

STOPOVÉ PRVKY V UHELNÝCH A NEUHELNÝCH SEDIMENTECH SEVEROČESKÉ PÁNVE A ZEMINÁCH REKULTIVOVANÝCH LOKALIT

MARCELA ŠAFÁŘOVÁ a MICHAL ŘEHOR

*Výzkumný ústav pro hnědé uhlí, a.s., Budovatelů 2830,
434 37 Most
safarova@vuhu.cz; rehor@vuhu.cz*

Došlo 12.1.05, přepracováno 23.5.05, přijato 30.6.05.

Klíčová slova: stopové prvky, uhlí, atomová absorpční
spektrometrie, plamenová technika

Úvod

Z hlediska ochrany životního prostředí jsou důležité stopové prvky, jejichž sloučeniny mohou být hodnoceny jako toxické již při velmi nízkých koncentracích. Emise těchto prvků jsou spjaty s některými průmyslovými odvětvími, zejména pak se spalováním uhlí v energetických a teplárenských zdrojích. Uhlí je tedy jedním ze zdrojů přenosu stopových prvků do životního prostředí. Protože spotřeba uhlí je velká, je třeba s ním i při relativně malém obsahu stopových prvků počítat. Zájmy ochrany životního prostředí vyžadují, aby průmyslové emise stopových prvků byly minimalizovány. Prvním krokem k řešení je získání informací o obsahu, původu a vazbách stopových prvků v uhlí.

Druhým zdrojem úniku stopových prvků jsou pak skrývkové zeminy. Obsah stopových prvků v jednotlivých typech skrývkových zemin povrchových dolů severočeské hnědouhelné pánve je dosud poměrně málo zmapován. Avšak opominutí této problematiky při plánování rekultivačních prací by mohlo způsobit škody, jejichž náprava v budoucnu by byla velmi obtížná.

Původ stopových prvků v uhlí

Stopové prvky mohly být akumulovány v uhlí v průběhu růstu rostlin, rozkladu rostlinné matrice, mineralizace a také ve stadiu sedimentace¹. Vazby těchto prvků v uhlí jsou složité. Každý prvek se pravděpodobně vyskytuje v několika různých formách podobně jako síra (síra pyritická, organická, síranová), přičemž každá forma představuje jiný typ chemické vazby. Výskyt stopových prvků v různých formách je ovlivněn několika faktory. V první řadě je to primární forma, v jaké se prvek dostával do třetího uhlího močálu (v organické hmotě,

v podobě klastických prachových částic, v roztoku apod.), ve druhé řadě pak jsou to chemické procesy, které probíhaly při přeměně organické hmoty na rašelinu a uhlí, a při kterých mohlo docházet ke změně chemických vazeb. Dalším faktorem jsou procesy probíhající v uhlí v průběhu diagenese (procesy, probíhající v sedimentu po jeho uložení a před jeho zpevněním), kdy mohlo docházet k mobilizaci prvku a jeho zpětnému vysrážení za možné dotace prvky z podzemních vod, prolínajících uhelnou slojí. Posledním faktorem jsou procesy probíhající při zvětrávání uhelné slaje, kdy může docházet ke změně chemické vazby.

