

# Mineralogická charakteristika a chemismus Fe-gahnitu z Cetoraze u Pacova, Česká republika

## Mineralogy and chemical composition of Fe-gahnite from Cetoraz near Pacov, Czech Republic

LENKA LOSERTOVÁ\*, ZBYNĚK BUŘIVAL A ZDENĚK LOSOS

Ústav geologických věd, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Kotlářská 2, 611 37 Brno;  
\*e-mail: lena.los@seznam.cz

LOSERTOVÁ L., BUŘIVAL Z., LOSOS Z. (2013) Mineralogická charakteristika a chemismus Fe-gahnitu z Cetoraze u Pacova, Česká republika. *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha) 21, 1, 47-51. ISSN 1211-0329.*

### Abstract

Macroscopic crystals and grains of Fe-bearing gahnite with diameter 2 - 4 mm occur in quartz veins and layers of muscovite-biotite orthogneisses and greisens eastern of Cetoraz near Pacov (Czech Republic). Chemical composition of the studied Fe-gahnite is quite similar to other metamorphosed occurrences of gahnite connected with Zn-sulphidic ores or gahnite from Al-rich metasediments (27 - 28 % of hercynite, 8 % of spinel and 1 % of galaxite end member). Sphalerite is supposed to be original source of Zn, especially regarding to assemblage of gahnite and pyrite. Several reactions of sphalerite with aluminum rich silicates yielding gahnite, pyrite and silicates are known. Retrograde metamorphism of Cetoraz greisens resulted in alteration of gahnite by thin muscovite (sericite) rims and sometimes pseudomorphs of muscovite after gahnite.

**Key words:** gahnite, chemical composition, greisen, Cetoraz, Moldanubian, Czech Republic

Obdrženo: 18. ledna 2013; přijato: 15. dubna 2013

### Úvod

V rámci Českého masivu se gahnit vyskytuje obvykle jako akcesorický minerál v pegmatitech, mramorech, rulách až migmatitech a v okrajových partiích magnetitových skarnů. V pegmatitech je gahnit znám především z oblasti Jeseníků, zejména na lokalitách Střelecký důl (Scheibengraben), Maršíkov (Schinderhübel), Lysá hora a Branná (Staněk 1960; Novák et al. 2003a,b; Štosová 2009). Dále se gahnit vyskytuje v mramorech, například v Sedlišti, Trhonicích, Ubušínku, Borovnici, Hraničné (Litochleb 1972; Novák et al. 1997) a Zechovicích u Volyně (Vrána 2004). Třetím typem výskytu gahnitu jsou metamorfované okraje skarnů a přilehlé migmatitizované ruly, jedná se například o lokality Županovice a Pernštejn (Němec 1969), nebo metamorfované magnetitové rudy (Hraničná). Železnatý gahnit vznikl metamorfní mobilizací sfaleritového rudního výskytu v rulovém plášti žulovského masivu u České Vsi u Jeseníku (Losos et al. 1986; Losos 1998).

V práci je předložena mineralogická a chemická charakteristika gahnitu z křemenných poloh (žil) v rulách u Cetorazi, jehož geneze byla doposud spojována s metamorfovaným greisem, který zde popsali Němec, Tenčík (1976) a Němec, Páša (1986).

### Charakteristika lokality

Lokalita s výskytem gahnitu byla objevena při úpravě polní cesty východně od Cetorazi, kde místní obyvatelé našli kusy wolframitu. Lokalitu poprvé popsali Prchlík a Jeřábek (1965). Počátkem 70. let 20. století zde prováděla geologický průzkum Geindustria n.p. (Jurák et al.

