

Technologie, geochemie, 24	Str. 103—128	— obr.	7 tab.	— příl.	Praha 1989 ISSN 0036—5300
-------------------------------	-----------------	-----------	-----------	------------	------------------------------

Geochemická charakteristika sulfidů ze severní části kutnohorského rudního revíru

Geochemical characteristic of sulfides of the northern part of the Kutná Hora ore district

Milan Kvaček¹

Předloženo 27. července 1987

1 : 50 000
13-32

*Geochemical characteristic
Sulfides
Kutná Hora ore district
Czechoslovakia*

Kvaček, M. (1989): Geochemická charakteristika sulfidů ze severní části kutnohorského rudního revíru. — Sbor. geol. Věd, Technol. Geochem., 24, 103—128. Praha.

V ý t a h: V práci jsou shrnuty výsledky studia distribuce mikroelementů z některých rudních žil v s. části kutnohorského revíru. Na základě výsledků spektrálních, chemických a radiochemických analýz vybraných prvků jsou uvedeny rozmezí a průměrné hodnoty jejich obsahů v jednotlivých nerostech. V diskusi je objasněna jejich vazba a posouzen jejich ekonomický význam.

¹ Ústav nerostných surovin, Vítězná 425, 284 03 Kutná Hora

Úvod

Geologickému a mineralogickému výzkumu polymetalické mineralizace kutnohorského rudního revíru byla věnována pozornost již od konce minulého století (K a t z e r, 1895), zejména však od padesátých let dvacátého století až do doby nejnovější. Byly zveřejněny desítky kratších i rozsáhlejších prací mnoha autorů a řada poznatků je uložena i v nepublikovaných výzkumných zprávách. Nejnovější souborné zhodnocení revíru je podáno v práci H o l u b a et al. (1982). Mnohé práce obsahují i údaje o chemismu jednotlivých minerálů, avšak většinou nepřináší kvantitativní data. Teprve v novější době se prováděl výzkum chemického složení některých vzácnějších, převážně jen mikroskopicky patrných minerálů pomocí elektronového mikroanalyzátoru. Z běžnějších sulfidů byl chemicky studován zejména sfalerit (H a k et al., 1964;

Novák - Kvaček, 1964; Hoffman - Trdlička, 1981; Holub et al., 1982), a to jak z hlediska celkového chemického složení, tak i z hlediska přítomnosti některých mikroelementů (zejména india). Studium dalších minerálů (pyritu, pyrhotinu, galenitu), které bylo prováděno v podstatně menším rozsahu, bylo také zaměřeno na sledování distribuce některých mikroelementů (Hoffman - Trdlička, 1981; Holub et al., 1982). Údajů o dalších běžných sulfidech (arzenopyritu a chalkopyritu) je zatím k dispozici jen velmi málo. Detailněji je zpracována otázka distribuce selenu v sulfidech (Kvaček, 1971).

V práci jsou shrnuty výsledky studia distribuce vybraných mikroelementů v sulfidech z některých rudních žil v severní části kutnohorského revíru. Výzkum byl proveden v Ústavu nerostných surovin v Kutné Hoře (dále jen ŮNS) v letech 1977—1987 a jeho nejdůležitější výsledky byly shrnuty v nepublikované zprávě (Nekvasil et al., 1981). Nové poznatky výrazně početně rozšiřují dříve zhodnocené soubory některých minerálů a doplňují je o koncentrace některých prvků, které dosud nebyly kvantitativně sledovány. Pokud jde o arzenopyrit a chalkopyrit, výzkum přinesl zcela nové údaje.

Převážnou část vzorků pro výzkum odebral autor z přístupných úseků báňských děl, prováděných těžební organizací RD závod Kutná Hora a průzkumnou organizací Geoindustria Jihlava. Jde o vzorky z Turkaňského pásma z hloubkového intervalu 3.—4. patra, ze Staročeského pásma ze 3. a 5. patra, z Grunteckého pásma ze 3. patra a z Nifelského pásma z 5. patra. Rovněž vzorky z dalších, méně významných žil byly odebrány ze 3., 5. a 6. patra. Část vzorků z Grunteckého a Hloušeckého pásma pochází z průzkumných vrtů prováděných n. p. Geoindustria Jihlava a byla pro výzkum poskytnuta pracovníky tohoto podniku (RNDr. M. Mikuš) nebo pracovníky Ústavu nerostných surovin (RNDr. V. Hoffman, RNDr. Z. Trdlička, CSc.). Několik vzorků předali též pracovníci RD Kutná Hora.

Metodika výzkumu

Monominerální frakce nerostů byly separovány pod stereomikroskopem nebo po rozdrncení získány rýžováním na misce, dělením v těžkých kapalinách nebo elektromagnetickou separací na vysokointenzitním separátoru fy Cook.

Chemismus všech studovaných vzorků byl orientačně sledován pomocí kvalitativní spektrální analýzy, aby bylo možno posoudit čistotu monominerálních frakcí. Kvantitativní spektrální analýzou byly stanoveny obsahy Ag, Bi, Cd, Co, Ga, Ge, In, Ni a Sn v sulfidech. Metoda byla vyvinuta v ŮNS M. Kolínským a O. Pauknerem. Spodní (někdy i horní) mez stano-

vitelnosti jednotlivých prvků se v průběhu výzkumu měnila. Tato skutečnost se obráží i v tabulkách analýz. Je-li spodní mez stanovitelnosti vyšší a horní mez stanovitelnosti nižší než reálné analytické výsledky daného souboru, jsou tyto hodnoty mezi stanovitelnosti uvedeny v závorce vedle reálných hodnot. V případě Ag se to týká souborů, v nichž obsahy tohoto prvku byly stanoveny jinými metodami. Spektrální analýzy provedli S. Horáček, M. Horáčková, M. Kolínský, D. Kupková a O. Paukner ze spektrální laboratoře ÚNS.

Obsahy Se stanovily spektrofotometrickou metodou s o-fenylendiami-
nem L. Vavřinová, M. Novotná, M. Konrádová, M. Trdličková a M. Brů-
žová z analytické laboratoře ÚNS. Vyšší obsahy Ag v některých vzorcích
stanovily M. Trdličková a L. Vavřinová, která rovněž stanovila polaro-
graficky obsahy Cd, In, Pb a Sn v Cu- a Zn-koncentrátech.

V části vzorků byly obsahy Ag stanoveny radiochemicky. Touto meto-
dou byly stanoveny i obsahy As a Sb v galenitu. Rozbory provedli J. Lenk
a Z. Řanda v radiochemické laboratoři ÚNS.

Obsahy Au v několika vzorcích Sb-minerálů byly stanoveny metodou
absorpční atomární spektrofotometrie. Analýzy provedla skupina ing. J.
Jílkové v laboratořích Geologického průzkumu v Brně.

Chemismus minerálů

Arzenopyrit

Podle Hoffmana a Trdličky (1981) je arzenopyrit minerálem
charakteristickým především pro rudní pásma v severní části kutnohor-
ského rudního revíru. Vyskytuje se ve dvou generacích, z nichž první,
pozorovatelná běžně makroskopicky, zcela převládá nad druhou, kterou
lze zpravidla určit až mikroskopicky. Analyzované arzenopyrity vesměs
náležejí k první generaci.

