



SPRAVODAJ

Slovenskej spektroskopickéj spoločnosti
člena Zväzu slovenských vedecko-technických spoločností



ISSN 1338-0656

Ročník 25, Číslo 1, 2018

Generálni sponzori Slovenskej spektroskopickéj spoločnosti



Bernhard Welz (1936-2018)



Byla to nečekaná a zlá zpráva, se kterou je těžké se vyrovnat: prof. Bernhard Welz zemřel 2. června v nemocnici ve Florianópolis na zdravotní komplikace následující jeho dubnovou autonehodu.

Bernhard přišel na svět v Augsburgu, studium chemie ukončil na Stuttgartské univerzitě v roce 1966. Jeho odborná kariéra byla od počátku spjatá s atomovou spektrometrií a s firmou Perkin Elmer Überlingen sídlící u Bodamského jezera. Od roku 1982 pracoval 16 let jako ředitel oddělení aplikovaného výzkumu firmy. Poté co v roce 1998 došlo k

zásadní reorganizaci firmy, odmítl stát se spokojeným penzistou a ve zralém věku nastartoval novou životní etapu na novém kontinentě – nejprve jako hostující profesor na univerzitách v brazilských státech Santa Catarina a Bahia a od roku 2003 jako mimořádně úspěšný *Voluntary Professor* na federální univerzitě ve Florianópolis (Santa Catarina). Tomuto svému působení se věnoval až do svých posledních dnů naplno, jak sám říkal: "když jsem se místo poklidného důchodu dal na vojnu, musím bojovat". Ostatně, to byl jeho charakteristický rys: dělat vše, do čeho se pustil, s maximálním nasazením. Vybudoval pro sebe a svoji novou rodinu krásný dům na nádherném místě v subtropickém ráji ve Florianópolis, kam zval a kde hostil své četné přátele. Ve svém středním, i podle běžných měřítek pokročilém věku se nespokojil s rekreačním běháním jako většina nás ostatních, ale testoval své síly na mezinárodních, byť masových maratonech, jak "klasických", tak lyžařských. Dodnes mám v živé paměti silnou ránu mému egu, když mě v roce 1985, v mých očích tenkrát starý pán, uhnal na běžkách. A kdyby ho v mladém věku nezabrzdl dramatický, byť šťastně skončivší, pád v alpské stěně, nejspíše bychom ho znali i jako lezce osmitisícovek. Co znamenalo jeho vášnivé sledování závodů F1 si netroufám domyslet.

Bernhard byl vědeckým světoběžníkem, v

době svého působení ve firmě Perkin Elmer Überlingen i ve své druhé životní etapě, navštívil mnoho zemí všech kontinentů a spolupracoval s dlouhou řadou pracovišť po celém světě. Přesto si troufám tvrdit, že jeho vztah k naší zemi byl svým způsobem mimořádný. Kromě jiného, jak on sám uváděl, účast na pražském symposiu o atomové absorpci konaném v roce 1967 byla pro něj formačním zážitkem, který předurčil celou jeho následující odbornou kariéru. Bylo to setkání s B. L'vovem a H. Massmannem a jeho následné rozhodnutí věnovat se výzkumu horké novinky v tehdy bouřlivě se rozvíjející AAS – grafitového atomizátoru. V dalších letech navštěvoval tehdejší Československo velice často. Moji starší kolegové a později i já jsme měli mnoho příležitostí ho, na tehdy u nás často konaných spektrometrických akcích, potkávat, diskutovat s ním a obdivovat jeho skvělé přednášky. Ty už asi nikdo nedokáže spočítat. Na jedné z těchto akcí, VIII. Československé spektroskopické konferenci konané v Českých Budějovicích v roce 1988, byl jeho přínos rozvoji spektroskopie obecně a u nás zvláště oceněn medailí Jana Marka Marci z Kronlandu. To bylo první z řady významných mezinárodních ocenění, kterých se mu dostalo.