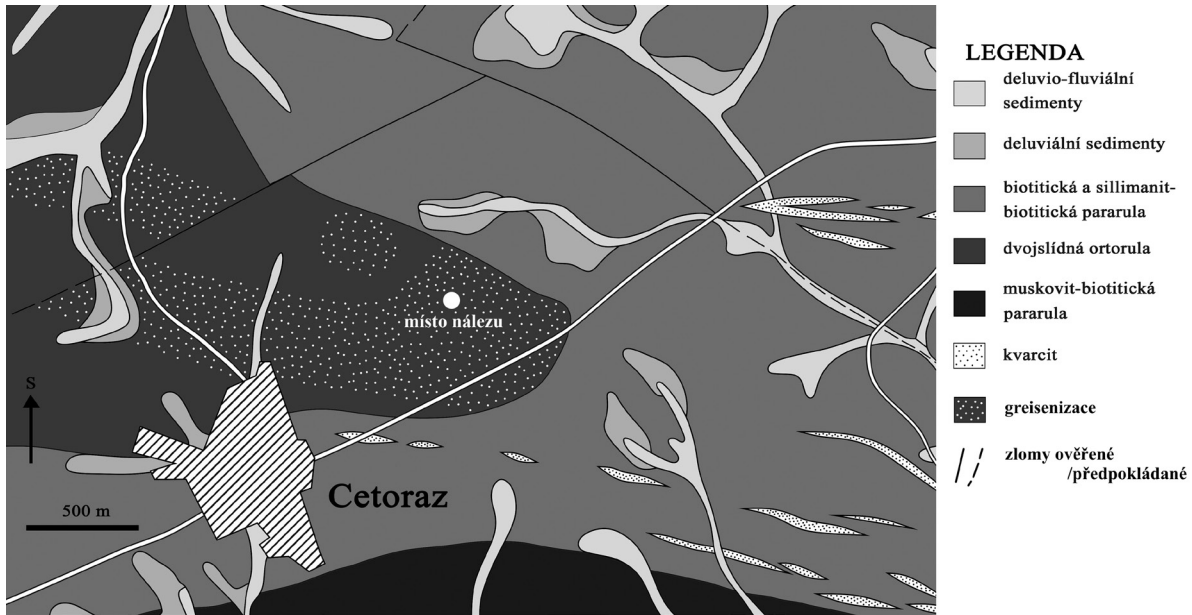
1987), další výsledky publikovali Němec a Tenčík (1976), Páša (1979), Němec a Páša (1976).

Zájmová oblast se nachází v okolí kóty 630 m. n. m. cca 1 km sv. od obce Cetoraz (Vysočina). Geologické podloží je tvořeno horninami moldanubika - převážně sillimanit-biotitickými pararulami a tělesem pacovské ortoruly, která se uklání 20° k S (obr. 1). Hranice ortoruly a pararul je převážně ostrá, foliace pararul je konformní s tělesem ortoruly. Těleso ortoruly je rozděleno na menší bloky řadou zlomů o směru S - J, SSV - JJZ a SZ - JV s příkrým úklonem (Jurák et al. 1987).

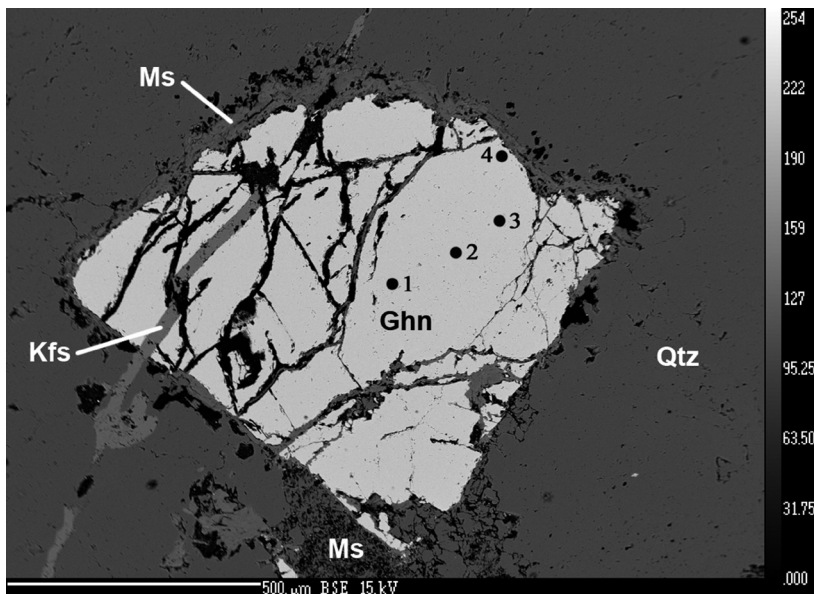
Wolframitová a sulfidická mineralizace je vázána převážně na malé čočky a žíly křemene, obvykle maximálně decimetrových mocností, které jsou součástí metamorfovaných greisenů v endokontaktu ortoruly. Žíly jsou rozpuštěné a místy budinované (Němec, Tenčík 1976; Jurák et al. 1987). Celé pásmo prokřemenění a greisenizace dosahuje šířky 20 až 60 m a táhne se v délce cca 450 m (Jurák et al. 1987). Většina greisenů je tvořena křemenem a muskovitem s proměnlivým obsahem obou složek. Greiseny přecházejí místy do greisenizovaných ortorul, což se projevuje zejména zvýšeným obsahem muskovitu a místy výskytem gahnitu (Němec, Tenčík 1976).

