

## TOXICITA ORTUTI

Jana DADOVÁ - Miroslav RUSKO - Jozef KRŇÁČ - Ján DUBIEL

## TOXICITY OF MERCURY

### Abstrakt

Ortuť patrí ku kovom, ktoré človek spoznal už v staroveku. V prírode sa vyskytuje predovšetkým v sulfide cinabarite (HgS). Nazámejšími ložiskami ortuti sú Almaden, Idria, Mt. Amiata a Malachov. Využitie ortuti je značne rozmanité. Využíva sa nielen v priemysle ale aj v lekárstve. Ortuť má toxické účinky na rastlinstvo, živočíšstvo i človeka. Najtoxickejšie účinky majú organické formy Hg. Nie je jednoznačne stanovené či je karcinogénna.

**Kľúčové slová:** ortuť, cinabarit, ložiská, výskyt, toxicita

### Abstract

The mercury belongs to the metals which people discovered even in Archaean times. It occurs in the environment mostly in form of sulphide cinnabarite HgS. The utilisation of mercury is very variable. It is used in industry but also in medicine. The mercury is very toxic for plants, animals and people. The most toxic are the organic forms of Hg. The carcinogenicity of Hg is not clear.

**Key words:** mercury, cinnabarite, deposits, occurrence, toxicity

### Úvod

Ortuť patrí k najdlhšie známym kovom. Poznali ju už 500 rokov pr. Kr. Feničania, Gréci, Kartáginci i Rimania. Je to striebrolesklá kvapalina, ktorá sa vyparuje už pri laboratórnej teplote vo forme jedovatých pár. Ortuť má sklon vytvárať silné väzby so sírou a vytvárať organické zlúčeniny, ktoré sú pomerne stabilné vo vode (Polański a Smulikowski, 1978). Kyslé i bázické magmatické horniny obsahujú 0,08 – 0,09 g.t<sup>-1</sup> Hg. V ílovitých horninách sa zistili asi päťnásobne vyššie koncentrácie (0,4 g.t<sup>-1</sup>), zatiaľ čo pieskovce a karbonáty sú na Hg chudobné (0,03 – 0,04 g.t<sup>-1</sup> Hg; Turekian a Wedepohl in Polański a Smulikowski, 1978).

**Výskyt v prírode** Ortuť vystupuje v prírodnom prostredí v oxidačných stupňoch 0, +1 a +2, dominantnou formou je Hg<sup>2+</sup> (Kabata-Pendias a Pendias, 1992). Jej hlavným minerálom je sulfid HgS – cinabarit. V nepatnom množstve je Hg v cinabarite prítomná aj v elementárnej forme, rozptýlená ako drobné kvapky Hg<sup>0</sup> (napríklad v bituminóznych bridliciach Idrie). Okrem toho sa hojne vyskytuje v tetraedrite, predovšetkým v jeho Hg-odrode schwartzite 3(Cu<sub>2</sub>HgS).Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>. Vo vulkanických ložiskách sa dá niekedy nájsť aj telurid koloradoit – HgTe alebo selenid tiemannit HgSe, onofrit Hg(S,Se), coccinit Hg<sub>2</sub>J<sub>2</sub> a napokon aj amalgámy Ag a Au (Polański a Smulikowski, 1978). V prechodných rudných formáciách možno niekedy nájsť aj zdriedkavý Hg-tetraedrit (spaniolit) alebo livingstonit HgSb<sub>4</sub>S<sub>8</sub>. Pri ich degradácii vzniká cinabarit. Drobné prímеси Hg bývajú prítomné aj v sulfidoch iných kovov, najmä však vo sfalerite ZnS, ktoré kryštalizujú pri nízkych teplotách (Polański a Smulikowski, 1978).