Obsahy mikroelementů v arzenopyritu jsou shrnuty v tabulce 1. Je
patrné, že obsahy Co a Ni vázaných izomorfne v krystalové mřížce arze-
nopyritu kolísají ve značně širokém rozmezí (převážná většina analyzo-
vaných vzorků má obsahy Co vyšší než obsahy Ni). Dokladem tohoto ko-
lísání je i skutečnost, že ve všech studovaných arzenopyritech ze Staro-
českého pásma byl zjištěn Co, zatímco dříve studované arzenopyrity I
z tohoto pásma se vyznačují nepřítomností kobaltu (Hoffman - Trd-
lička, 1981). Průměrné hodnoty obsahu obou prvků v arzenopyritu ze
Staročeského a Turkaňského pásma se nijak podstatně neliší (ovšem
soubor arzenopyritů z Turkaňského pásma je poměrně nízký, takže jeho
průměrné hodnoty nelze považovat za reprezentativní). Z dalších žil se

Tabulka 1

Obsahy mikroelementů v arzenopyritu (v ppm)

lokalizace	Ag		Bi	
	počet vz.	rozmezí	počet vz.	rozmezí
	\bar{x}	x	\bar{x}	x
Turkaňské pásmo	6	7—>130	6	<5—320
	41 ¹⁾	44	36 ²⁾	39
Staročeské pásmo Hlavní žíla	20	20—1370 (>120)	20	<5—>1800
	280 ⁴⁾		232 ⁵⁾	200
Staročeské pásmo Benátecká žíla*	1	>200	1	<20
Gruntecké pásmo*	2	64—120	2	24—120
Nifelské pásmo*	1	44	1	48
žíly v překopu P 301*	5	22—47	5	<5—10
žíla na 6. patře*	1	680	1	>2000
stará haldička v Šipší*	1	240	1	14

\bar{x} — aritmetický průměr, x — medián

1) při výpočtu byly vypuštěny 2 hodnoty nad horní mezí stanovitelnosti

2) při výpočtu byla vypuštěna odlehlá hodnota 320 ppm

3) při výpočtu byla vypuštěna 1 hodnota nad horní mezí stanovitelnosti

verní části kutnohorského revíru bylo analyzováno jen několik vzorků, jejichž obsahy Co a Ni vcelku nevybočují z rozmezí zjištěného na Staročeském a Turkaňském pásmu (v jednom vzorku z Grunteckého pásma byl zjištěn nejvyšší obsah Co — 1 800 ppm). Arzenopyrit je zřejmě hlavním nositelem Co i Ni v s. části kutnohorského revíru.

V krystalové mřížce arzenopyritu je rovněž vázán izomorfně Se, zastupující síru. Jeho obsahy jsou velmi nízké a jen zřídka přesahují jednotky ppm. Tato skutečnost byla zjištěna již dřívějším výzkumem (Kvaček, 1971). Velmi nízké obsahy Se jsou pro většinu našich polymetalických ložisek různých genetických typů charakteristické.

Arzenopyrit ze Staročeského pásma je charakterizován výrazně zvýšenými obsahy Ag (viz tab. 1). Průměrné obsahy Ag v arzenopyritu ze Staročeského pásma jsou řádově vyšší než v arzenopyritu z Turkaňské-

Tabulka 1

Co		Ni		Se		Sn	
počet vz.	rozmezí	počet vz.	rozmezí	počet vz.	rozmezí	počet vz.	rozmezí
\bar{x}	x	\bar{x}	x	\bar{x}	x	\bar{x}	x
6	<5—710	6	<7—180	6	<4—10	6	14—>3400
230	108	70	60	5	5	390	340 ⁵⁾
20	28—1700	20	<6—330	19	<4—15	20	27—1800 (<30)
318	175	58	20	7	6	112 ⁶⁾	135
1	91	1	<20	1	10	1	320
2	210—1800	2	51—790			1	<30
1	250	1	20	1	4	1	310
5	16—120	5	<5—22			5	17—150
1	38	1	<30	1	22		
1	240	1	27			1	16

⁴⁾ při výpočtu byly vypuštěny 3 hodnoty nad horní mezí stanovitelnosti

⁵⁾ při výpočtu byly vypuštěny 2 hodnoty nad horní mezí stanovitelnosti

⁶⁾ při výpočtu bylo vypuštěno 5 odlehlých nejvyšších hodnot

* pro malý počet analyzovaných vzorků nebyly průměrné hodnoty určeny

ho pásma. Přitom i arzenopyrity z Turkaňského pásma jsou výrazně obohaceny stříbrem ve srovnání s arzenopyrity z jiných výskytů různého genetického typu v Českém masívu. Jak ukázal autorův výzkum (K v a - č e k et al., 1987), pohybují se obsahy Ag v arzenopyritech z Českého masívu v jednotkách až nižších desítkách ppm. Způsob vazby Ag v arzenopyritu nelze jednoznačně posoudit. Při mineragrafičtém studiu byly samostatné Ag-nerosty, které byly předmětem tohoto výzkumu, ve studovaných vzorcích v kutnohorském revíru pozorovány jen zřídka, a to pouze v nepatrných inkluzích. Totéž lze říci o galenitu, který obsahuje poněkud vyšší koncentrace (viz dále). Vzhledem k tomu, že kvalitativní spektrální analýzy studovaných arzenopyritů vykazaly převážně stopové až setinové obsahy Pb, je zřejmé, že případné nepatrné heterogenní příměsi galenitu nemohly výrazněji ovlivnit obsahy Ag v arzenopyritu. Jako

nejpravděpodobnější se tudíž jeví vazba stříbra na submikroskopické inkluze Ag-nerostů.

Pro arzenopyrit ze Staročeského pásma (Hlavní žíla) jsou rovněž charakteristické zvýšené obsahy Bi. Průměrné obsahy Bi v arzenopyritu z Hlavní žíly Staročeského pásma a z Turkaňského pásma se od sebe řádově odlišují (viz tab. 1). Přitom na obou pásmech jsou hodnoty \bar{x} a x navzájem velmi blízké, takže průměrné obsahy dobře charakterizují příslušné soubory. Obsahy Bi v arzenopyritu kolísají ve větším rozmezí, než je tomu u Ag, zejména na Staročeském pásmu. Velmi nízké obsahy Bi mají arzenopyrity z menších žil v překopu P 301.

Rovněž způsob vazby Bi v arzenopyritu nelze jednoznačně interpretovat. Z ložiska byly zatím popsány dva nerosty Bi — častěji se vyskytující ryzí bismut a vzácný nerost podobný matilditu (Hoffman - Trdlička, 1981). Ryzí bismut byl pozorován jen v malé části nábrusů studovaných vzorků a nerost podobný matilditu nebyl vůbec zjištěn. Nutno podotknout, že některé arzenopyrity z jiných výskytů v Českém masívu mají zvýšené obsahy Bi (vzorky z Kašperských Hor, Újezdce u Bělčic, Špindlerova Mlýna a Vejprt stovky ppm, z Horního Babákova 2 000 ppm — Kvaček et al., 1987). Přitom např. z Horního Babákova není žádný Bi-minerál v literatuře uváděn a ani v nábrusech příslušného vzorku nebyl pozorován. Badalov - Povarennych (1967) uvádějí Bi jako izomorfní příměs arzenopyritu. Tento způsob vazby se jeví pro kutnohorský arzenopyrit jako nejpravděpodobnější.

Také v obsazích Sn v arzenopyritu je patrný výrazný rozdíl mezi Hlavní žílou Staročeského pásma a Turkaňským pásmem. Tento prvek je v arzenopyritu z Turkaňského pásma obsažen ve zřetelně vyšších koncentracích (srovnej průměrné hodnoty v tab. 1). Sn je v arzenopyritu pravděpodobně z největší části vázán na heterogenní příměsi Sn-minerálů (zejména staninu, který většinou značně převládá nad kasiteritem), které byly pozorovány téměř ve všech nábrusech studovaných vzorků. Tomuto předpokladu nasvědčuje i skutečnost, že stopové až setinové obsahy Sn byly podle autorova zjištění prokázány v arzenopyritech z Českého masívu jen ojediněle.

V několika vzorcích byly zjištěny i setinové obsahy Cd a tisícinové obsahy In (v ‰). Oba prvky jsou vázány evidentně na heterogenní příměs sfaleritu (kvalitativní spektrální analýzy v nich prokázaly zvýšené obsahy Zn).