Lahvově zelený gahnit je pro lokalitu typickým minerálem. Zrna dosahují obvykle milimetrových velikostí, maximálně 2 cm. Gahnit se vyskytuje na kontaktu křemenných žil a ortoruly, dále v pegmatitech, v trhlinových zónách greisenů a jako akcesorický minerál greisenů a greisenizovaných ortorul (Páša 1979).

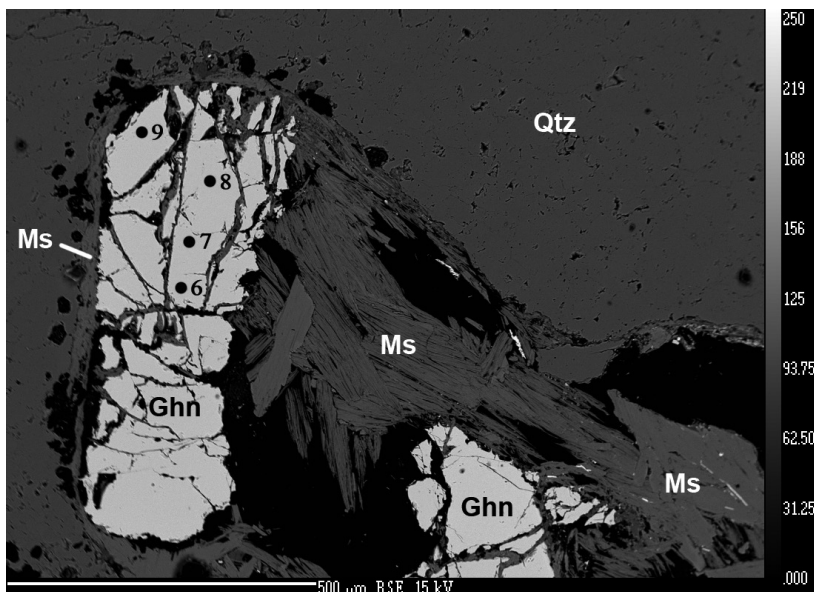
Z dalších minerálů byly v greisenech identifikovány K-živce, granát, sillimanit, skoryl, wolframit, scheelit, pyrit, bismut, chalkopyrit a molybdenit (Prchlík, Jeřábek 1965;



Obr. 1 Geologická situace lokality Cetoraz u Pacova; bodem je vyznačeno místo odběru vzorků s gahnitem. Upraveno podle Juráka et al. (1987), Němce, Tenčíka (1976).



Obr. 2 Popraskané zrnó gahnitu (Ghn) v křemeni (Qtz) s vyznačenými body analýz (1, 2, 3 a 4). Gahnit je lemován muskovitem (Ms) a prostoupen mladší žilkou K-živce (Kfs). BSE foto R. Škoda.



Obr. 3 Zrnó gahnitu (Ghn) v křemeni (Qtz), které je zatlačováno muskovitem (Ms) (sericitem) s vyznačenými body analýz (6, 7, 8 a 9). Černé pole představuje vypadlou část zrn při leštění.

Němec, Tenčík 1976; Jurák et al. 1987). Z rudních minerálů výrazně převládají wolframit, gahnit a pyrit, ostatní jsou zastoupeny pouze stopově. Rozšíření wolframitu přibližně odpovídá i rozšíření gahnitu (Jurák et al. 1987).