V životnom prostredí nie je kovová Hg veľmi pohyblivá a má tendenciu usadzovať sa na dne riek a jazier. Jej pohyblivosť ovplyvňuje typ sedimentov, najmä veľkosť ich častíc a fyzikálno-chemické parametre ako pH a Eh. Oxidácia kovovej Hg nastáva približne pri Eh >390 mV a to postupne na Hg<sub>2</sub><sup>2+</sup> a Hg<sup>2+</sup> ión (Greenwood a Earnshaw, 1990). Hg ióny sú slabo adsorbovateľné na ílové minerály. V pôde vystupuje najmä vo forme slabo mobilných organokomplexov. Prítomnosť nadbytku iónu Cl<sup>-</sup> spôsobuje tvorbu veľmi stabilných Hg-Cl komplexov, čím sa znižuje jej sorpcia na minerálne častice a organickú hmotu (Kabata-Pendias a Pendias, 1992). Najvyššie koncentrácie Hg sú v oblastiach Hg-baní. Tak napríklad vo vzorkách pôd a hornín z okolia baní Red Devil a Cinnabar Creek na Aljaške sa zistilo až 3,250 µg/g Hg a 114 µg.g<sup>-1</sup> Hg<sup>2+</sup> a 40,9 ng/g MeHg (Bailey et al., 2001).

Potenciálne najproblematickejším aspektom je metylácia elementárnej Hg<sup>0</sup> alebo sulfidu HgS (abiotická aj ovplyvnená mikroorganizmami) z banskej ťažby na organické zlúčeniny, pretože Hg sa veľmi dobre viaže na organickú hmotu. Táto forma Hg môže byť potom biologicky metanogénnymi baktériami transformovaná na jednu z najrozpusťnejších a najtoxickejších zlúčenín Hg – metylortuť CH<sub>3</sub>Hg<sup>+</sup> (Virčíková a Pálffy, 1997; Kafka a Puncóhárová, 2002), preniká do vodných systémov, intoxikuje vodné organizmy a ich prostredníctvom následne celý okolitý ekosystém.

V sladkých vodách je hlavnou metylovanou formou CH<sub>3</sub>HgOH a v slanej vode je to CH<sub>3</sub>HgCl (Moore a Ramamoorthy, 1984). Metylovaná Hg (metylortuť CH<sub>3</sub>Hg<sup>+</sup>) je ľahko mobilná a kontaminuje rastliny. Mikroorganizmy môžu spôsobiť redukciu Hg<sup>2+</sup> na Hg<sup>0</sup>, čo spôsobuje prchanie Hg z pôdy (Kabata-Pendias a Pendias, 1992). Dominantný anorganický druh Hg v sladkých vodách je Hg(OH)<sub>2</sub> (Moore a Ramamoorthy, 1984). Speciáciu Hg vo vodných systémoch obzvlášť ovplyvňujú chloridy a sulfidy. V acidnom a oxidačnom prostredí prevládajú chloridy, v alkalickom oxidačnom prostredí sú to najmä oxidy a hydroxidy a v redukčnom prostredí sú dominantné sulfidy. V alkalickom prostredí sa rozpustnosť HgS zvyšuje tvorbou komplexného aniónu [HgS<sub>2</sub>]<sup>2-</sup> (Fergusson, 1990). Hg vytvára stabilné komplexy s rôznymi organickými ligandami, najmä s tými, ktoré obsahujú ligandy ako cisteín, aminokyseliny a hydroxylovo-karboxylové kyseliny.

Vyššie koncentrácie metylortuti boli zistené v humídnych oblastiach. (Gray, 2001). Schopnosť viazať ortutnatý ión majú aj hydratované oxidy železité. Najmä hydratované oxidy Fe a Mn sú schopné viazať na seba veľké množstvá ťažkých kovov (Virčíková a Pálffy, 1997).

Obsahy Hg v pôdach kolíšu od 0,02 do 0,2 mg.kg<sup>-1</sup> (Beneš a Pabianová, 1987) a prednostne závisia od materskej horniny, na ktorej pôdy vznikli (Kolář, 1988). Priemerný obsah je 0,098 mg.kg<sup>-1</sup> (Kabata-Pendias, 1993, 2000). Limitná prípustná kontaminácia pôdy je v Nemecku stanovená na 2 mg.kg<sup>-1</sup>, kým vo Švajčiarsku je to len 1 mg.kg<sup>-1</sup> pôdy (Cibulka a kol., 1991).