Tabulka 2
Obsah mikroelementů v galenitu (v ppm)

lokalizace	Ag		Bi		Se		Sn		jiné	
	počet vz.	rozmezí	počet vz.	rozmezí	počet vz.	rozmezí	počet vz.	rozmezí	počet vz.	rozmezí
Turkaňské pásmo	2	1600—2000			4	<4—31			1 1	Sb 2300 As 4100
Staroňské pásmo Hlavní žíla	3	1400—1700 [>200]	3	33—2400	3	18—27	3	210—480		
Rejzské pásmo	2	3900—6500			2	8—10				
žíly v překopu P 301	5	1100—2100 [>200]	5	19—620	3	12—20	5	460—990	5	Cd <100— 160
Nirelské pásmo	1	2500			1	21				
Gruntecké pásmo	1	1300			1	20				
žíla na 6. patře	1	2400			1	30				
stará haldička v Šipší	1	5600							1 1	Sb 3100 As 380

Galenit

Je v s. části kutnohorského rudního revíru podstatně méně zastoupen než ostatní běžné sulfidy. Proto byly studovány jen málo početné soubory, které neumožnily určit průměrné hodnoty (viz tab. 2).

Je patrné, že obsahy Ag kolísají řádově v tisících ppm a jsou vcelku srovnatelné s obsahy tohoto prvku uváděnými Hoffmannem a Trdličkou (1981) v kutnohorském galenitu. Část zjištěného stříbra je zřejmě vázána na heterogenní příměs samostatných minerálů Ag, které s galenitem často intimně srůstají a tvoří v něm inkluze. Nižší obsahy Ag jsou však nepochybně vázány v krystalové mřížce galenitu (snad ve formě izostrukturálních sloučenin AgBiS_2 nebo AgSbS_2 , jak uvádí řada autorů). Stejný způsob vazby lze předpokládat i v případě Bi a Sb, jejichž obsahy však byly stanoveny jen v menším počtu vzorků. Obsahy Se jakožto izomorfně vázaného prvku v galenitu kolísají v rozmezí $<4\text{--}31$ ppm, což odpovídá již dříve získaným poznatkům autorovým (Kvaček, 1971). Ve srovnání s ostatními sulfidy má tedy galenit poměrně vyšší obsahy Se, podobně jako na většině polymetalických ložisek různých genetických typů v Českém masívu. Sn, As a Cd (jehož obsah pouze v jednom z pěti analyzovaných vzorků přesáhl spodní mez stanovitelnosti) jsou zřejmě vázány na heterogenní příměsi (stanin, kasiterit, canfieldit, arzenopyrit, sfalerit). V žádném ze studovaných vzorků galenitu nebyl kvalitativní spektrální analýzou prokázán telur (ve dvou vzorcích byla jeho přítomnost označena jako problematická).

Chalkopyrit

Je zastoupen na kutnohorských žilách ve dvou generacích (Hoffmann - Trdlička, 1981). Prvá generace se vyskytuje pouze v mikroskopické formě (zrníčka max. 0,00X mm velká ve sfaleritu). Pro studium mikrochemismu byl tedy k dispozici pouze mladší chalkopyrit II, který se vyskytuje i v makroskopické podobě, zejména na Staročeském pásmu, odkud pochází naprostá většina studovaných vzorků.

Výsledky studia mikrochemismu chalkopyritu jsou shrnuty v tabulce 3. Za prvky vázané izomorfně v krystalové mřížce chalkopyritu je možné považovat především In a Se.

Obsahy In ve všech studovaných chalkopyritech jsou vyšší, než je spodní mez stanovitelnosti tohoto prvku. Kolísají převážně ve stovkách ppm; jen ve čtyřech vzorcích byly zjištěny řádově desítky ppm In. Ve dvou vzorcích byly zjištěny značně vysoké obsahy 1 600 a 1 900 ppm In. Poměrně malý rozdíl průměrných hodnot \bar{x} a x ukazuje, že dobře charakterizují celý soubor.

Tabulka 3

Obsahy mikroelementů v chalkopyritu (v ppm)

prvek	Staročeské pásmo						Žíla v překopu P 301	
	Hlavní žíla				Benátecká žíla*		počet vz.	rozmezí
	počet vz.	rozmezí	\bar{x}	x	počet vz.	rozmezí		
Ag	25	180—2500 (> 200)	834 ¹⁾	1 000	1	> 170	1	430
Bi	25	< 9—2100	308	64	1	250	1	< 9
Cd	22	70—210 (< 80)	— ²⁾	— ²⁾	1	< 84	1	< 90
Co	22	< 8—58	— ³⁾	— ³⁾	1	< 25	1	< 9
In	25	28—1900	270 ⁴⁾	340	1	520	1	550
Ni	22	< 6—19	— ⁵⁾	— ⁵⁾	1	< 8	1	< 9
Se	17	4—12	— ⁶⁾	— ⁶⁾	1	12		
Sn	25	530—6700 (> 4300)	3 855	5 300	1	> 4 200	1	4 800

 \bar{x} — aritmetický průměr, x — medián

1) při výpočtu bylo vypuštěno 8 hodnot nad horní mezí stanovitelnosti

2) ve 12 vzorcích byly obsahy pod spodní mezí stanovitelnosti

3) v 19 vzorcích byly obsahy pod spodní mezí stanovitelnosti

4) při výpočtu byly vypuštěny 2 nejvyšší odlehlé hodnoty

5) ve 20 vzorcích byly obsahy pod spodní mezí stanovitelnosti

6) v 9 vzorcích byly obsahy pod spodní mezí stanovitelnosti

Vzorek s nejvyšším obsahem 1 900 ppm In byl podroben dalšímu detailnímu analytickému výzkumu. Ze dvou nově samostatně separovaných monominerálních frakcí bylo vždy analyzováno pět navážek; získané výsledky se pohybovaly v rozmezí 270—600 ppm (\bar{x} = 410 ppm) a 220—690 ppm (\bar{x} = 460 ppm). To dokumentuje značně nerovnoměrnou distribuci In v prostorově velmi blízkých agregátech chalkopyritu. Vysoký obsah Sn (nad horní mezí stanovitelnosti) v tomto i některých dalších chalkopyritech s výrazněji zvýšenými obsahy In naznačuje, že by eventuálně část přítomného india mohla být vázána na stanin. Tomuto předpokladu nasvědčuje skutečnost, že vzorky chalkopyritu s nejnižšími obsahy In (řádově desítkami ppm) mají rovněž nejnižší obsahy Sn (pod 2 000 ppm). V poslední době byl popsán nový minerál ze skupiny staninu petrukit $(\text{Cu,Fe,Zn})_3(\text{Sn,In})\text{S}_4$ (Kissin - Owens, 1987). Elektronová mikroanalýza však přítomnost In v obsahu nad spodní mezí stanovitelnosti neprokázala (Hoffman - Trdlička, 1981). Z výsledku studia vyplývá, že chalkopyrit je v severní části kutnohorského revíru vedle hlavního nositele sfaleritu (a staninu?) významným koncentrátorem In, který má v průměru zhruba poloviční obsahy tohoto mikroelementu než sfalerit (viz níže).

Pro srovnání je možné uvést, že mírně zvýšené obsahy In má i chalkopyrit ze stratiformního Cu-ložiska Tisová u Kraslic. Podle Babčana et al. (1967) tyto obsahy kolísají v rozmezí 30–250 ppm (v průměru 195 ppm). Autor nově studoval soubor 14 chalkopyritů z Tisové a zjistil obsahy v rozmezí 60–240 ppm (průměr 110 ppm). Zvýšený obsah 400 ppm In byl autorem zjištěn i ve staninu z Sn-W-ložiska Krásno ve Slavkovském lese.

Dalším izomorfně vázaným mikroelementem v chalkopyritu je selen. Je přítomen ve velmi nízkých obsazích (v polovině vzorků < 4 ppm, max. 12 ppm).