### Metodika výzkumu

Na lokalitě byly odebrány vzorky křemenné žiloviny s gahnitem, ze kterých byly zhotoveny leštěný výbrus a nábrus. Preparáty byly pozorovány pod mikroskopem NU-2 Carl Zeiss Jena a analyzovány na elektronové mikroskopě Cameca SX100 v Brně na společném pracovišti elektronové mikroskopie a mikroanalýzy Ústavu geologických věd PŘF MU a České geologické služby (analytik R. Škoda) za těchto podmínek: vlnově disperzní mód, urychlovací napětí 15 kV, proud svazku pro gahnit 20 nA a pro silikáty 10 nA a velikost svazku pro gahnit a muskovit pod 1  $\mu\text{m}$  a pro albit 4  $\mu\text{m}$ . Pro gahnit bylo použito těchto standardů:  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  (Al,Mg), gahnit (Zn), sanidin (Si), fluorapatit (Ca), chromit (Cr), titanit (Ti),  $\text{SrSO}_4$  (S), hematit (Fe),  $\text{ScVO}_4$  (V),  $\text{Mn}_2\text{SiO}_4$  (Mn) a  $\text{Ni}_2\text{SiO}_4$  (Ni). Pro chemické složení muskovitu: albit (Na), sanidin (Si, Al, K), fluorapatit (Ca), anatas Hardangervidda (Ti), pyrop (Fe), topaz (F), chromit (Cr), baryt (Ba), vanadinit (Cl), gahnit (Zn),  $\text{Mn}_2\text{SiO}_4$  (Mn),  $\text{ScVO}_4$  (V), pyrop (Mg),  $\text{Ni}_2\text{SiO}_4$  (Ni) a  $\text{SrSO}_4$  (Sr). Pro chemické složení albitu: albit (Na), sanidin (Si, Al, K), wollastonit (Ca), fluorapatit (P), baryt (Ba), andradit (Fe) a  $\text{SrSO}_4$  (Sr). Analýzy gahnitu byly přepočteny v programu Formula 2000 na 3 kationty a 4 kyslíky s dopočtem  $\text{Fe}^{3+}$ .

### Výsledky

Železnatý gahnit na lokalitě tvoří makroskopické, nedokonale omezené modrozelené krystaly a zrna skelného lesku o velikosti 2 - 4 mm. Jeho hlavní výskyt je vázán na deskovité křemenné polohy. V křemenu se gahnit vyskytuje v asociaci se sericitizovaným albitem, nazelenalými fylosilikáty, opticky odpovídajícími muskovitu a chloritu, a ojediněle s pyritem. Gahnit tvoří porfyroblasty v křemenných agregátech, které mají proměnlivou velikost jednotlivých zrn i v rámci výbrusu. Undulózně zhášeující zrna křemene mají do sebe zapadající zubaté okraje a jsou často lineárně protažena, rovnoběžně s foliací. V procházejícím světle mají izotropní zrna gahnitu světle modrozelenou barvu, vystupující reliéf a dosahují velikosti 0.4 - 1.8 mm. Hypautomorfní nebo xenomorfní zrna jsou prostoupena četnými nepravidelnými trhlinami (obr. 2 a 3).