Za dobu své vědecké kariéry zanechal Bernhard svůj otisk v řadě atomové spektrometrických oborů, lvím dílem se zasloužil o vývoj komerčního grafitového atomizátoru, spolupracoval na rozvoji STPF konceptu pro práci s tímto atomizátorem, včetně návrhu univerzálního modifikátoru, a na spojení průtokové injekční analýzy s AAS. Nelze nezpomenout jeho přínos k rozvoji generování hydridů. Ještě před svým přesunem do Brazílie rozpoznal potenciál kontinuálního zdroje záření pro AAS s vysokým rozlišením a v posledních dvaceti letech se věnoval převážně aplikacím této techniky včetně jejího rozšíření na molekulární absorpční spektroskopii. Aniž bych chtěl sklouznout k scientometrii, sluší se dodat, že Bernhard byl autorem obrovského počtu hojně citovaných publikací. Do povědomí širší vědecké veřejnosti se dostal především autorstvím základní monografie AAS (poslední vydání z roku 1997, společně s M. Sperlingem) a také spoluautorstvím (společně se skupinou H.

Becker-Rosse) první monografie věnované AAS s kontinuálním zdrojem z roku 2005. Jak to u vědeckých velikánů někdy bývá, Bernhard byl i mimořádně schopným organizátorem. To dokázal u dlouhé řady atomové spektrometrických konferencí. Některé vydupal ze země sám, na jiných se podílel, obvykle zásadním dílem. Zvláště zaznamenání hodné je *Rio Symposium on Atomic Spectrometry*, konané zpravidla ve dvouletých intervalech od roku 1988. Původní motivací této konference bylo seznámit početnou obec latinskoamerických spektrálních, pro kterou bylo nesnadné navázat kontakty s evropskými a severoamerickými kolegy, s hvězdami atomové spektrometrie z ostatních kontinentů. Bernhard má nezanedbatelný díl zásluhy na tom, že v posledních letech se Brazílie dostala na špičku atomové spektrometrie, takže brazilští kolegové bývají hvězdami konferencí pořádaných na ostatních kontinentech. Na závěr si dovoluji být trochu osobní. Jsem Bernhardovi nesmírně zavázán. Byl to on, kdo mi, jak se nyní zdá v dávné minulosti, otevřel dveře do světa a kdo mě povzbuzoval a podporoval v dobách, kdy to vypadalo, že pro mne neexistuje žádná vědecká perspektiva.



Bernharde, sbohem.

Jiří Dědina

PODÍVEJTE SE NA SVĚT NAŠÍ OPTIKOU



DLOUHÁ ŽIVOTNOST | ŠPIČKOVÝ VÝKON | ŠIROKÁ NABÍDKA PŘÍSLUŠENSTVÍ | JEDNODUCHÉ OVLÁDÁNÍ

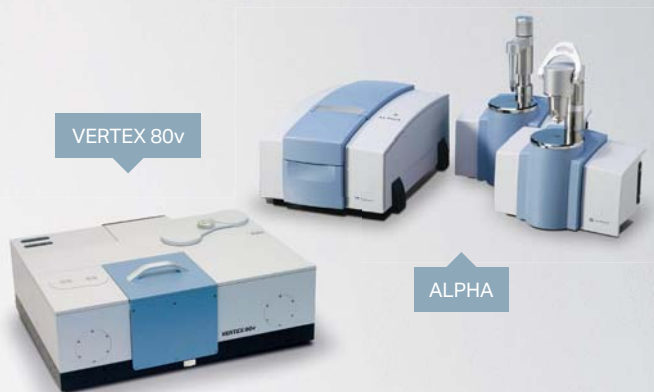
FT-IR spektrometry

ALPHA | TENSOR

- Kompaktní spektrometry pro rutinní analýzu i výzkum
- Široká škála měřicích modulů

VERTEX série

- Nejvýkonnější výzkumné spektrometry na trhu
- Propojení s mikroskopem, Ramanem, TGA, GC ...
- Rozšíření spektrálního rozsahu od FIR/THz do VIS/UV oblasti



Ramanovy a FT-NIR spektrometry

BRAVO
ruční Raman

MPA FT-NIR
spektrometr



MultiRAM | RAM II | BRAVO

- Univerzální stolní FT-Ramanovy spektrometry
- BRAVO je ruční Raman nové generace