Původ stopových prvků ve skrývkových horninách

Jednoznačné určení zdrojů stopových prvků v horninách severočeské pánve představuje velmi náročný úkol. Pro vytypování potenciálně nebezpečných hornin je však třeba vzít v úvahu pravděpodobné zdroje kontaminace. Na základě studia starších prací^{2,3} jsou uvažovány jako významné následující zdroje stopových prvků. Prvním z nich je přenos toxických látek vznikajících při spalování uhlí z atmosféry do pedosféry. V podmínkách zdejší průmyslové aglomerace jde o logický a jednoznačný zdroj. Uplatňuje se však pouze při povrchu terénu a zatím zjištěné koncentrace nejsou příliš významné. V oblasti severočeské pánve tvoří významný zdroj stopových prvků procesy vyluhování při skladování produktů spalování uhlí. Kontaminace stopovými prvky je však vázána na poměrně blízké okolí skládky, v poslední době jsou však bezpečnostní opatření při zakládání skládek na takové úrovni, že nebezpečí kontaminace okolí je velmi malé. Pravděpodobně nejvýznamnějším zdrojem stopových prvků v zeminách určených pro rekultivační účely je přítomnost uhelné hmoty a na ní vázaných minerálů (např. sulfidů železa). Tento fakt je třeba vzít v úvahu při plánování rekultivačních prací. Zvýšené obsahy stopových prvků v horninách rekultivovaných lokalit severočeské pánve mohou mít původ i v materiálech používaných pro zlepšení rekultivační využitelnosti zájmových ploch. V úvahu přicházejí zejména slínovce, spraše, bentonity, celulosové kaly a některá hnojiva. Potenciálně by mohlo jít o velmi významný zdroj stopových prvků.

Splachy z metamorfovaných hornin Krušných hor se projevují pouze místně na některých lokalitách v blízkosti svahů Krušných hor a jejich vliv na znečištění těžkými kovy není zcela jednoznačně prokázán. V určitých oblastech (např. v sedimentech Komořanského jezera) je však zvýšený obsah stopových prvků jiným způsobem velmi obtížně vysvětlitelný.

Terciérní vulkanismus se v období ukládání skrývkových hornin uplatňoval jen místně a na distribuci stopových prvků má pravděpodobně jen malý vliv. Vulkanického původu je patrně tzv. „crandallitový proplástek“ (poloha v nadložním souvrství o mocnosti cca 0,3 m) zjištěný především na dole Libouš. Je tvořen minerály crandallitové řady s obsahem 2–4 % ba-

rya a stroncia (goerceixit $\text{BaAl}_3(\text{PO}_4)(\text{PO}_3\text{OH})\text{OH}_6$ a goyazit $\text{SrAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$).

Experimentální část

Získávání vzorků

Obsah stopových prvků byl stanoven u souboru cca 600 uhelných vzorků severočeské hnědouhelné pánve, jejichž odběr byl prováděn z vrtných jader (vzorek horniny ve tvaru válce získaný jádrovým vrtáním) v rámci geologického průzkumu realizovaného na jednotlivých těžebních lokalitách (Doly Bílina, Doly Nástup Tušimice, Velkolom Československé armády, Lom Vršany) v letech 1995 až 2004. Při odběru vzorků skrývkových hornin a rekultivačně využitelných zemin byly zohledněny všechny významnější lokality severočeské pánve, mezi které se řadí výsypka Radovesice jako nejrozsáhlejší výsypka v ČR rekultivovaná aplikací slínu, výsypka Střimice (aplikace bentonitu) a výsypky Růžodol, Václav, Fučík, Jirásek a Březno s přímou biologickou rekultivací. Důraz byl kladen zejména na to, aby byly prověřeny všechny horninové typy rekultivovaných lokalit a všechny využívané antropogenní profily s aplikací všech dostupných zúrodnitelných zemin. Srovnávací lokalitou je lokalita Koštice se zemědělsky využívanou půdou.

Mineralizace vzorků

Vzorky uhlí byly mineralizovány v mikrovlnné peci Milestone 1200 MEGA roztokem koncentrovaných kyselin HNO_3 , HClO_4 a HF (4+1+1). Rozklad vzorku hornin a zemin byl proveden lučavkou královskou v souladu s vyhláškou MŽP ČR č. 13/1994 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu.

Analytické metody

Stopové prvky byly stanoveny metodou atomové absorpční spektrometrie (AAS) na přístrojích Varian SpectrAA-300A a SpectrAA 220. Stanovení As a Se bylo provedeno hydridovou technikou, stanovení Co, Cu, Ni, Zn, Cr a V plamenovou technikou, a to jak v plameni acetylén-vzduch (Co, Cu, Zn), tak v plameni acetylén-oxid dusný (Cr, Ni, V) a Pb bylo stanoveno elektrotermickou atomizací (ETA). Stanovení Hg bylo provedeno na jednoúčelovém atomovém absorpčním spektrometru AMA 254. Postup mineralizace a stanovení stopových prvků byl ověřen analýzou certifikovaných referenčních materiálů.