Hg je v pôde zastúpený ako: a) elementárne - Hg<sup>0</sup> (prchavé s nízkou vodorozpustnosťou), b) ako Hg<sup>2+</sup>, ktoré tvorí CH<sub>3</sub> a H<sup>+</sup> zlúčeniny a vo forme kationov, ktoré sú ľahko sorbované pôdou (Hg<sup>2+</sup> sa viaže na organickú hmotu ako aj na anorganické súčasti, na ílové minerály na hydratované oxidy Fe a Mn). Hg sa z pôdy uvoľňuje hlavne sublimáciou (Kolář, 1988); z atmosféry sa potom však

často dostáva späť do pôdy zrážkami. Čistiarenské kaly zvyšujú mobilitu Hg (Hg tvorí komplexy s rozpustnými organickými zlúčeninami).

Degradácia metylortuti vo vodnom prostredí sa uskutočňuje vďaka mikrobiologickej aktivite a oxidačnými pochodmi. Pri degradácii metylortuti mikróbmi dochádza k produkcii  $Hg^{2+}$  a  $CH_4$ , kým pri oxidačnej degradácii dochádza k vzniku konečných produktov  $CO_2$ ,  $CH_4$  a  $Hg^{2+}$  (Bailey et al., 2001).

Primárnou formou atmosférickej ortuti sú výpary kovovej ortuti. Tá je oxidovaná ozónom na iné formy ( $Hg^{2+}$ ) a tie sa odstraňujú z ovzdušia precipitáciou. Hlavným zdrojom Hg imisií je praženie rúd a spaľovanie uhlia (Kafka a Puncóchárová, 2002). Mnoho Hg sa do životného prostredia uvoľňuje v zlievárňach kovov a cez ventiláciu banských priestorov. Vysoké obsahy Hg boli zaznamenané aj v okolí činných sopiek, kde sa vyskytuje predovšetkým vo forme minerálu cinabaritu - HgS (Polański a Smulikowski, 1978). Významné sú aj emanácie pozdĺž tektonických línii v zemskej kôre a hnojivá s fosfátmi ako aj hnojivá pripravované z niektorých uhličitánov. V neposlednej miere je pôda zaťažovaná Hg hnojením čistiarenskými kalmi (Ferrara et al., 2001).

Zdrojom znečistenia vôd sú odpadové vody po ťažbe a spracovaní rúd, t kožiarskeho, textilného a fotografického priemyslu, chemický priemysel, poľnohospodárstvo ako aj atmosférické zrážky znečistené exhalátmi (Melicherčík a Melicherčíková, 2010).

## Ložiská ortuti

Jediným zdrojom Hg-rúd sú teletermálne hydrotermálne apomagmatické ložiská, voľne spojené s magmatickými krbmi, hoci spravidla je ťažké určiť ich priamu genetickú spätosť s niektorou magmatickou formáciou (Polański a Smulikowski, 1978). Bývajú späté s mladým terciárnym vulkanizmom, pretože staré ložiská podľahli erózii. Mávajú úzky vzťah k zónam hlbinných zlomov. Podľa Saukova (1966) sa HgS vylučuje spočiatku v podobe čiernej, kubickej modifikácie – metacinabaritu, ktorý sa postupom času mení na stálejšiu, červenú odrodu – cinabarit. Podľa tvaru rudných telies možno rozlíšiť impregnačné a žilné ložiská. Impregnačné ložiská vznikli na kontakte priepustných a nepriepustných hornín. Rudné ložiská tvorené cinabaritom majú zvyčajne vrstevnatý alebo šošovkovitý tvar, často sa však vytvárajú aj telesá nepravidelných tvarov, ktorých hrúbka dosahuje až 40 metrov. Žilné ložiská vznikli na zlomoch, často s brekciovou výplňou (Zorkovský et al., 1972). Novšie delenie (Laznicka, 2010) rozlišuje štyri základné typy Hg ložísk:

a) Ložiská teletermálne, tvoriace hniezda, šošovky, žily a žilníky. Jediným dôležitým Hg minerálom tu býva cinabarit. Patria sem najvýznamnejšie svetové ložiská Hg Almaden (Španielsko), Idria (Slovinsko), Almaden (Kalifornia, USA) a alžírské ložiská.