Tabulka 4

Obsahy mikroelementů v koncentrátech z Hlavní žíly Staročeského pásma (v ppm)

prvek	Cu-koncentrát (12 vzorků)	Zn-koncentrát (3 vzorky)
	rozmezí	rozmezí
Ag	1 000–1 300 (> 170)	1 300–2 000
Bi	520–1 500	400–500
Cd	86–730	1 700–2 500
Co	27–98	33–69
In	240–540	310–440
Ni	< 25–51	14–19
Se	< 4–39	< 4–4
Sn	24 400–34 300	12 400–20 000

Obsahy Co a Ni v chalkopyritu jsou velmi nízké, ve většině vzorků pod spodní mezí stanovitelnosti. Badalov a Povarenných (1967) řadí oba prvky k izomorfním příměsím chalkopyritu. Ojedinele se vyskytující mírně zvýšené koncentrace Co mohou být snad vázány na heterogenní příměs arzenopyritu.

Významně zvýšené jsou obsahy Ag v chalkopyritu. Jak je patrné z tabulky 3, průměrné hodnoty (\bar{x} a x) jsou poměrně blízké a dobře charakterizují studovaný soubor z Hlavní žíly Staročeského pásma. Ve srovnání s dalšími běžnými sulfidy je chalkopyrit významným koncentrátorem Ag. Část Ag je pravděpodobně vázána izomorfně v krystalové mřížce chalkopyritu (tento způsob vazby uvádějí Badalov - Povarenných, 1967, i Fleischer, 1955). Nelze vyloučit, že část Ag je vázána na heterogenní příměs. (Podle M. Fleischera však může izomorfně vázaný obsah Ag v chalkopyritu činit až 2 300 ppm!)

Obsahy Bi kolísají ve značně širokém rozmezí. Vzhledem k tomu, že v nábrusech studovaných vzorků byly Bi-minerály pozorovány jen zcela ojediněle, je nutné uvažovat nejspíše o vazbě na jejich submikroskopické inkluze.

Obsahy Cd ve většině vzorků nedosáhly spodní meze stanovitelnosti. Badalov a Povarennych (l.c.) sice i tento prvek řadí mezi izomorfní příměsi chalkopyritu, avšak ve studovaných chalkopyritech je nejspíše převážně vázán na heterogenní příměs sfaleritu.

Vysoké obsahy Sn jsou zřejmě vázány z největší části na heterogenní příměsi (stanin, kasiterit).

Chemismus chalkopyritu se obráží ve složení Cu-koncentrátů, získaných technologickými pokusy z rudniny z Hlavní žíly Staročeského pásma na 5. patře. Distribuce mikroelementů je uvedena v tab. 4. Je patrné, že Ag a In představují v těchto koncentrátech ekonomicky významné komponenty. Detailnější zhodnocení chemismu technologických produktů úpravy autor provedl ve výzkumných zprávách (Kvaček, 1978, 1979).

Pyrrhotin

Je charakteristickým minerálem rudních pásem v s. části kutnohorského revíru. Údaje o obsazích některých mikroelementů v pyrrhotinu přináší Hoffman a Trdlička (1981). Autorovým výzkumem byl studovaný soubor pyrrhotinů rozšířen zejména o vzorky z Hlavní žíly Staročeského pásma, z Grunteckého pásma a také o některé sledované mikroelementy (Bi, Se, Sn).

Distribuce mikroelementů v pyrrhotinu je shrnuta v tabulce 5. Obsahy Co a Ni, vázaných izomorfně v krystalové mřížce pyrrhotinu, jsou velmi nízké, převážně pod spodní mezí stanovitelnosti, což je v souladu s poznatky Hoffmana a Trdličky (1981). Také selen, vázaný izomorfně v krystalové mřížce pyrrhotinu, je přítomen ve velmi nízkých obsazích (převážně v jednotkách ppm, často pod spodní mezí stanovitelnosti). Tato skutečnost byla prokázána již dřívějším autorovým výzkumem (Kvaček, 1971).

Obsahy Ag jsou výrazně nižší než v arzenopyritu a chalkopyritu, přičemž v pyrrhotinu z Hlavní žíly Staročeského pásma jsou zřetelně vyšší než v pyrrhotinu z Turkaňského pásma (viz tab. 5). Mezi středními hodnotami (\bar{x} a x) obsahu Ag v pyrrhotinu ze Staročeského pásma je poměrně velký rozdíl; hodnotu x je však možno považovat za hodnověrnější. Vůči chalkopyritu a arzenopyritu je pyrrhotin méně efektivním koncentrátorem Ag. Fleischer (1955) uvádí jako maximální izomorfně vázaný obsah Ag v pyrrhotinu 100 ppm. Lze tedy předpokládat, že vyšší

Tabulka 5
Obsahy mikroelementů v pyrhotinu (v ppm)

lokalizace	Ag		Bi	
	počet vz.	rozmezí	počet vz.	rozmezí
	\bar{x}	x	\bar{x}	x
Turkaňské pásmo	10	5—250	10	<30—680
	23 ¹⁾	21	55 ²⁾	67
Staročeské pásmo Hlavní žíla	31	3—1130 (>170)	31	<6—>2500
	149 ⁷⁾	66	514 ⁴⁾	170
Staročeské pásmo Benátecká žíla*	2	20—170	2	150—240
Gruntecké pásmo*	2	37—256	2	35—74
Nifelské pásmo a žíly v okolí*	3	9—17	3	26—120 (<30)
žíla v překopu P 301*	1	80	1	180
zrudnění v minetě*	1	16	1	17

\bar{x} — aritmetický průměr, x — medián

1) při výpočtu byly vypuštěny 2 nejvyšší odlehlé hodnoty

2) při výpočtu byla vypuštěna nejvyšší odlehlá hodnota

3) ve všech vzorcích byly obsahy pod spodní mezí stanovitelnosti

4) při výpočtu byly vypuštěny 2 hodnoty nad horní mezí stanovitelnosti

obsahy Ag v tomto sulfidu jsou vázány na heterogenní příměsi, většinou však patrně submikroskopických dimenzí, neboť nerosty Ag byly v nábrusech studovaných vzorků pozorovány poměrně zřídka.

Pyrhotin z Turkaňského pásma se liší od pyrhotinu z Hlavní žíly Staročeského pásma rovněž výrazně vyššími obsahy Bi a Sn. Obsahy Sn jsou zřejmě vázány na heterogenní příměsi staninu a kasiteritu. Stejný způsob vazby je možné předpokládat u Bi (ze stejných důvodů jako u Ag patrně také v podobě submikroskopických inkluzí). Na heterogenní příměs sfaleritu jsou vázány i poměrně nízké obsahy Cd (max. 280 ppm), které byly zjištěny v několika vzorcích pyrhotinu.

V tabulce 5 jsou rovněž uvedeny výsledky analýzy pyrhotinu z žilky pronikající lamprofyrem (minetou) v prostoru Benátecké žíly na 5. patře.

Tabulka 5

Co		Ni		Se		Sn	
počet vz.	rozmezí	počet vz.	rozmezí	počet vz.	rozmezí	počet vz.	rozmezí
\bar{x}	x	\bar{x}	x	\bar{x}	x	\bar{x}	x
10	<9—<30	10	<9—87	10	<4—7	10	160—2100
—3)	—3)	28	13	5	6	704	185
31	<9—70	31	<9—60	31	<4—10	31	<30—6200
—5)	—5)	—6)	—6)	4	4	1457	910
2	<30—48	2	<30	2	7—8	2	85—2600
2	<30	2	39—61			2	62—530
3	<30—33	3	<30—71	4	6	3	80—750
1	<8	1	30	1	<4	1	630
1	48	1	100	1	<4	1	80

5) ve 20 vzorcích byly obsahy pod spodní mezí stanovitelnosti

6) v 17 vzorcích byly obsahy pod spodní mezí stanovitelnosti

7) při výpočtu bylo vypuštěno 6 hodnot nad horní mezí stanovitelnosti

* pro malý počet analyzovaných vzorků nebyly průměrné hodnoty určeny

Tento pyrrhotin asociující se sfaleritem má mírně zvýšený obsah Co a vyšší obsah Ni, podobně jako další sulfidy prostorově vázané na žíly lamprofyru (viz níže). Obsahy dalších mikroelementů (Ag, Bi, Sn) jsou nízké. Zvýšené obsahy Co a Ni je možné vysvětlit nejspíše topominerálním vlivem okolní horniny.