Obsah popela, celkové síry a forem síry (pyritová, síranová, organická) v uhlí byl stanoven v souladu s platnými technickými normami pro tuhá paliva (ČSN 44 1378 Tuhá paliva. Stanovení popela, ČSN 44 1379 Tuhá paliva. Stanovení veškeré síry metodou Eschka, ČSN ISO 157 Tuhá paliva. Stanovení forem síry).

Orientační obsahy hlavních minerálů v uhlí byly zjištěny metodou RTG difraktometrie na přístroji Siemens D5000.

Výsledky a diskuse

Postup zpracování výsledků

Průměrné, minimální a maximální koncentrace stopových prvků nalezené ve vzorcích hnědého uhlí jsou přehledně uvedeny v tabulce I. Průměrný obsah stopových prvků charakterizujících aktuální lokalitu severočeské pánve rekultivované s využitím všech dostupných zúrodnitelných hornin uvádí tabulka II.

Výsledky analýz byly zpracovány statisticky⁴. Byly hodnoceny závislosti každého stopového prvku na obsahu popela (A^d), obsahu celkové síry, případně jednotlivých forem síry a na obsahu dalších prvků, pokud se tyto závislosti daly z chemického hlediska předpokládat na základě chemických vlastností stopového prvku (na jeho postavení v periodické tabulce prvků, na schopnosti tvorby určitých chemických sloučenin, na převládajícím typu chemické vazby atd.). K popisu vzájemných závislostí byla použita obecná rovnice přímky (jednoduchá lineární regrese). Byl zjišťován korelační koeficient R jako míra lineární závislosti mezi obsahem jednotlivých stopových prvků a obsahem popela, síry, příp. forem síry. Závislost je tím těsnější, čím více se R blíží k hodnotě 1. K prokázání korelace bylo použito jednoduchých kritérií:

- nevýznamná korelace (velmi volný vztah) $R < 0,4$
- významná korelace (prokázáný vztah) $0,4 < R < 0,85$
- silná korelace (velmi těsný vztah) $0,85 < R < 1$

Dále byly zkoumány vazby vybraných stopových prvků na nejvýznamnější minerály vyskytující se v popelovinách uhelné hmoty. U 30 vzorků uhelných jílovců a uhlí byly zjištěny obsahy vybraných stopových prvků a metodou RTG difraktometrie orientační obsahy hlavních minerálů. Možné vazby některých prvků k minerální matici popela běžného složení (kaolinit, illit, křemen, siderit, pyrit, sádrovec) byly studovány na základě závislosti mezi obsahy prvků a intenzitami vybraných difrakčních linií jednotlivých minerálů. Významnější souvislost byla nale-

Tabulka I

Obsah stopových prvků v severočeském hnědém uhlí

Prvek	Obsah stopových prvků [mg kg ⁻¹]		
	průměr	minimum	maximum
As	14,6	0,1	1290
Cu	34	5	208
Ni	41	1	280
Pb	13,6	< 0,05	74,5
Hg	0,26	0,03	1,84
Co	14,6	2	109
Zn	60	1	329
Cr	55	9	133
Se	3,07	< 0,1	9,6
V	102	15	435

Tabulka II
Průměrný obsah vybraných stopových prvků ve skrývkových horninách

Lokalita odběru vzorků	Obsah stopových prvků [mg kg ⁻¹]									
	Cu	Zn	Hg	Pb	As	V	Se	Cr	Co	Ni
Střimice	4,8	9,6	0,003	0,05	3,64	101	4,1	2,1	4,4	4,2
Růžodol	7,5	5,7	–	0,05	4,77	123	6,1	3,0	4,9	2,5
Václav	5,5	9,3	0,005	0,05	4,11	218	11,5	3,5	3,8	1,3
Fučík	6,7	13,7	0,009	0,07	3,92	26	17,2	4,5	3,6	0,1
Radovesice	4,9	11,0	0,005	0,10	2,75	20	11,2	1,8	2,6	5,6
Jirásek	6,0	24	0,005	0,05	7,2	46	6,5	2,5	3,7	0,1
Březno	3,2	7,7	–	0,45	3,25	7,5	7,1	3,5	1,8	3,3
Radovesice	3,9	8,2	0,005	0,09	3,14	16	13,3	3,9	2,1	2,9
Košnice	4,3	8,5	0,004	0,37	5,83	63	2,1	1,8	2,4	2,6