b) Hydrotermálne subvulkanické ložiská, tvoriace žily, žilníky, hniezda, šošovky v neovulkanitoch. Zrudnenie je tvorené cinabaritom, metacinabaritom a elementárnou ortuťou napr. ložiská McDermitt na hranici Nevady a Oregonu - USA, ložiská v Mexiku, Peru a Chile).

c) Hydrotermálne plutonické ložiská, tvorené žilami. Rudná Hg-mineralizácia je zastúpená cinabaritom – HgS a schwazitom (Rudňany).

d) Reziduálne ložiská na karbonátoch. Jediným dôležitým Hg-minerálom tu býva cinabarit – HgS (New Almaden, Kalifornia – USA).

Svetová ťažba predstavovala roku 2008 1320 ton (Laznicka, 2010). Skoro 50 % celosvetovej produkcie Hg pochádzalo do nedávna z európskych ložísk Almaden (Španielsko) – 280 tisíc ton, Idria (Slovinsko) – 150 tisíc ton a Mt. Amiata (Taliansko) – 100 tisíc ton (Gray, 2001). Čierne uhlie obsahuje 0,8 – 1,2.10<sup>-6</sup> % Hg (Saukov, 1966; Havelka a Rozložník, 2010), dnes je však hlavným producentom ortuti Čína (800 ton). K dôležitým producentom patria aj Kyrgystan (250 ton), Peru (136 ton), Rusko (50 ton) a Tadžikistan (30 ton; Laznicka, 2010).

Spomedzi slovenských ložísk treba spomenúť aspoň Malachov, Rudňany, Memík a niekoľko baní v okolí Nižnej Slanej a Gelnici (Zorkovský et al., 1972).

## Výroba a využitie

Ortuť sa získava z cinabaritu, prípadne recykláciou starších výrobkov.

Použitie Hg je pomere rozmanité – pri elektrolytickej výrobe NaOH, Cl a kaustickej sódy ( $Na_2CO_3$ ), na amalgamáciu pri výrobe drahých kovov, v pyrotechnike na rozbušky,  $HgCN$  sa používa v galvanických kúpeľoch na pokovovanie,  $Hg_2Cl_2$  sa používa na výrobu kalomelových elektród, na plnenie teplomerov, barometrov, manometrov,  $HgCl_2$  sa používa na impregnáciu dreva, v zdravotníctve (na výrobu zubných plomb, na liečivé masti proti kožným chorobám a ekzémom (Greenwood a Earnshaw, 1993; Reimann a de Caritat, 1998).

## Toxicita ortuti

### Kontaminácia rastlín

Spomedzi chorôb, ktoré spôsobujú zvýšené obsahy Hg treba spomenúť aspoň chlorózu listov, obmedzenie rastu koreňov a spomalený rast rastlínstva. V dospelosti má vysoký obsah Hg na rastliny defoliačný účinok.

Vysokým obsahom Hg sa môžu vyznačovať aj huby, rastúce na kontaminovaných územiach (u čirovky májovej bola opísaná až koncentrácia 270 mg.kg<sup>-1</sup>) Našťastie, prevažná časť Hg v ich pletivách je v anorganickej forme (Banášová et al., 1993).

### Kontaminácia živočíchov

Hg obsiahnutá v morských sedimentoch má schopnosť sa koncentrovať v morských živočíchoch. Poradie jednotlivých zložiek podľa obsahu Hg je nasledujúce: voda, zooplanktón, zoobentos, ryby. Najväčší význam v procese kumulovania obsahu Hg má prijímanie tohto prvku v potrave. U živočíchov sa najviac Hg akumuluje v obličkách a pečeni. Najmenej Hg sa ukladá vo svalovine. Ryby ako konečný článok

potravinového reťazca vo vodnom prostredí obsahujú najvyššie koncentrácie Hg. *Vulterin a Vasilešská (1996)* opísali z Japonska hromadné otravy obyvateľstva kontaminovanými rybami, takzvanú *Minamatskú chorobu*.