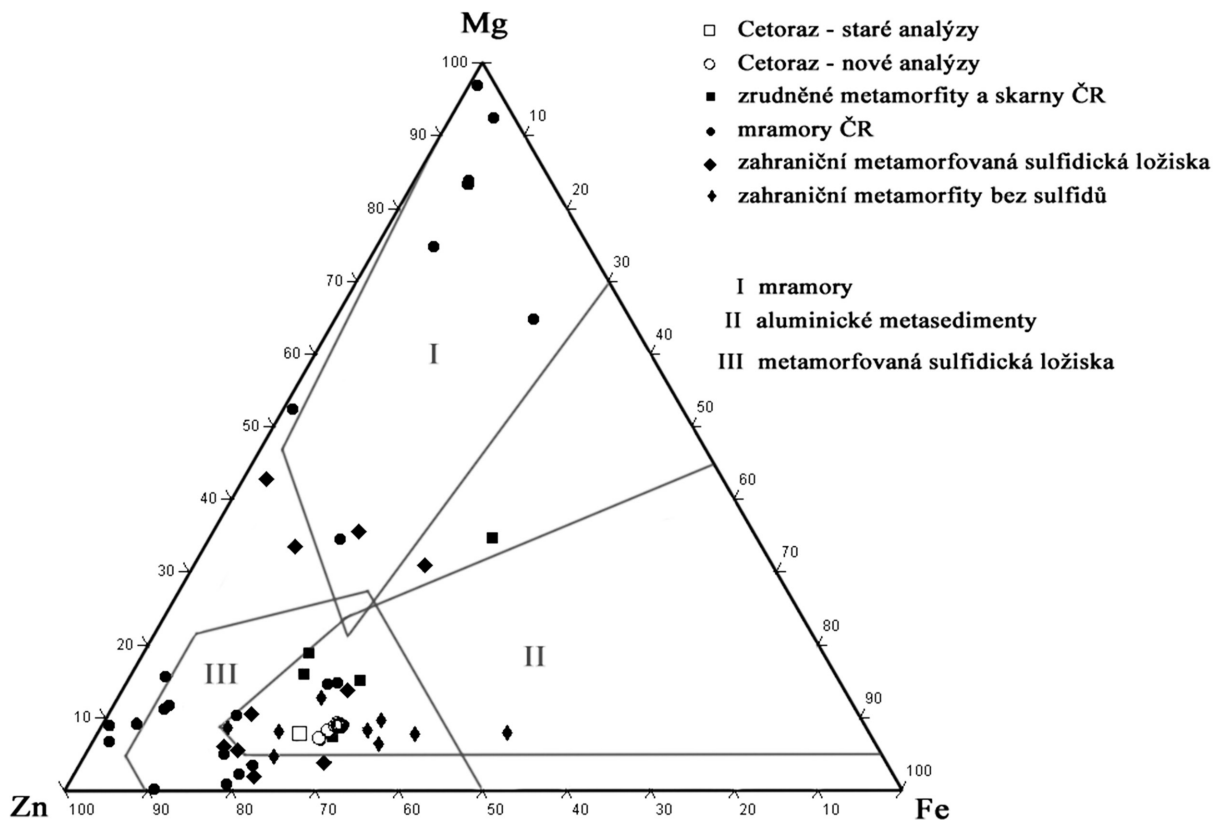
Většina zrn je lemována vrstvičkou fylosilikátů (muskovit-sericit), které jsou patrné i na trhlínách uvnitř krystalů gahnitu. Uvedený muskovit má běžný chemismus s výjimkou zvýšené koncentrace Mg (0.13 - 0.39 *apfu*), obsahy Zn jsou zanedbatelné (max. 0.05 *apfu*). Ojediněle se v křemenné žilovině vyskytují korodovaná hypautomorfní zrna albitu o složení 0.92 - 0.87 *apfu* Na, 0.03 *apfu* K, 0.01 - 0.14 *apfu* Ca, s agregáty oxidů a hydroxidů Fe na trhlínkách.

Hypautomorfní zrno gahnitu na obrázku 2 proniká žilka velmi mladého K-živce o mocnosti cca 10  $\mu\text{m}$ , která pokračuje do okolního křemene. Na relativně mladších trhlínách gahnitového zrna se vyskytují jemně lupenité fylosilikáty (sericit). Někde tyto fylosilikáty gahnit částečně nebo zcela pseudomorfují (obr. 3).

Z chemického hlediska jsou studované gahnity nezonální, což bylo prokázáno mikroskopem na profilech dvou zrn (tab. 1). Studovaný Zn-spinelid je pevným roz-

**Tabulka 1** Chemické složení gahnitů z lokality Cetoraz u Pacova

body	1	2	3	4	6	7	8	9
$\text{V}_2\text{O}_3$	n.d.	0.03	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.03	0.03
$\text{Al}_2\text{O}_3$	56.33	56.46	56.79	56.40	56.43	56.74	56.29	56.45
$\text{Cr}_2\text{O}_3$	n.d.	n.d.	0.03	n.d.	n.d.	0.03	n.d.	n.d.
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	1.18	0.90	0.68	0.78	0.90	0.92	1.13	0.87
FeO	11.33	11.54	11.34	10.77	11.46	11.55	11.41	11.00
MgO	2.00	1.96	1.91	1.54	1.89	1.93	1.90	1.76
ZnO	28.18	28.03	28.51	29.55	28.15	28.22	28.21	28.92
MnO	0.48	0.47	0.49	0.50	0.54	0.53	0.49	0.53
total	99.50	99.39	99.75	99.54	99.37	99.92	99.46	99.56
$\text{Fe}^{2+}$	0.281	0.287	0.281	0.269	0.285	0.286	0.284	0.274
$\text{Mg}^{2+}$	0.089	0.087	0.084	0.068	0.084	0.085	0.084	0.078
$\text{Zn}^{2+}$	0.618	0.615	0.623	0.650	0.618	0.616	0.620	0.635
$\text{Mn}^{2+}$	0.012	0.012	0.012	0.013	0.014	0.013	0.012	0.013
total	1.000	1.001	1.000	1.000	1.001	1.000	1.000	1.000
$\text{Al}^{3+}$	1.972	1.978	1.982	1.982	1.978	1.978	1.973	1.979
$\text{Fe}^{3+}$	0.026	0.020	0.015	0.017	0.020	0.021	0.025	0.019
$\text{Cr}^{3+}$	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
$\text{V}^{3+}$	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
total	1.998	1.998	1.997	1.999	1.998	1.999	1.998	1.998
O	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
pod mezí detekce: $\text{SiO}_2$ , $\text{SO}_2$ , $\text{TiO}_2$ , CaO a NiO.				n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.



