,552	14	1,545	4	1,550	2	1,558	8
1,472	13	1,473	14	1,473	12	1,465	2	1,472	2	1,478	7

Identifikovány byly karbonáty tří typů: naprostá většina vzorků jsou kalcity, menší zastoupení mají siderity a karbonáty dolomitové skupiny. Chemismus kalcitu je jednoduchý, pouze v některých vzorcích jsou mírně zvýšené obsahy Mn (i více než 2 hm. % MnO). Výzkum však nepotvrdil dříve uváděný výskyt Mn-kalcitu nebo rodochrozitu (např. Zajíček 1982) - je pravděpodobné, že růžové karbonáty (např. ze Starohorského couku) považované dříve za rodochrozity, jsou ve skutečnosti kalcity (příp. s mírně zvýšeným obsahem manganu).

Pro siderit jsou typické zvýšené obsahy manganu – pohybují se mezi 17,74 až 26,11 hm. % (tj. 28 až 42 % MnCO<sub>3</sub>). Jihlavské siderity lze tedy označit za Mn-siderity („oligonyt“). Rentgenové difrakční analýzy vykázaly u sideritů d-hodnoty, jejichž pozice odpovídá zjištěnému poměru Fe/Mn a které jsou v souladu s neomezenou izomorfní míšivostí FeCO<sub>3</sub>-MnCO<sub>3</sub>.

U karbonátů dolomitové skupiny byla zjištěna převaha vzorků, které podle klasifikace Trdličky a Hoffmana (Trdlička et Hoffman 1975) patří k Mn-ankeritu nebo Fe-kutnohoritu; pouze jeden vzorek je klasifikován jako Mg-ankerit (viz obr. 1). Hodnoty d a intenzita difrakčních linií také odpovídají izomorfnímu přechodu v systému dolomit-ankerit-kutnohorit.



Obr. 1. Karbonáty dolomitové skupiny v klasifikačním diagramu Trdličky a Hoffmana (Trdlička et Hoffman 1975). 1 ankerit, 2 Mg-ankerit, 3 Mn-ankerit, 4 Fe-dolomit, 5 Fe-kutnohorit, 6 dolomit, 7 Mn-dolomit, 8 Mg-kutnohorit, 9 kutnohorit.

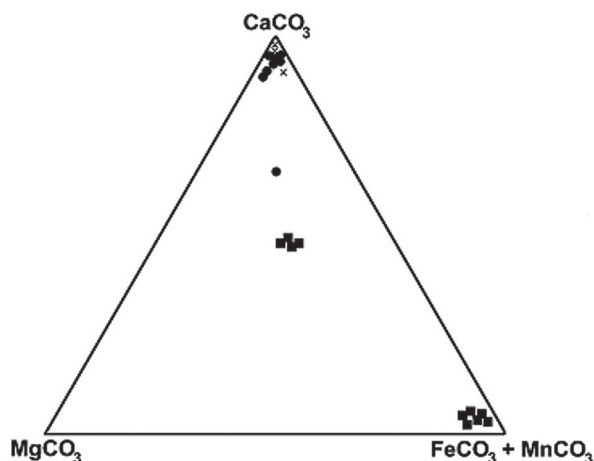
Fig. 1. Classification of dolomite-type carbonates according to Trdlička, Hoffman (1975). 1 ankerite, 2 Mg-ankerite, 3 Mn-ankerite, 4 Fe-dolomite, 5 Fe-kutnohorite, 6 dolomite, 7 Mn-dolomite, 8 Mg-kutnohorite, 9 kutnohorite.

## DISKUZE A ZÁVĚRY

Karbonáty jsou běžným hlušinouvým nerostem jihlavských rudních žil: nejběžnější je kalcit, zastoupeny jsou i siderit (Mn-siderit) a karbonáty dolomitové skupiny (Mn-ankerit, Fe-kutnohorit).