Pyrit

Je nejhojnějším sulfidem v kutnohorském rudním revíru. Vyskytuje se ve třech makroskopicky pozorovatelných generacích (Hoffman - Trdlička, 1981).

Tabulka 6
Obsahy mikroelementů v pyritu (v ppm)

lokalizace	Ag		Bi	
	počet vz.	rozmezí	počet vz.	rozmezí
	\bar{x}	x	\bar{x}	x
Turkaňské pásmo	22	7—370	22	<7—180
	60	38	46	26
Staročeské pásmo Hlavní žíla	35	<2—860	35	<6—1400
	128	51	215	110
Staročeské pásmo Benátecká žíla*	3	17—220	3	25—290
Gruntecké pásmo	9	11—96	9	8—95 (<10)
	44	26	29	25
Nifelské pásmo a žíly v okolí*	4	5—60	4	<20—350
Žíla v překopu P 301*	1	4	1	<7
Hloušecké pásmo*	2	17—82	2	9—20
Žíla na 6. patře*				
stará haldička v Šipší*	2	37—40	2	<7
zrudnění v minetě	6	7—43	6	<6—41
	15	10	19	10
Staročeské pásmo Hlavní žíla pyrit III*	1	16	1	<20

\bar{x} — aritmetický průměr, x — medián

1) v 15 vzorcích byly obsahy pod spodní mezí stanovitelnosti

2) při výpočtu byla vypuštěna odlehlá hodnota 3300 ppm

3) v 18 vzorcích byly obsahy pod spodní mezí stanovitelnosti

4) v 7 vzorcích byly obsahy pod spodní mezí stanovitelnosti

5) v 5 vzorcích byly obsahy pod spodní mezí stanovitelnosti

Tabulka 6

Co		Ni		Se		Sn	
počet vz.	rozmezí	počet vz.	rozmezí	počet vz.	rozmezí	počet vz.	rozmezí
\bar{x}	x	\bar{x}	x	\bar{x}	x	\bar{x}	x
22	<7–53	22	<7–220	22	<4–9	22	<14–3300
—1)	—1)	53	24	4	4	268 ²⁾	250
35	<7–240	35	<7–270	30	<4–8	35	<13–3600
—3)	—3)	44	11	5	4	620	300
3	<10–43	3	<10	3	4–7	3	370–650
9	<10–120	9	<10–430	10	<4–12	9	<30–480
—4)	—4)	—5)	—5)	—6)	16	122	30
4	<20–41	4	<20–58	5	<4–10	4	<20–310
1	19	1	53	1	5	1	23
2	10	2	<10–10	2	<4–6	2	20–30
				1	4		
2	90–100	2	80–170	1	6	2	<7–27
6	220—> 2000	6	410—> 2100	3	<4–12	6	29–250
444 ⁷⁾	475	670 ⁸⁾	535			114	72
1	<20	1	<20	1	4	1	<20

6) nelze vypočítat, jelikož v souboru jsou 4 obsahy pod spodní mezí stanovitelnosti a 1 odlehlá hodnota

7) při výpočtu byla vypuštěna 1 hodnota nad horní mezí stanovitelnosti

8) při výpočtu byly vypuštěny 2 hodnoty nad horní mezí stanovitelnosti

* pro malý počet analyzovaných vzorků nebyly průměrné hodnoty určeny

Naprostá většina analyzovaných vzorků pyritu náleží nejstarší generaci (pyrit I), přičemž nelze vyloučit, že některé vzorky mohou obsahovat malou příměs pyritu II, popř. i markazitu I, které vznikly hypogenní disulfidizací pyrhotinu. Tuto příměs nebylo možno běžnými separačními metodami oddělit.

Studiem pyritu se zabývali podrobně Hoffman a Trdlička (1981), kteří zhodnotili rozsáhlý soubor analýz tohoto minerálu, zejména vzorků z Turkaňského pásma. Autorův výzkum jejich poznatky doplňuje zejména o výsledky analýz pyritu z Grunteckého pásma a rozsáhlého souboru z Hlavní žíly Staročeského pásma, přičemž věnuje pozornost i některým dalším mikroelementům, jež výše uvedení autoři nesledovali.

Obsahy mikroelementů v pyritu jsou shrnuty v tabulce 6. Za prvky vázané izomorfne v krystalové mřížce pyritu jsou všeobecně považovány Co, Ni a Se. Pyrit (pokud nebude uvedeno jinak, jde vesměs o pyrit I) z Turkaňského pásma se vyznačuje nízkými obsahy Co (většinou pod spodní mezí stanovitelnosti) a poněkud vyššími obsahy Ni (v několika vzorcích nižší stovky ppm). Obsahy Co v pyritu z Hlavní žíly Staročeského pásma jsou zřetelně vyšší (nejvyšší obsah 240 ppm Co je však ovlivněn heterogenní příměsí arzenopyritu, jak vyplývá z výsledku kvalitativní spektrální analýzy, která vykazala řádové procenta As). Obsahy Ni v pyritu z obou pásem jsou srovnatelné. Velmi nízké obsahy obou mikroelementů vykázal pyrit z Grunteckého pásma a dalších žil (nepočtené soubory z těchto částí kutnohorského revíru nejsou ovšem dostatečně reprezentativní). Poznatky o distribuci obou prvků v pyritu se vcelku shodují s výsledky, které získali Hoffman a Trdlička (1981).

Velmi nízké (převážně jednotky ppm) jsou i obsahy Se v pyritu ze všech studovaných žil, což bylo konstatováno již dříve (Kvaček, 1971).

Obsahy Ag (obdobně jako u jiných sulfidů nejvyšší ve vzorcích z Hlavní žíly Staročeského pásma) jsou obecně nižší než v arzenopyritu a chalkopyritu. Průměrné hodnoty (\bar{x} a x) jsou poměrně blízké u pyritu z Turkaňského a Grunteckého pásma, větší rozdíl je patrný u pyritu z Hlavní žíly Staročeského pásma. Pokud jde o obsahy Ag v pyritu z tohoto pásma, existují největší rozdíly mezi poznatky autora článku a dřívějšími údaji Hoffmana a Trdličky (1981), kteří uvádějí nižší hodnoty. Jelikož Fleischer (1955) jako maximální izomorfne vázaný obsah Ag v pyritu uvádí 200 ppm, je nutné předpokládat, že vyšší obsahy tohoto prvku jsou patrně vázány na submikroskopické a řídkěji i mikroskopicky patrné inkluze Ag-nerostů.

Pokud jde o Bi, nejširší rozmezí obsahů bylo zjištěno u pyritu z Hlavní žíly Staročeského pásma, který má také nejvyšší průměrné koncentrace

tohoto mikroelementu. V pyritech z ostatních studovaných žil, jsou obsahy Bi v průměru nižší a kolísají v užším rozmezí. Vzhledem k tomu, že *Fleischer* (1955) uvádí jako maximální obsah izomorfně vázaný v pyritu 100 ppm Bi, je nutné předpokládat, že vyšší obsahy tohoto prvku jsou vázány na heterogenní příměsi Bi-nerostů (patrně převážně v podobě submikroskopických inkluzí).

Distribuce Sn, vázaného na heterogenní příměsi Sn-minerálů, je z hlediska značného rozpětí i středních hodnot vcelku obdobná v pyritu z Turkaňského pásma a v pyritu z Hlavní žíly Staročeského pásma; v pyritu z ostatních sledovaných žil jsou jeho obsahy nižší a kolísají v užším rozmezí. V několika vzorcích pyritu z Turkaňského pásma byly zjištěny nízké obsahy Cd v rozmezí 140—200 ppm, které jsou vázány na heterogenní příměs sfaleritu.

Jediný analyzovaný vzorek pyritu III z Hlavní žíly Staročeského pásma vykázal pouze nízké obsahy Ag (16 ppm) a Se (4 ppm); obsahy dalších sledovaných prvků nedosáhly spodní meze stanovitelnosti.