Ako sa zistilo na pokusných zvieratách, toxické účinky Hg znižuje príjem Se. Hg sa viaže na Se za vzniku komplexu selenidu ortuti s bielkovinou, čím sa Hg detoxikuje (*Kafka a Prachárová (2002)*). Ak sú interakcie medzi Se a Hg a ich molárne pomery v morských produktoch významným faktorom pri odhade rizika spojeného s expozíciou Hg, hodnotenie obsahu Hg samostatne je neadekvátne. V blízkosti Havaja sa hodnotili koncentrácie Hg a Se v 15 druhoch rýb. Se sa molárne vyskytoval takmer vo všetkých rybách vo väčšom množstve, ako Hg. Hodnotenie zdravotných výhod Se založené na absolútnych množstvách a relatívnych pomeroch selénu a Hg v morských produktoch sa považuje za úplnejšie kritérium hodnotenia bezpečnosti týchto produktov (*Kaneko a Ralston, 2007*).

### Kontaminácia ľudského organizmu

Ľudský organizmus nemá mechanizmus na reguláciu Hg v tkanivách a preto má Hg schopnosť kumulovať sa v tele človeka. Všetky formy Hg sú vysoko toxické a každá z nich spôsobuje rôzne zdravotné problémy, preto jej zlučiny, najmä rozpustné vo vode ( $\text{HgCl}_2$ ) sú známe účinné látky travičov (*Melicherčík a Melicherčíková, 2010*). Elementárna  $\text{Hg}^0$  je po požití často vylúčená z organizmov bez toxického dopadu, kým pary Hg sú po vdýchnutí rýchle adsorbované do krvného obehu. Anorganické Hg zlučiny sú miere toxické, pričom zlučiny  $\text{Hg}^+$  sú menej škodlivé ako ortuťnaté zlučiny  $\text{Hg}^{2+}$ , pretože ortuťnaté zlučiny sú vo vode i v kyselinách menej rozpustné ako ortuťnaté zlučiny (*Kafka a Prachárová, 2002*). Pre človeka je vysoko toxická metylovaná ortuť (metylortuť, dimetylortuť a metylhydrargyriumhydroxid). Alkylortuťnaté a arylortuťnaté zlučiny typu  $\text{CH}_3\text{HgCl}$  alebo  $\text{C}_6\text{H}_5\text{HgCl}$  sú niekoľkonásobne toxikologickejšie ako anorganické formy ortuti. Podobne ako pary Hg, pôsobia na centrálnu nervovú sústavu (*Kolenič et al., 1998*). Intoxikáciu organizmu môže spôsobovať využívanie amalgámových výplní zubov v stomatológii.