**Obr. 4** Ternární diagram chemického složení gahnitů z Catoraze u Pacova a dalších výskytů Zn-spinelidů v metamorfovaných horninách. I všechny převzaté analýzy byly přepočteny postupem uvedeným v metodice. Data: Catoraz: staré chemické analýzy na mokré cestě (Němec 1973; Němec, Tenčík 1976). Catoraz: nové analýzy (tato práce). Zrudněné metamorfity a skarny ČR: Županovice, Smrček (Němec 1973), Ramzová (Fojt et al. 2002), Česká Ves (Losos et al. 1986; Losos 1998). Mramory ČR: Zechovice (Vrána 2004), Sedliště, Trhonice, Ubušínec, Borovnice, Hraničná (Novák et al. 1997), Lukovská hora (Ulrych 1971), Čihalín, Koněšín, Písek, Strážek (Němec 1973). Zahraniční metamorfovaná sulfidická ložiska: Geco, Ontario (Spry 1982; Spry, Scott 1986); Namaqualand, Jihoafrická republika (Hicks et al. 1985); Broken Hill, Austrálie; Broken Hill, Jihoafrická republika; Pearl, Colorado; Betty, Colorado; Gamsberg, Jihoafrická republika (Spry, Scott 1986). Zahraniční metamorfity bez sulfidů: Kemiö, Finsko (Dietworst 1980).

tokem převažující gahnitové komponenty (61 - 65 %) s podstatným podílem hercynitové komponenty 27 - 28 % a menším zastoupením spinelového koncového Mg-členu (7 - 9 %). Obsah galaxitové molekuly je zanedbatelný (1 %) (obr. 4).

## Diskuse

Výskyt Fe-gahnitů v podobě porfyroblastů v křemenných polohách (žilách) v prostředí rul, stejně jako mikroskopické charakteristiky křemene těchto poloh (undulózní zhášení zrn a jejich zubovité omezení a lineární protažení) svědčí na jejich metamorfogenní vznik.

Gahnit v metamorfitech může být různého původu, vždy však vzniká v prostředí bohatém Al. Zřejmě nejběžnější je vznik přeměnou sfaleritu, kdy vzniká gahnit a pyrit. V prostředích bez síry může gahnit vznikat vysrážením z hydrotermálních fluidů či přeměnou Zn-karbonátů, například smithsonitu (Spry, Scott 1986). Dalším uváděným zdrojem je metamorfóza hornin s primárním ZnO, ale tento model byl zpochybněn již dříve jako poměrně nepravděpodobný (Spry, Scott 1986). Méně známou možností je vznik gahnitů z biotitu bohatého zinkem, který se rozpadá na gahnit a muskovit (Dietworst 1980). Za určitých podmínek vzniká vysoce čistý gahnit také rozpadem dalších

spinelidů bohatých Zn. Výsledný produkt může obsahovat odmišleniny například magnetitu a hematitu (Litochleb 1972) nebo hercynitu (Spry, Scott 1986).

Zdroj Zn v popisované mineralizaci z Catoraze nebyl doposud uspokojivě objasněn a doposud nebyly identifikovány žádné Zn bohaté minerály. Vzhledem k přítomnosti pyritu v asociaci s Fe-gahnitem v hostitelských křemenných polohách rul, lze uvažovat vznik gahnitů mobilizací zinku ze staršího sulfidického zrudnění se sfaleritem (podobně jako v případě výskytu Fe-gahnitů v České Vsi u Jeseníku - Losos et al. 1986). Uvedené úvaze odpovídá také chemismus Fe-gahnitů z Catoraze (27 - 28 % hercynitové komponenty, 8 % spinelové a 1 % galaxitové komponenty). Problémem však zůstává nepřítomnost relictů sfaleritu, který je navíc v greisenech poměrně vzácný a jeho případný výskyt by nebyl ve shodě s původní představou o genezi lokality.