Zajímavý mikrochemismus má pyrit prostorově vázaný na žíly lamprofyru (minety) v oblasti Hlavní žíly Staročeského pásma (viz tab. 6). Vyskytuje se zde jednak na žilkách se sfaleritem (popř. i pyrotinem), jednak tvoří monominerální žilky a impregnace. Má vysoké obsahy Co (srovnatelné s jeho obsahy v arzenopyritu I) a Ni (výrazně vyšší než obsahy v arzenopyritu I). U pyritu z žilek se sfaleritem je možné uvažovat o topominerálním vlivu okolní horniny; pyrit z monominerálních žilek a impregnací by snad mohl představovat další (nejstarší?) generaci tohoto minerálu v kutnohorském revíru (má nejvyšší obsah Co a velmi vysoký obsah Ni). Obsahy Ag, Bi, Se a Sn jsou v pyritu z žil lamprofyru nízké.

Sfalerit

Je v s. části kutnohorského revíru hojně zastoupen a představuje hlavní užitkovou složku ložiska. Po geochemické stránce byl detailně studován i dalšími autory (*Hak et al.*, 1964; *Novák - Kvaček*, 1964; *Hoffman - Trdlíčka*, 1981; *Holub et al.*, 1982). Autor článku se zaměřil na sledování širší palety mikroelementů (kromě dříve sledovaných též Bi, Co, Ni), přičemž výrazně početně rozšířil soubor sfaleritu z Hlavní žíly Staročeského pásma a získal nové poznatky zejména o sfaleritu z Grunteckého pásma.

Výsledky studia mikrochemismu sfaleritu jsou shrnuty v tabulce 7. Do krystalové mřížky sfaleritu izomorfně vstupují Cd, Co a In.

Tabulka 7

Obsahy mikroelementů ve sfaleritu (v ppm)

lokalizace	Ag		Bi		Cd	
	počet vz.	rozmezí	počet vz.	rozmezí	počet vz.	rozmezí
	\bar{x}	x	\bar{x}	x	\bar{x}	x
Turkaňské pásmo	26	5—>220	26	<8—540	26	2500—4900
	60 ¹⁾	68	16 ²⁾	16	3485	3250
Staročeské pásmo Hlavní žíla	30	9—1500 (>180)	30	6—3400 (>2600)	30	2200—5900
	265 ⁴⁾	200	86 ⁵⁾	68	3953	3850
Staročeské pásmo Benátecká žíla*	3	43—300	3	20—100 (<30)	3	3100—3800
Gruntecké pásmo*	11	9—260	11	<9—130	11	3100—5500
	104	93	31	16	4118	4100
Nifelské pásmo a žíly v okolí*	4	10—87	4	<30	4	2600—4000
Žíly v překopu P 301	15	8—480	15	<8—402	15	2400—7700
	108	53	— ¹⁰⁾	— ¹⁰⁾	3900	3800
Hloušecké pásmo*	2	39—74	2	6	2	3600—4100
zrudnění v minetě*	3	25—30	3	<9—20	3	2700—3800

 \bar{x} — aritmetický průměr, x — medián

- 1) při výpočtu bylo vypuštěno 6 hodnot nad horní mezí stanovitelnosti
- 2) při výpočtu bylo vypuštěno 5 odlehlých nejvyšších hodnot
- 3) ve 22 vzorcích byly obsahy pod spodní mezí stanovitelnosti
- 4) při výpočtu byly vypuštěny 2 hodnoty nad horní mezí stanovitelnosti
- 5) při výpočtu byly vypuštěny 3 nejvyšší odlehle hodnoty
- 6) ve 25 vzorcích byly obsahy pod spodní mezí stanovitelnosti
- 7) ve všech vzorcích byly obsahy pod spodní mezí stanovitelnosti
- 8) v 8 vzorcích byly obsahy pod spodní mezí stanovitelnosti
- 9) ve všech vzorcích byly obsahy pod spodní mezí stanovitelnosti

Tabulka 7

Co		In		Ni		Se		Sn	
počet vz.	rozmezí	počet vz.	rozmezí	počet vz.	rozmezí	počet vz.	rozmezí	počet vz.	rozmezí
\bar{x}	x	\bar{x}	x	\bar{x}	x	\bar{x}	x	\bar{x}	x
26	<9—56	26	<250—1900	26	<9—23	25	<4—16	26	47—>5500
17	27	704	645	— ³⁾	— ⁵⁾	— ¹²⁾	— ¹³⁾	1081 ¹⁴⁾	1300
30	<8—82	30	130—1800 (<300)	30	<6—<30	17	<4	30	30—8700 (>5000)
— ⁶⁾	— ⁶⁾	595	600	— ⁷⁾	— ⁷⁾	— ¹⁵⁾	— ¹⁵⁾	— ¹⁶⁾	— ¹⁶⁾
3	<26—<30	3	550—620	3	<9—<30	3	<4	3	5000—>4600
11	<8—32	11	410—1100	8	<10	3	<4	11	21—7900 (>5000)
— ⁸⁾	— ⁸⁾	712	680	— ⁹⁾	— ⁹⁾			1805 ¹⁷⁾	1800
4	25—51 (<30)	4	210—1000	4	<30	4	<4—4	4	170—>4300
15	<9—46	15	<26—760	15	<6—<10	4	<4	15	9—8000 (>5000)
— ¹¹⁾	— ¹¹⁾	377	380	— ¹²⁾	— ¹²⁾			1919 ¹⁸⁾	325
2	<10	2	530—880	2	<10	1	<4	2	80—380
3	42—180	3	520—550	3	<9—20	2	<4	3	85—1400

10) v 10 vzorcích byly obsahy pod spodní mezí stanovitelnosti

11) v 10 vzorcích byly obsahy pod spodní mezí stanovitelnosti

12) ve všech vzorcích byly obsahy pod spodní mezí stanovitelnosti

13) ve 21 vzorcích byly obsahy pod spodní mezí stanovitelnosti

14) při výpočtu bylo vypuštěno 5 hodnot nad horní mezí stanovitelnosti

15) ve všech vzorcích byly obsahy pod spodní mezí stanovitelnosti

16) ve 12 vzorcích byly obsahy nad horní mezí stanovitelnosti

17) při výpočtu byla vypuštěna 1 hodnota nad horní mezí stanovitelnosti

18) při výpočtu byla vypuštěna 1 hodnota nad horní mezí stanovitelnosti

* pro malý počet analyzovaných vzorků nebyly průměrné hodnoty určeny

Obsahy Cd se většinou pohybují v nižších tisících ppm a jen zřídka přesahují 5 000 ppm. Rozdíly mezi koncentracemi Cd ve sfaleritu z Hlavní žíly Staročeského pásma a z Turkaňského a Grunteckého pásma jsou statisticky nevýznamné a rozpětí v jednotlivých souborech je poměrně úzké; střední hodnoty (\bar{x} a x) jsou blízké. Srovnatelné jsou i obsahy Cd ve sfaleritech z dalších sledovaných žil. Zjištěná fakta jsou v souladu s poznatky výše citovaných autorů.

Obsahy Co jsou velmi nízké, často pod spodní mezí stanovitelnosti; pouze ve sfaleritu z Turkaňského pásma jsou obsahy nad spodní mezí stanovitelnosti poněkud častější.

Obsahy In jsou převážně vysoké (stovky až více než 1 000 ppm). Pouze v několika vzorcích (4 vzorky z Turkaňského pásma, 1 vzorek z Hlavní žíly Staročeského pásma) nedosáhly jeho obsahy spodní meze stanovitelnosti, která však je vzhledem k vyšším obsahům Mn ve sfaleritu poměrně vysoká. Podle výsledku kvalitativní spektrální analýzy jsou obsahy In v těchto vzorcích nanejvýš stopové; ve dvou vzorcích z Turkaňského pásma nebyla přítomnost In prokázána. Podobné nízké obsahy In byly zjištěny v převážně většině vzorků sfaleritu z Rejzského pásma — v šesti ze sedmi analyzovaných vzorků byly obsahy In v rozmezí 30—90 ppm (H a k et al., 1964) — a ojediněle i ve sfaleritu z dříve studovaného souboru z Turkaňského pásma (N o v á k - K v a č e k, 1964). Střední hodnoty obsahu In ve sfaleritu z Turkaňského a Grunteckého pásma a z Hlavní žíly Staročeského pásma jsou blízké. Obdobné jsou obsahy In ve sfaleritech z ostatních žil. Nově provedený výzkum přinesl poznatky, jež jsou v souladu s údaji výše citovaných autorů.