Toxický účinok Hg a jej zlučín je prevažne daný reakciou Hg iónu s SH-skupinami biomolekúl s následnou zmenou permeability bunkových membrán a s poškodením bunkových enzýmov. Vedie k toxickým prejavom s poškodením mozgu a periférnych nervov (*Poulin a Gibb, 2008*). Akútna, ako aj chronická expozícia vysokou hladinou elementárnej Hg a metylovej Hg výrazne postihuje centrálny nervový systém (CNS). Prejavuje sa halucináciami až delíriom (elementárna Hg), resp. slepotou, hluchotou a zníženou vnímavosťou. Nižšie dávky vedú k poškodeniu nervového systému a pľúc, môžu vyvolávať únavu, podráždenosť, nespavosť, trasenie končatín a poruchy pamäti. Známe sú škodlivé efekty na gastrointestinálny trakt a respiračný systém u ľudí. Pri chronickej expozícii anorganickou ortuťou sú najviac poškodené obličky (*Poulin a Gibb, 2008*). Kovová Hg rozpustená v tuku a ortuťnaté ióny  $\text{Hg}^{2+}$  sa v organizme vstrebávajú značne rýchlo. Pomalšie sa vstrebávajú ortuťné ióny  $\text{Hg}^+$  a organické zlučiny Hg. Ortuť je nespecifický jed, poškodzuje rôzne enzýmové systémy a tkanivá. Viaže sa na albumín a hemoglobín a tým poškodzuje krvné bunky (*Kafka a Punčochárová, 2002*). Spôsobuje aj rozpad bielych krviniek a tým dochádza k úplnému oslabeniu imunitného systému, čo býva príčinou smrti. Pri otrave sú pozorované bolesti hlavy, závraty, zápal dŕasien a vypadávanie vlasov. Psychické a emočné poruchy sú charakterizované stratou vedomia, bojovnosťou, poruchami koncentrácie, podráždenosťou. Až neskôr dochádza k nejasej kôrtavej reči, k poruchám videnia, počutia, nervozite a nakoniec k ochrnutiu (*Melicherčík a Melicherčíková, 1997, 2010*).

Ako uvádzajú *Melicherčík a Melicherčíková (1997, 2010)*, zlučiny Hg sa ukladajú vo svaloch, obličkách, nervovom systéme a mozgu. Najčastejšie útočia na plod. Koncentrácia Hg býva v krvi novorodencov až o 28 % vyššia ako v tele matky. Zvlášť citlivé na Hg-zlučiny sú deti. Práve intoxikácia detí ortuťou spôsobuje vznik „ružovej choroby“, ktorá spôsobuje zvýšenú sekréciu potných žliaz, svetloplachosť a vznik charakteristickej ružovej vyrážky ako aj zdurené slezinových uzlín a odlupovanie vrchných vrstiev pokožky (*Kafka a Prachárová (2002)*).

US EPA zaradila anorganickú ortuť a metylortuť do Skupiny C – možné ľudské karcinogény – a elementárnu ortuť do Skupiny D – neklasifikované z hľadiska ľudskej karcinogenity.

### ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] Bailey, E. A., Gray, J. E. & Hines, M. E., 2001: Mercury transformations in soils near mercury mines in Alaska, USA. *RMZ-Materials and geoenvironment*. Vol. 48, No. 1, Ljubljana, 212-218
- [2] Banášová, V., Pišút, I. & Holub, Z., 1993: Kontaminácia pôd a vegetácie ortuťou a inými prvkami z exhalátov huty v Rudňanoch. *Čistota ovzdušia*, 23, 6, ISSN 0231- 6757, 267-271
- [3] Cibulka J. a kol., 1991: Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosfére. Academia, Praha 427 p.
- [4] Fergusson, J. E., 1990: The heavy metals, chemistry. Environmental impact and health effect. Pergamon Press, New Zealand, ISBN 3-936028-05-2, 614 p.
- [5] Ferrara, R., Maserti, B. E., Ceccarini, C. & Lanzillotta, E., 2001: Atmospheric mercury concentrations and emissions in mining regions. *RMZ-Materials and geoenvironment*. Vol. 48, No. 1, Ljubljana, 18-22
- [6] Gray, J. E., 2001: An overview of mercury transport, cycling, and environmental effects of mercury mining. *RMZ-Materials and geoenvironment*. Vol. 48, No. 1, Ljubljana, 2-7
- [7] Greenwood, N. N. & Eamshaw, A., 1990: *Chemie der Elemente*. Würzburg, ISBN 3-527-26169-9, 1707 p.
- [8] Havelka, J. & Rozložník, L., 1990: *Ložiska rud*. Praha, SNTL, 389 p.
- [9] Kabata-Pendias A & Pendias H., 1992: Trace elements in Soils and Plants. CRC Press, Boca Raton, FL, ISBN 0849366437, 365 p.
- [10] Kabata-Pendias, A., 1993: Behavioural properties of trace metals in soil. *Applied Geochemistry*. Suppl. Issue No. 2. Pergamon Press. Oxford, 3-9
- [11] Kabata-Pendias A & Pendias H., 2000: Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press. Boca Raton, Florida, EEUU. ISBN 978-0-8493-1575-6, 432 p.
- [12] Kafka, Z. & Punčochárová, J., 2002: Těžké kovy v přírodě a jejich toxicita. *Chemické listy*, ISSN 1213-7103, 96, 611-617
- [13] Kaneko, J. J. & Ralston, N. V. C., 2007: Selenium and mercury in pelagic fish in the central north pacific near Hawaii, *Biological Trace Elements Research*, 119, ISSN 1559-0720, 242-254