MPA | TANGO | MATRIX

- FT-NIR spektrometry pro nejrozumnější QC/QA aplikace
- MATRIX je procesní FT-NIR spektrometr přímo do výroby

FT-IR a Ramanovy mikroskopy

HYPERION 3000 | LUMOS

- Hyperion FT-IR mikroskop s rychlým mapováním a imagingem
- LUMOS FTIR mikroskop s vysokým stupněm automatizace

SENTERRA II

- Pokročilý Ramanův mikroskop pro mapování a imaging
- Možnost kombinace disperzní a FT-Ramanovy spektrometrie



NA SPEKTROSKOPICKÚ TÉMU

STANOVENIE (ULTRA)STOPOVÝCH KONCENTRÁCIÍ BERÝLIA METÓDOU ETAAS

Ingrid Hagarová

Univerzita Komenského v Bratislave,
Prírodovedecká fakulta, Ústav laboratórneho
výskumu geomateriálov, Mlynská dolina,
Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava
hagarova@fns.uniba.sk

Abstrakt

Berýlium je považované za strategicky dôležitý kov vďaka svojim unikátnym fyzikálno-chemickým vlastnostiam. Často je súčasťou mnohých zliatin, ktoré sú značne využívané v leteckom a elektronickom priemysle. Nanešťastie je berýlium jeden z najtoxických nerádioaktívnych prvkov, ktorý je zaradený medzi humánne karcinogény. Uvedené informácie vedú k snahám spoľahlivo kvantifikovať už jeho ultrastopové koncentrácie v rôznych matriciach. Z mnohých detekčných metód patria k najpoužívanejším metódy spektroskopické. Tento krátky prehľad je venovaný využitiu atómovej absorpčnej spektrometrie s elektrotermickou atomizáciou (ETAAS) pri stanovení berýlia v rôznych environmentálnych a biologických vzorkách, či už priamo alebo po jeho separácii a prekoncentracii s využitím extrakčných metód.

Kľúčové slová

Berýlium, atómová absorpčná spektrometria s elektrotermickou atomizáciou (ETAAS), extrakcia v systéme kvapalina-kvapalina (LLE), extrakcia v systéme tuhá fáza-kvapalina (SPE), extrakcia s využitím teploty zákalu micelárnych roztokov (CPE).

1. Úvod

Berýlium je ľahký kov s vysokou teplotou topenia (1287 °C). Je ľahší ako hliník, ale zhruba o 40 % pevnejší a približne o tretinu pružnejší ako oceľ. Tieto jeho unikátne fyzikálno-chemické vlastnosti vedú k tomu, že

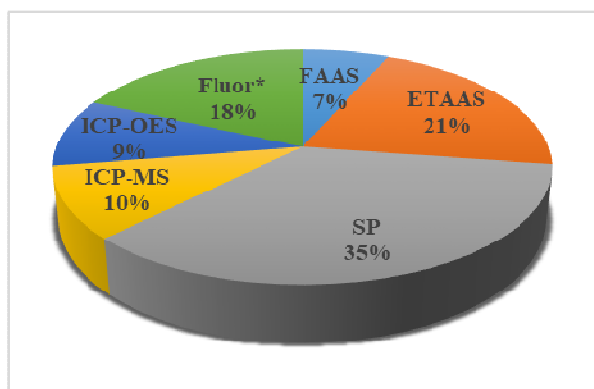
je využívaný pri príprave mnohých zliatin. Vďaka nemu dochádza k vylepšeniu pevnosti, zvýšeniu elektrickej a tepelnej vodivosti, spolu so zvýšením odolnosti voči korózii a opotrebovaniu. Toto všetko má za následok, že Be a jeho zliatiny s inými kovmi sú často používané pre výrobu rôznych elektrických zariadení, elektronických prístrojov, telekomunikačných zariadení, ako aj konštrukčných komponentov pre lietadlá, rakety, satelity a jadrové reaktory [1].