Obdobně jako u jiných sulfidů, nejvyšší obsah Ag vykazuje sfalerit z Hlavní žíly Staročeského pásma, což je dobře patrné ze srovnání průměrných hodnot (viz tab. 7). Obsahy Ag ve sfaleritu z Grunteckého pásma jsou poněkud vyšší než ve sfaleritu z Turkaňského pásma. Sfalerity z dalších žil jsou zastoupeny jen málo početnými soubory, jež neumožňují hodnověrné posouzení. Podle H o f f m a n a a T r d l i č k y (1981) obsahuje sfalerit z kutnohorského revíru 20—1 880 ppm Ag, přičemž nejvyšší obsah (pokud jde o s. část revíru) byl zaznamenán ve sfaleritu z Turkaňského pásma (700 ppm) a nejnižší obsahy byly zaznamenány ve sfaleritu z Nifelského pásma. Počet analyzovaných vzorků z jednotlivých pásem citování autoři neuvádějí, takže nové poznatky s dřívějšími lze porovnat jen obtížně. Obsahy Ag ve sfaleritu jsou celkově vyšší než v pyritu a pyrhotinu (na Turkaňském pásmu také vyšší než v arzenopyritu), na Hlavní žíle Staročeského pásma však mají chalkopyrit a arzenopyrit výrazně vyšší obsahy Ag. B a d a l o v - P o v a r e n n y c h (1967) i F l e i s c h e r (1955) uvádějí Ag jako izomorfně vázaný prvek ve sfaleritu; podle M. Fleischera může maximální obsah takto vázaného stříbra

dosahovat 1 %. Vzhledem k tomu, že v nábrusech studovaných vzorků se inkluze Ag-nerostů vyskytovaly jen zcela ojediněle, lze považovat izomorfní vazbu v krystalové mřížce sfaleritu za dosti pravděpodobnou; vyšší obsahy by snad mohly být zčásti vázány na submikroskopické inkluze Ag-nerostů.

Rovněž obsahy Bi, zejména ve sfaleritu z Hlavní žíly Staročeského pásma, kolísají ve značně širokém rozmezí. Jeho průměrné obsahy ve sfaleritu z Hlavní žíly Staročeského pásma jsou výrazně vyšší než ve sfaleritu z Grunteckého a Turkaňského pásma (viz tab. 7). Obsahy Bi ve sfaleritu jsou obecně nižší než jeho obsahy v chalkopyritu, arzenopyritu, pyritu a pyrhotinu. Podle Fleischera (1955) může být ve sfaleritu izomorfně vázáno až 1 000 ppm Bi. Vyšší obsahy Bi ve sfaleritu z kutnohorského revíru mohou být vázány nejspíše převážně na submikroskopické inkluze samostatných nerostných fází, neboť ani Bi-nerosty nebyly ve většině nábrusů studovaných vzorků pozorovány.

Obsahy Sn vázaného převážně na heterogenní příměsi staninu a kassiteritu jsou v průměru dosti vysoké a kolísají v širokém rozmezí. Obdobné obsahy Sn ve sfaleritu z Turkaňského pásma byly zjištěny již dříve (Novák - Kvaček, 1964).

Sfalerit z žilek v lamprofyru (minetě) má obdobné obsahy Cd a In jako sfalerit z výše uvedených rudních pásem, nízké obsahy Ag a Bi a poněkud zvýšené obsahy Co, ovlivněné podobně jako u pyrhotinu a pyritu nejspíše topominerálně (viz tab. 7).

Kvantitativní spektrální analýzou byly v řadě vzorků sledovány i obsahy Ga a Ge, vyskytující se podle výsledků kvalitativní spektrální analýzy ve studovaných sfaleritech nanejvýš ve stopových obsazích (Ga častěji než Ge). V žádném z analyzovaných vzorků z Turkaňského a Staročeského pásma však obsah Ge nepřesáhl spodní mez stanovitelnosti (kolísající v rozmezí 16—30 ppm). Ga bylo zjištěno pouze v jednom z 22 analyzovaných vzorků sfaleritu z Turkaňského pásma (obsah 31 ppm). Poněkud vyšší obsahy Ga vykázal sfalerit z Hlavní žíly Staročeského pásma. V šestnácti z dvaceti pěti analyzovaných vzorků byly zjištěny obsahy v rozmezí 10—97 ppm Ga ($\bar{x} = 28$ ppm, $x = 13$ ppm). V jednom ze tří analyzovaných vzorků z Benátecké žíly Staročeského pásma bylo nalezeno 20 ppm Ga, čtyři z osmi analyzovaných vzorků z Grunteckého pásma vykázaly 14—68 ppm Ga, dva sfalerity z Hloušeckého pásma 20—30 ppm Ga, osm sfaleritů (z patnácti analyzovaných vzorků) z žilek v překopu P 301 17—71 ppm Ga.

V tabulce 4 je uveden mikrochemismus tří vzorků Zn-koncentrátů, získaných technologickým pokusem z rudniny z Hlavní žíly Staročeského pásma na 5. patře. Mají poměrně vysoké obsahy ekonomicky významných mikroelementů — Ag, Cd a In. Detailní vyhodnocení distribuce

mikroelementů v technologických produktech úpravy bylo podáno autorem v nepublikované zprávě (K v a č e k , 1979).

Berthierit

Vyskytuje se v křemenných žilách. Studované vzorky byly odebrány na Turkaňském pásmu v hloubkové úrovni mezi 3. a 4. patrem. Kvantitativní spektrální analýza jednoho vzorku vykazala 88 ppm Ag a 17 ppm Sn. Obsah Se v sedmi studovaných vzorcích kolísá v rozmezí $<4-26$ ppm ($\bar{x} \pm x = 14$ ppm). Kvalitativní spektrální analýzou byla zjištěna ještě přítomnost As, Cd, Cu, Mn, Pb a Zn ve stopových až setinových obsazích (analyzováno osm vzorků). Ve třech vzorcích byl stanoven obsah Au, který se pohybuje v rozmezí 0,03—0,21 ppm.

Gudmundit

Vyskytuje se v asociaci s berthieritem jako akcesorická až podřadná složka žilné výplně. Kvalitativní spektrální analýza jednoho vzorku vykazovala přítomnost týchž mikroelementů (kromě Cd) ve stejných řádových koncentracích jako v berthieritu. V jednom vzorku byly stanoveny 0,07 ppm Au a <4 ppm Se.

Ekonomický význam sledovaných mikroelementů

Za nejvýznamnější a pro kutnohorský revír nejvíce charakteristický prvek je nutné považovat Ag, přítomné v běžných sulfidech (arzenopyritu, chalkopyritu, pyrhotinu, pyritu a sfaleritu) často ve stovkách ppm, někdy až v obsazích nad 1 000 ppm. Nejvyšší obsahy Ag (vesměs řádově X000 ppm) vykázal poměrně málo zastoupený galenit. Nejvyšší obsahy Ag byly zjištěny v nerostech z Hlavní žíly Staročeského pásma. V této souvislosti je nutné uvést zjištění Bílka (1972), že rozhodujícím předmětem těžby na Hlavní žíle Staročeského pásma (a tudíž i hlavním zdrojem stříbra) byly v minulosti vždy běžné sulfidy (stříbrnosné kyzy), které naši předkové uměli ekonomicky zpracovat. Tato žíla podle citovaného autora byla v minulosti po montanistické a ekonomické stránce centrálním ložiskem Staročeského pásma, a do značné míry i celého kutnohorského revíru, a zejména mezi koncem 15. a začátkem 17. století tvořila nejvýznamnější zdroj zdejší produkce stříbrných a měděných rud. Bylo by nanejvýš žádoucí, aby při případné budoucí exploataci této

žíly byly získávány kolektivní koncentráty, a tak aby byl využit i obsah Ag v kyzech.