zena mezi jílovými minerály (především kaolinitem) a prvky Cr, Cu, V a Zn. Zajímavý je náznak vazby Cr na křemen v případném komplexu kaolinit – křemen – Cr. Výrazná souvislost byla zjištěna mezi přítomností sideritu a obsahem Mn.

Arzen

Arzen se jako výrazně chalkofilní prvek v přírodě vyskytuje hlavně ve formě siričných sloučenin. Je pro něj charakteristická výrazná vazba na železo, o čemž svědčí i tvorba nejrozšířenějšího minerálu arzenopyritu FeAsS. Dalšími minerály arzeny jsou auripigment As₂S₃, realgar As₄S₄ a arzenidy některých kovů (např. nikelin NiAs). V severočeské hnědouhelné pánvi byly popsány realgar a auripigment, vznikající patrně následně ze sulfidů s příměsí arzeny. Sírniky arzeny a arseničnany se celkem běžně vyskytují v krystaliniku Krušných hor⁵. Koncentrace arzeny nalezené ve vzorcích severočeského uhlí jsou v širokém rozmezí hodnot od desetin mg kg⁻¹ do několika set mg kg⁻¹, průměrný obsah je 14,6 mg kg⁻¹. Prokázané závislosti obsahu arzeny na obsahu síry dokládají, že se v převážné míře vyskytuje v uhlí jako příměs v sulfidech železa. Korelační koeficient *R* uvedené závislosti má hodnotu 0,67, resp. 0,63 pro závislost arzeny na pyritové síře. Zajímavé skutečnosti vyplynuly z hodnocení závislosti obsahu arzeny na obsahu selenu s korelačním koeficientem *R* = 0,54, které ukazují na jejich vzájemnou vazbu. Tuto skutečnost lze vysvětlit tím, že atom selenu je chemicky velmi podobný atomu síry (má podobné vazbové možnosti vzhledem k analogické elektronové konfiguraci valenční vrstvy) a podobně jako síra může vystupovat jako donor v koordinačních sloučeninách.

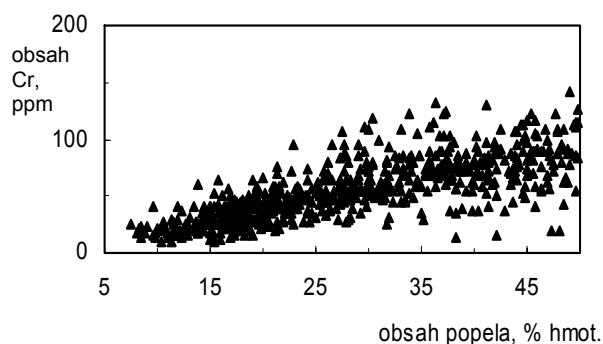
Chrom

Chrom se vyskytuje v zemské kůře hlavně jako minerál chromit FeCr₂O₄. V severočeské hnědouhelné pánvi nebyly minerály chromu popsány. Jedinou výjimkou je