Metamorfnní gahnit tohoto složení může vznikat kromě přímé metamorfózy Zn zrudnění v prostředí s vysokou aktivitou Al také metamorfózou aluminických sedimentů bohatých Zn. Chemické složení gahnitů z Catoraze spadá do průniku polí chemismu spinelidů obou těchto genetických typů (obr. 4). Pole provenience spinelidů v ternárním diagramu byla převzata z práce Sprye a Scotta (1986),

kde autoři upravili původní pole odvozená Němcem (1973). Při vynesení chemismu dalších spinelidů z novějších prací je však zřejmé, že variace chemického složení gahnitu a Zn-spinelidů jsou širší, zejména v případě jejich výskytu v mramorech.

Metamorfni mobilizace Zn ze sfaleritu může vést i ke vzniku asociace gahnit - Zn-staurolit, která byla popsána Fojtem et al. (2002) ze skarnoidní horniny v rulách keprnické skupiny na svazích Šeráku u Ramzové. Zmíněný gahnit je opět velmi blízký svým chemismem železnatému gahnitu z Cetoraze i České Vsi (gahnit 60 - 65 %, hercynit 27 - 31%, spinel 7 - 9 %, galaxit 1 %).

Z dalších výše uvedených možností mobilizace Zn pro vznik Fe-gahnitu u Cetoraze je také teoreticky možný jeho původ z biotitu bohatého zinkem (Dietworst 1980). Biotit se zjištěným obsahem Zn (838 ppm) uvádějí Breiter et al. (2005).

Fe-gahnit v křemenných polohách z Cetoraze podlehl při dalším vývoji hostitelské horniny alteraci v podobě vytvoření úzkých „reakčních“ zón jemnozrného muskovitu (sericitu) po obvodu zrn a v menším rozsahu i na trhlínkách zrn. Lokálně byly nalezeny i částečné pseudomorfozy muskovitu (sericitu) po Fe-gahnitu. Uvedené změny lze připsat účinkům retrogradních metamorfických fluid v podmínkách otevřeného systému.

## Závěr

Železnatý gahnit, vázaný na deskovité křemenné polohy (žily) v ortorule sv. od Cetoraze, tvoří makroskopické nedokonale omezené modrozelené krystaly a zrna skelného lesku o velikosti 2 - 4 mm. Nezonální Fe-gahnit z Cetoraze obsahuje 61 - 65 % gahnitové, 27 - 28 % hercynitové, 8 % spinelové a 1 % galaxitové komponenty.

Mikroskopická charakteristika křemene zmíněných poloh s gahnitem indikuje jeho metamorfogenní původ. Chemismus gahnitu odpovídá obvyklému chemismu metamorfního gahnitu, který vzniká při metamorfóze sulfidických ložisek a rudních výskytů se sfaleritem nebo se vyskytuje v prostředí aluminických metasedimentů. Pravděpodobným zdrojem Zn gahnitu byl sfalerit, také vzhledem k přítomnosti pyritu, který vzniká reakcí silikátů s železnatým sfaleritem. Protože ale reliktů sfaleritu nebyly v popsané mineralizaci nalezeny, byl asi všechn původní sfalerit transformován v gahnit. Následkem retrogradní metamorfózy byl gahnit v Cetorazi alterován a místy částečně pseudomorfován sericitem, obsahujícím pouze zanedbatelné množství Zn.

## Poděkování

Autoři by rádi poděkovali za cenné připomínky RNDr. J. Pášovi a RNDr. S. Houzarovi, Ph.D. Za WDS analýzy a BSE fotodokumentaci jsme zavázáni Mgr. R. Škodovi, Ph.D. Analytické práce byly finančně podpořeny prostředky specifického výzkumu ÚGV PŘF MU.