Jako koncentrátoři Ag vystupují běžné sulfidy na jednotlivých pásmech v tomto pořadí (podle zvyšujících se obsahů Ag):

Turkaňské pásmo: pyrhotin-pyrit, arzenopyrit-sfalerit

Staročeské pásmo: pyrit, pyrhotin-arzenopyrit, sfalerit-chalkopyrit

(Hlavní žíla)

Gruntecké pásmo: pyrit-sfalerit (pro zhodnocení arzenopyritu a pyrhotinu není dostatek podkladů).

Dalšími ekonomicky významnými mikroelementy charakteristickými pro kutnohorský revír jsou Cd (nositel sfalerit) a In (hlavní nositel sfalerit, koncentrátoři chalkopyrit a snad stanin s dosud neurčenými obsahy In).

Ekonomický význam může mít snad i Sn (zejména na Hlavní žíle Staročeského pásma), který však jako hlavní složka samostatných nerostů není mikroelementem v pravém slova smyslu.

Obsahy dalších sledovaných mikroelementů (Bi, Co, Ni) jsou nízké a nemají žádný ekonomický význam. Totéž platí o obsazích Au v sulfidech Sb-mineralizace (berthieritu a gudmunditu) z Turkaňského pásma.

Závěr

Detailním sledováním obsahů vybraných mikroelementů v hojnějších sulfidech z rudních pásem v s. části kutnohorského revíru (především Hlavní žíly Staročeského pásma, Turkaňského a Grunteckého pásma) byly rozšířeny znalosti o geochemickém charakteru kyzově polymetallického zrudnění ložiska Kutná Hora.

V práci je uvedeno rozpětí jednotlivých mikroelementů a jsou vypočteny průměrné hodnoty (\bar{x} a x). V širším rozsahu byl sledován arzenopyrit, chalkopyrit, pyrhotin, pyrit a sfalerit, v menším rozsahu galenit a orientačně berthierit a gudmundit.

Na základě dosažených výsledků je analyzován způsob vazby mikroelementů v jednotlivých sulfidech. Rovněž je zhodnocen ekonomický význam sledovaných mikroelementů.

K tisku doporučil V. Hoffman

Literatura

- Babčan, J. - Blüml, A. - Kurendová, J. - Tacl, A. (1967): The geochemistry of selenium, indium and cobalt in the deposit at Tisová u Kraslic (N-W Bohemia). — Geochemie v Československu. Sbor. prací 1. geochemické konference v Ostravě 1965. Ostrava.

- Badalov, S. T. - Povarenných, A. S. (1967): O formách vchoždenija elementov-prímesej v sulfidy. — Mineral. Sbor., 21, 67—74. Evov.
- Fleischer, M. (1955): Minor elements in some sulfide minerals. — Econ. Geol., 50, 970—1024. New Haven.
- Hak, J. - Trdlička, Z. - Litomiský, J. (1964): Chemismus sfaleritu z Rejského pásma u Kutné Hory. — Sbor. geol. Věd, Technol. Geochem., 4, 37—61. Praha.
- Hoffman, V. - Trdlička, Z. (1981): Mineralogicko-chemický charakter kutnohorských rudních žil. — Sbor. geol. Věd, Technol. Geochem., 17, 63—105. Praha.
- Holub, M. - Hoffman, V. - Mikuš, M. - Trdlička, Z. (1982): Polymetallická mineralizace kutnohorského revíru. — Sbor. geol. Věd, ložisk. Geol. Mineral., 23, 69—123. Praha.
- Katzer, B. (1895): Rudný obvod kutnohorský. — Rozpr. Čes. Akad. Vědy Slovesn. Umění, Tř. II, 31, 1—45. Praha.
- Kissin, S. A. - Owens, D. R. (1987): Stannite and its relatives in the light of new data. — Geol. Assoc. Canada, Mineral. Assoc. Canada. Saskatoon.
- Kvaček, M. (1971): Distribuce selenu v sulfidech Českého masívu. — MS Úst. nerost. surovin, Kutná Hora.
- Kvaček, M. (1978): Distribuce stopových prvků v Cu-koncentrátech ze Staročeského pásma v Kutné Hoře. — MS Úst. nerost. surovin. Kutná Hora.
- Kvaček, M. (1979): Distribuce stopových a vzácných prvků v rudách a produktech úpravy ze Staročeského pásma v Kutné Hoře. — MS Úst. nerost. surovin. Kutná Hora.
- Kvaček, M. - Malec, J. - Novák, F. (1987): Hloubkový metalogenetický výzkum Českého masívu. — MS Úst. nerost. surovin. Kutná Hora.
- Novák, F. - Kvaček, M. (1964): Geochemie sfaleritu z Turkaňského pásma v kutnohorském rudním obvodu. — Sbor. geol. Věd, Technol. Geochem., 4, 7—35. Praha.

Geochemical characteristic of sulfides of the northern part of the Kutná Hora ore district

(Summary of the Czech text)

Milan Kvaček

Received July 27, 1987

By the detailed investigation of contents of selected microelements in sulfides of frequent occurrence in the northern part of the Kutná Hora ore district (esp. in the Hlavní žíla vein of the Staročeské pásmo zone, Turkaňské pásmo zone and Gruntecké pásmo zone) knowledge of geochemical character of polymetallic mineralization of the Kutná Hora deposit was extended.

In the paper the range of particular microelements is given and average values (\bar{x} and x) are calculated. Arsenopyrite, chalcopyrite, pyrrhotite, pyrite and sphalerite were investigated more thoroughly than galenite; berthierite was investigated only orientationally. On the basis of the results the type of microelement bonding in individual sulfides is discussed.

Economic value of the investigated microelements is also discussed. Ag, present in common sulfides (i.e. arsenopyrite, chalcopyrite, pyrrhotite, pyrite and sphalerite), is contained frequently in hundreds, sometimes over 1 000 ppm, and is considered to be the most important and the most characteristic element of the Kutná Hora district. The highest contents of Ag (usually X 000 ppm in order) are present in a relatively rare galenite.

Common sulfides as concentrators of Ag are present in individual zones in the following order (according to increasing contents of Ag):
Turkaňské pásmo zone: pyrrhotite-pyrite, arsenopyrite-sphalerite
Staročeské pásmo zone (Hlavní žíla vein): pyrite, pyrrhotite-arsenopyrite, sphalerite-chalcopyrite
Gruntecké pásmo zone: pyrite-sphalerite.

Cd (collector sphalerite) and In (main collector sphalerite, concentrators chalcopyrite and probably stannite) are further economically important microelements of the Kutná Hora ore district.

Přeložila H. Voljová

Explanation of tables

- Table 1. Microelement contents in arsenopyrite (in ppm).
Table 2. Microelement contents in galenite (in ppm).
Table 3. Microelement contents in chalcopyrite (in ppm).
Table 4. Microelement contents in concentrates of the Hlavní žíla vein of the Staročeské pásmo zone (in ppm).
Table 5. Microelement contents in pyrrhotite (in ppm).
Table 6. Microelement contents in pyrite (in ppm).
Table 7. Microelement contents in sphalerite (in ppm).

To all tables: \bar{x} — arithmetic mean, x — median.

Геохимическая характеристика сульфидов из северной части Кутногорского рудного района

В представленной работе подытожены результаты изучения распределения микроэлементов из некоторых рудных жил в северной части Кутногорского рудного района. На основании результатов спектральных, химических и радиохимических анализов выбранных элементов приводятся предельные и средние величины их содержания в отдельных минералах, обсуждаются их связь и экономическое значение.

Přeložil A. Kříž