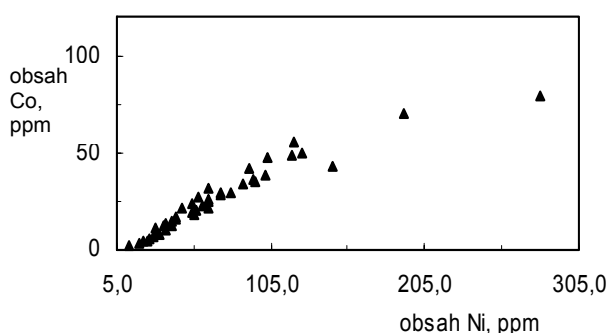
lokalita Ahníkov v předpolí dolu Merkur, kde byla zjištěna zrna hořečnaté varianty chromitu o velikosti cca 1 cm v druhotně prokřemenělé ultrabazické hornině⁶. Průměrný obsah chromu v analyzovaných vzorcích severočeského hnědého uhlí je 55 mg kg⁻¹. Dále byly ověřovány závislosti obsahu chromu na obsahu popela a na obsahu dalších stopových prvků. Z provedených statistických výpočtů vyplývá výrazná závislost obsahu chromu na obsahu popela (viz. obr. 1) s korelačním koeficientem *R* = 0,7. Z této skutečnosti vyplývá, že chrom je přednostně vázán na anorganickou hmotu uhlí, tj. popeloviny.

Kobalt

Kobalt se v přírodě vyskytuje v minerálech arzeny, síry, selenu a nejčastěji železa. Příkladem může být pentlandit (Fe,Ni)₉S₈, kobaltin CoAsS a smaltin CoAs₂. V severočeské hnědouhelné pánvi nebyly minerály kobaltu popsány. Průměrný obsah kobaltu v analyzovaných vzorcích severočeského hnědého uhlí je 14,6 mg kg⁻¹. Z hlediska vazebných vlastností se kobalt projevuje jako typic-



Obr. 1. Závislost obsahu Cr na obsahu popela



Obr. 2. Závislost obsahu kobaltu na obsahu niklu

ký přechodný kov, jeho vazba s jinými prvky má převládající kovalentní charakter a kobalt tvoří velký počet různých komplexních sloučenin. Na základě těchto skutečností byly sledovány možné vazby kobaltu na popel, síru a další stopové prvky, hlavně chalkofilní. Byla prokázána nevýrazná závislost obsahu kobaltu na obsahu celkové síry s korelačním koeficientem $R = 0,49$ a na obsahu síry pyritové s $R = 0,52$. Lze usuzovat, že kobalt v uhlí je vázán jako chalkofilní prvek na síru, a to převážně na síru pyritovou. Vzhledem k chemické podobnosti kobaltu s niklem byla sledována závislost obsahu kobaltu na obsahu niklu. Z provedených statistických výpočtů vyplývá, že existuje závislost kobaltu na niklu s korelačním koeficientem $R = 0,64$ (viz. obr. 2).

Měď

Měď se v přírodě nachází ve formě minerálů, hlavně ve sloučeninách se sírou, neboť je prvkem výrazně chalkofilním. Mezi nejrozšířenější minerály patří kovelín CuS , chalkozín Cu_2S , chalkopyrit CuFeS_2 a bornit Cu_3FeS_3 . Vyskytuje se také v podobě oxidů a hydroxyuhlíčanů, příkladem je kuprit Cu_2O , malachit $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$ a azurit $2 \cdot \text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$. Minerály mědi poměrně snadno podléhají zvětrávání a dochází tak k uvolňování iontů mědi, zejména v kyselém prostředí. V severočeské hnědouhelné pánvi nebyly minerály mědi popsány. Průměrný obsah mědi v analyzovaných vzorcích severočeského hnědého uhlí je 34 mg kg^{-1} . V rámci práce byla ověřována závislost obsahu mědi na obsahu popela a celkové síry. Bylo zjištěno, že existuje závislost obsahu mědi na popelu s korelačním koeficientem $R = 0,67$. I když se všeobecně předpokládá, že měď jako chalkofilní prvek se bude vázat hlavně se sírou, tato závislost nebyla prokázána.