## Literatura

- Breiter K., Čopjaková R., Gabašová A., Škoda R. (2005) Chemistry and mineralogy of orthogneisses in the northeastern part of the Moldanubicum. *J. Czech. Geol. Soc.* 50, 3-4, 81-94.
- Dietworst E. J. L. (1980) Biotite breakdown and the formation of gahnite in metapelitic rocks from Kemiö, southwest Finland. *Contrib. Mineral. Petrol.* 75, 327-337.
- Fojt B., Kopa D., Vávra V. (2002) Skarnoidní hornina z Obřích skal v Hrubém Jeseníku. *Čas. Slez. Muz.* 51, 101-116.
- Jurák L., Hranáč P., Páša J., Procházka J., Karban L., Anft A., Novosad I. (1987) Závěrečná zpráva. Wolfram - Moldanubikum, 01 79 2101. Dílčí zpráva Cetoraz. Surovina: wolfram. Výtisk č. 1. MS, *Geoindustria, Jihlava, archiv ČGS-Geofondu Praha, P 57675.*
- Hicks J. A., Moore J. M., Reid A. M. (1985) The co-occurrence of green and blue gahnite in the Namaqualand metamorphic complex, South Africa. *Can. Mineral.* 23, 535-542.
- Litochleb J. (1972) Gahnit z magnetitového ložiska Hraníčná ve Slezsku. *Čas. Mineral. Geol.* 17, 4, 431-434.
- Losos Z. (1998) Minerogeneze rudních asociací a grafitu v oblasti žulovského masivu a jeho pláště. MS, *habilitační práce, 178 s., PŘF MU Brno.*
- Losos Z., Fojt B., Hladíková J. (1986) Mineralogická charakteristika sulfidického zrudnění u České Vsi u Jeseníku. *Scripta Univ. Purkyn. brun.* 16, 3, 143-170.
- Němec D. (1969) Gahnit ze skarnu u Županovic. *Čas. Mineral. Geol.* 14, 1, 77-79.
- Němec D. (1973) Das Vorkommen der Zn-Spinelle in der Böhmischen Masse. *Tschernmarks Min. Petr. Mitt.* 19, 95-109.
- Němec D., Páša J. (1986) Regionally metamorphosed greisens of the Moldanubicum. *Mineral. Deposita* 21, 12-21.
- Němec D., Tenčík J. (1976) Regionally metamorphosed greisens at Cetoraz, The Bohemian-Moravian heights (Českomoravská vrchovina), Czechoslovakia. *Mineral. Deposita* 11, 210-217.
- Novák M., Černý P., Uher P. (2003a) Extreme variation and apparent reversal of Nb-Ta fractionation in columbite-group minerals from Scheibengraben beryl-columbite pegmatite, Maršíkov, Czech Republic. *Eur. J. Miner.* 15, 565-574.
- Novák M., Houzar S., Šrein V. (1997) Gahnite-bearing marbles and their significance for regional classification of the eastern part of the Bohemian Massif. *J. Czech Geol. Soc.* 42, 33-40.
- Novák M., Nepejchal M., Škoda R., Urbánek B. (2003b) Beryl-columbitový pegmatit z Branné, Hrubý Jeseník. *Acta Mus. Moraviae, Sci. Geol.* 88, 113-122.
- Páša J. (1979) Geologické a ložiskové poměry okolí Cetoraze. MS, *Diplomová práce. UJEP Brno.*
- Prchlík I., Jeřábek M. (1965) Wolframové zrudnění u Cetoraze, západně od Pacova. *Věst. Ústř. Úst. geol.* 40, 47-49.
- Staněk J. (1960) Gahnity z československých pegmatitů. *Čas. Morav. Muz., Vědy přír.* 45, 31-36.
- Spry P. G. (1982) An unusual gahnite-forming reaction, Geco base-metal deposit, Manitouwadge, Ontario. *Can. Mineral.* 20, 549-553.
- Spry P. G., Scott S. D. (1986) The stability of zincian Spinels in sulfide systems and their potential as exploration guides for metamorphosed massive sulfide deposits. *Econ. Geol.* 81, 1446-1463.
- Štosová V. (2009) Mineralogie beryl-columbitových pegmatitů severovýchodní části Českého masivu. MS, *Diplomová práce. PŘF UPOL Olomouc.*
- Ulrych J. (1971) Zinc spinel from Lukovská hora Hill near Moravské Budějovice. *Čas. Mineral. Geol.* 16, 4, 419-422.
- Vrána S. (2004) Gahnit a pargasit v krystalickém vápenci s magnetitem v Zechovicích u Volyně v jižních Čechách. *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 12, 214-216.