Pro jihlavské karbonáty je typický zvýšený obsah manganu: v malém množství je obsažen alespoň v některých kalcitech, značné zastoupení má v sideritu i karbonátech dolomitové skupiny. Jihlavské rudní žíly se tím značně podobají karbonátům kutnohorského rudního revíru. Zde byl popsán mangansiderit s obsahy MnO 16,45 až 22,44 hm. % (Trdlička et Hoffman 1974), zvýšené obsahy Mn v kalcitu (včetně výskytů rodochrozy) a běžný výskyt různých typů karbonátů dolomitové skupiny (dolomit, kutnohorit a ankerit s izomorfními přechody – např. Hoffman et Trdlička 1981).

Pluskal et Vosáhlo (1998) rozdělili hydrotermálně mineralizované struktury jihlavského rudního revíru podle jejich minerálních asociací do šesti typů; v této práci byly studovány karbonáty ze třech nejrozšířenějších a z hlediska historické těžby nejvýznamnějších typů. Je zřejmé (viz obr. 2), že pro hlavní mineralizační fázi výšeteplotní mineralizace typu černý sfalerit+kyzy±karbonáty (Pluskal et Vosáhlo 1998) jsou typické zejména siderit a karbonáty dolomitové skupiny se zvýšeným obsahem Mn. Pro mineralizace typu světle až tmavě hnědý sfalerit±baryt±karbonáty a mineralizaci světlý sfalerit±baryt±karbonáty je typický kalcit; vzácnější jsou zde i karbonáty dolomitové skupiny.



Obr. 2. Karbonáty kalcitové skupiny v ternárním diagramu (čtverec – mineralizace typu černý sfalerit+kyzy±karbonáty, křížek – mineralizace typu světle až tmavě hnědý sfalerit±baryt±karbonáty, kruh – mineralizace typu světlý sfalerit±baryt±karbonáty. Typy mineralizací Pluskal et Vosáhlo 1998).

Fig. 2. Carbonate ternary diagram (square – mineralisation of black sphalerite+sulphide±carbonates type, cross – mineralisation of light to dark brown sphalerite±barite±carbonates type, circle – mineralisation of light brown±barite±carbonates type. Type of mineralisation according to Pluskal et Vosáhlo 1997).

## PODĚKOVÁNÍ

Výzkum byl podpořen grantem MK ČR DE07P040-MG008.

## LITERATURA

- ČECH F. et HAK J. (1979): Tetrahedrite high in silver, zinc and cadmium from Jihlava, Czechoslovakia. – Časopis pro mineralogii a geologii, 24, 1/1979: 83–87.
- HOFFMAN V. et TRDLIČKA Z. (1981): Mineralogicko-chemický charakter kutnohorských rudních žil. – Sborník geologických věd, technologie, geochemie, 17: 63–105.
- MALÝ K. (1999): Jihlavský rudní revír – přehled geologie a mineralogie. – In: Dolování stříbra a mincování v Jihlavě, sborník, 15–27. Jihlava.
- MALÝ K. et VÁVRA V. (1998): Ryzí stříbro z jihlavského rudního revíru. – Acta Mus. Moraviae, Sci geol., 83(1998): 49–52.
- PLUSKAL O. et VOSÁHLO J. (1998): Jihlavský rudní obvod. – Vlastiv. sbor. Vysočiny, sect natur. 13(1997): 157–191.
- TRDLIČKA Z. et HOFFMAN V. (1974): Mangansiderit von Kutná Hora. – Sborník Národního muzea v Praze, 30 B(1974): 1–2, 23–33.
- TRDLIČKA Z. et HOFFMAN V. (1975): Untersuchungen der chemischen Zusammensetzung der Gangkarbonate von Kutná Hora, ČSSR. – Freiburger Forschungshefte, 6: 29–81.
- ZAJÍČEK P. (1982): Jihlavský rudní revír a jeho mineralogie. – Národní muzeum – Přírodovědecké muzeum, 1982-6, 4, 28 str.