Nikl

Nikl jako prvek výrazně chalkofilní se v podobě minerálů nejčastěji vyskytuje se sírou, arzenem a antimonem, např. pentlandit $(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$, gersdorfit NiAsS . Často také nahrazuje železo ve sloučeninách sedimentů a může být

také sorbován na povrchu karbonátů, fosfátů a silikátů. V severočeské hnědouhelné pánvi minerály niklu nebyly popsány. Průměrný obsah niklu v analyzovaných vzorcích severočeského hnědého uhlí je 41 mg kg^{-1} . V rámci práce byly ověřovány vazby niklu na síru a další stopové prvky, hlavně chalkofilní. Byla prokázána výrazná závislost obsahu niklu na obsahu celkové síry s korelačním koeficientem $R = 0,77$ a na obsahu selenu s $R = 0,83$, z nichž lze usuzovat, že nikl v uhlí je vázán jako chalkofilní prvek na síru a příp. selen.

Olovo

Hlavní formou výskytu tohoto chalkofilního prvku v zemské kůře je galenit PbS . Anglezit PbSO_4 a ceruzit PbCO_3 jsou sekundární nerosty vznikající zvětráváním galenitu. V severočeské hnědouhelné pánvi nebyly minerály olova popsány. Zjištěný průměrný obsah olova ve vzorcích uhlí je $13,6 \text{ mg kg}^{-1}$. Dále byly ověřovány vazby olova na síru, popel a další stopové prvky, hlavně chalkofilní. Výpočty byla prokázána závislost obsahu olova na obsahu popela s korelačním koeficientem $R = 0,65$. Závislost olova na síře nebyla prokázána. Olovo v uhlí je tedy převážně vázáno na popel, tj. anorganickou matici uhlí.

Rtuť

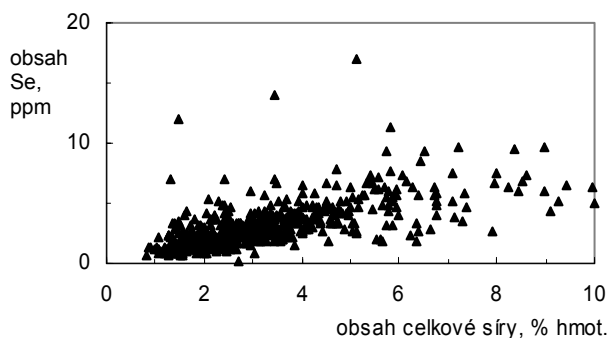
Nejčastěji se vyskytuje jako sulfid cinabarit HgS . V severočeské hnědouhelné pánvi nebyly minerály rtuti popsány. Průměrný obsah rtuti v analyzovaných vzorcích uhlí je $0,26 \text{ mg kg}^{-1}$. Z hodnocení výsledků obsahu rtuti v uhlí vyplývá, že rtuť je vázána převážně na síru, závislost má korelační koeficient $R = 0,55$.

Zinek

Nejčastěji se vyskytuje jako minerál sfalerit ZnS , také se může vyskytovat jako uhlíčan smithsonit ZnCO_3 a oxid zinkit ZnO . V severočeské hnědouhelné pánvi nebyly minerály olova popsány. Jedinou výjimkou je zatím nález sfaleritu v ploché pelokarbonátové konkreci při bázi uhelné sloje na dole Bílina⁷. Minerál zde tvoří jednotlivé černé krystaly o velikosti 1 mm. Průměrný obsah zinku v analyzovaných vzorcích severočeského hnědého uhlí je 60 mg kg^{-1} . V rámci práce byly sledovány vazby zinku na síru, popel a další stopové prvky. Výpočty byla prokázána závislost obsahu zinku na obsahu popela s korelačním koeficientem $R = 0,50$. Závislost zinku na síře nebyla prokázána. Zinek v uhlí je tedy převážně vázán na anorganickou matici uhlí.