- [14] Kolář, L., 1988: Cesty k omezení vstupu těžkých kovů do zemědělské produkce. Seminář CSVTS Cizorodé látky v půdě a v rostlině, Tábor, 44-49
- [15] Kolenič, J., Molčányiová, A. & Petrovičová, J., 1994: Význam veľkosti expozície parám ortuti pre výskyt klinických nálezov. *Pracovní lékařství*, 8, 7, ISSN 0032-6291, 14-16
- [16] Laznicka, P., 2010: Giant metallic deposits: future sources of industrial metals. 2nd edition, Berlin, Springer, 950 p.
- [17] Melicherčík, M. & Melicherčíková, D., 1997: Bioanorganická chémia – Chemické prvky a ľudský organizmus. Príroda, Bratislava, 188 p.
- [18] Melicherčík, M. & Melicherčíková, D., 2010: Vplyv prostredia a účinky látok na ľudský organizmus. Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, 978-80-557-0005-2, 345 p.
- [19] Moore, J. W. & Ramamoorthy, S., 1984: Heavy metals in natural waters – Applied monitoring and impact assesment, New York, Springer, ISBN-10: 1461297397, 268 p.
- [20] Polański, A. & Smulikowski, K., 1978: Geochémia. Slovenské pedagogické nakladateľstvo, Bratislava, 607 p.
- [21] Poulin, J. & Gibb, H., 2008: Mercury, Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Environmental Burden of Disease Series, No. 16, *Public Health and the Environment*, Geneva 2008, 60 p.
- [22] Reimann, C. & de Caritat, P., 1998: Chemical elements in the environment. Fact sheets for the geochemist and environmental scientist, Springer, Berlin, ISBN 3 540 63670 6, 314 p.
- [23] Saukov, A. A., 1966: Geochimija, Nauka, Moskva, 486 p.
- [24] Virčíková, E. & Pálffy, P., 1997: Prehľad technológií zneškodňovania nebezpečných odpadov s obsahom arzenu, kadmia a ortuti. Aktuálne ekologické otázky E 97, Nebezpečné odpady. BIJO Slovensko, Košice 25. 3. 1997. 87-103
- [25] Vulterin, J. & Vasileská, M., 1996: Toxické látky, hygiena a bezpečnosť práce v chémii. Praha, Karolinum, ISBN 80-7184-090-4, 128 p.
- [26] Zorkovský, V., 1972: Ložiská nerastných surovín a ich vyhľadávanie. Alfa, Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, Bratislava, SÚKK č. 46/I-OR-1972, 451 p.

#### ADRESY AUTOROV

**RNDr. Jana DADOVÁ, PhD.**, Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied, Katedra životného prostredia, Tajovského 40, Banská Bystrica, Slovenská republika, e-mail: jana.dadova@umb.sk

**RNDr. Miroslav RUSKO, PhD.**, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta v Trnave, Botanická 49, Trnava, Slovenská republika, e-mail: miroslav.rusko@stuba.sk

**RNDr. Jozef KRŇÁČ, PhD.**, Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied, Katedra životného prostredia, Tajovského 40, Banská Bystrica, Slovenská republika, e-mail: krny13@gmail.com

**Ing. Ján DUBIEL**, Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied, Katedra životného prostredia, Tajovského 40, Banská Bystrica, Slovenská republika, e-mail: jan.dubiel@umb.sk

#### RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

#### REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.