Selen

Selen je svými vlastnostmi velmi podobný síře a také jí v přírodě velmi často doprovází. Většina minerálů obsahuje selen ve formě selenidů, jako jsou např. clausenthalit PbSe a berzelianit Cu_2Se . V severočeské hnědouhelné pánvi nebyly minerály selenu popsány. Průměrný obsah



Obr. 3. Závislost obsahu selenu na obsahu síry

selenu ve vzorcích severočeského uhlí je $3,07 \text{ mg kg}^{-1}$. Byly ověřovány možné vazby selenu na síru a další, hlavně chalkofilní stopové prvky. Byla prokázána výrazná závislost obsahu selenu na obsahu celkové síry s korelačním koeficientem $R = 0,63$ (viz. obr. 3) a dále na obsahu kobaltu, niklu a arzenu, které byly již diskutovány.

Vanad

Vyskytuje se pouze rozptýlený a to v podobě asi 60 minerálů, z nichž nejdůležitějším je polysulfid patronit VS_4 . Obvykle netvoří vlastní minerály, ale nahrazuje jiné atomy (hlavně železa, titanu, hliníku) v krystalových mřížkách. V severočeské hnědouhelné pánvi nebyly minerály vanadu popsány. Bylo zjištěno, že průměrný obsah vanadu ve vzorcích severočeského uhlí je 102 mg kg^{-1} . Dále bylo prokázáno, že existuje závislost vanadu na popelu s korelačním koeficientem $R = 0,54$. Z provedených prací vyplývá, že vanad je přednostně vázán na popeloviny uhlí.

Závěr

Z hodnocení výsledků provedených analýz vzorků hnědého uhlí ze severočeské pánve je zřejmé, že prvky Cu, Cr, Pb, V, Zn se přednostně vážou na anorganickou matici (popeloviny) uhlí a prvky As, Co, Ni, Hg, Se se přednostně vážou na sloučeniny síry.

Na základě výsledků analýz skrývkových hornin a rekultivačních aditiv lze konstatovat, že koncentrace rizikových stopových prvků na rekultivovaných lokalitách severočeské pánve nedosahují limitních hodnot dle vyhlá-

ky MŽP č. 13/1994 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu. Pozitivním zjištěním je rovněž fakt, že ve slínovcích, bentonitech a spraších využívaných pro úpravu svrchního horizontu rekultivovaných lokalit nebyly zjištěny zvýšené obsahy stopových prvků. Zjištěné koncentrace jsou zcela srovnatelné s výsledky kontrolních odběrů na zemědělsky využívaných půdách lounské oblasti.

Autoři děkují Ministerstvu školství, mládeže a tělovýchovy ČR za finanční podporu v rámci výzkumného záměru MSM 4456918101.

LITERATURA

1. Bouška V., Jakeš P., Pačes T., Pokorný J.: *Geochemie*. Academia, Praha 1980.
2. Šefrna L.: *Výzkumná zpráva Rizikové prvky v půdách severočeské hnědouhelné pánve a přilehlé části Krušných hor*. Landinfo, Praha 1994.
3. Kozák J.: *Antropozemě výsypek dolu Bílina*. Pedologická studie. Česká zemědělská univerzita, Praha 1996
4. Eckschlager K., Doerffel K.: *Optimální postup chemické analýzy*. SNTL, Praha 1985.
5. Bouška V., Dvořák Z.: *Nerosty severočeské hnědouhelné pánve*. Nakladatelství Dick, 1997.
6. Dvořák Z., Řehoř M.: Bulletin mineralogicko-petrografického oddělení Národního muzea v Praze 4-5, 183 (1997).
7. Dvořák Z.: Bulletin mineralogicko-petrografického oddělení Národního muzea v Praze 6, 70 (1998).
8. Šafářová M., Řehoř M., Lang T., Novák V.: *8th Conference on Environment and Mining Processing, 24.–26.6.2004, Ostrava*. (Fečko Peter, ed.), díl 1, str. 313. VŠB-TU, Ostrava 2004.

M. Šafářová and M. Řehoř (*Brown Coal Research Institute, Most*): **Trace Elements in Coal and Non-coal Sediments from the North Bohemian Brown Coal Basin and in Soils from Recultivated Localities**

Selected trace elements were determined in brown coal and spoil rocks by AAS. The analyses show the preferential modes of bonding of trace elements in coal. The trace element contents in spoil rocks do not exceed the legal limits.