Na druhú stranu, Be patrí medzi najtoxickéjšie nerádioaktívne prvky. Berýlium a jeho zlúčeniny môžu spôsobiť kožné problémy, ako sú rôzne zápal, vytváranie vredov alebo tvorba granulómov. Berylióza, čo je chronická choroba vyvolaná berýliom (*Chronic Beryllium Disease*, CBD), sa prejavuje zápalom a tvorbou granulómov v podporných pľúcnych tkanivách. Ďalšie akútne pľúcne ochorenia, ako sú zápal priedušiek, zápal pľúc, alveolárny tkanivový edém [2], sa môžu vyskytnúť pri vdychovaní Be prítomného v dyme, hmle alebo v prachových časticách s veľkosťou pod 10 µm. Pri zvieratách boli potvrdené karcinogénne, teratogénne a mutagénne účinky Be a jeho zlúčenín. Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny so sídlom v Lyone (*International Agency for Research on Cancer*, IARC) zaradila berýlium do Skupiny 1, v ktorej je 119 položiek, ktoré predstavujú humánne karcinogény s dostatočne preukázaným účinkom [3,4].

Be už pri ultrastopových koncentraciách v environmentálnych vzorkách (vzduch, vody, pôdy, ako aj mnohé iné), ktoré má priamu možnosť ďalej vstupovať do potravinového reťazca, môže predstavovať vážne riziko. Snaha spoľahlivo kvantifikovať ultrastopové koncentrácie tohto analytu vedie k vypracovávaniu nových postupov jednak jeho separácie a prekoncentracie, ale aj samotnej kvantifikácie. Jedna z detekčných metód, ktorá je využívaná na spoľahlivé stanovenie Be bude rozdiskutovaná v nasledujúcich riadkoch.

To, že je berýlium zaujímavý kov, je nespochybniteľné. Nasvedčuje tomu aj počet

publikácií venovaných berýliu, ktorý presahuje číslo 18000 (databáza *Web of Science*, apríl 2018). Z toho 6 % je venovaných jeho stanoveniu, pričom spektrometrické metódy sú využité v 424 publikáciách. Percentuálne zastúpenie využívaných spektrometrických metód možno vidieť na Obr. 1. V tomto krátkom článku bude opísané použitie atómovej absorpčnej spektrometrie s elektrotermickou atomizáciou (ETAAS) pri stanovení (ultra)stopových koncentrácií Be v environmentálnych a biologických vzorkách.



Obr. 1. Percentuálne zastúpenie spektrometrických metód využívaných pri stanovení Be; kľúčové slová hľadané v databáze *Web of Science* (apríl, 2018): SP, *spectrophotometry*; ETAAS, *electrothermal atomic absorption spectrometry* alebo *graphite furnace atomic absorption spectrometry*; FAAS, *flame atomic absorption spectrometry*; Fluor*, *fluorimetry* alebo *fluorimetry*; ICP-OES, *inductively coupled plasma optical emission spectrometry* alebo *inductively coupled plasma atomic emission spectrometry*; ICP-MS, *inductively coupled plasma mass spectrometry*

2. ETAAS

Atómová absorpčná spektrometria s elektrotermickou atomizáciou (ETAAS) patrí k jednej z najvyužívanejších metód na stanovenie Be v mnohých matriciách [5-12] aj napriek tomu, že nie je úplne oslobodená od interferencií [13-15]. Odstránenie niektorých nežiadúcich efektov nastalo používaním pyrolyticky pokrytých grafitových kyviek alebo celokovových atomizátorov, kde dochádza k zlepšeniu reprodukovateľnosti signálu a k zníženiu pamäťového efektu v porovnaní s nepokrytými grafitovými kyvkami [7,16]. Využitím STPF (*Stabilized Temperature Platform Furnace*) koncept, neboli pozorované žiadne nežiaduce efekty pri stanovení Be v prírodných vodách [17].

Žiadny pamäťový efekt nebol pozorovaný ani v ďalšej práci pri použití pyrolyticky pokrytých grafitových kyviek a lantánu ako modifikátora s dosiahnutou medzou dôkazu 0,01 µg/l Be [16]. Ďalším modifikátorom, ktorý bol využitý pri spoľahlivom stanovení Be v moči, bolo lutécium. V tomto prípade išlo o semipermanentný modifikátor, za prítomnosti ktorého bola dosiahntá medza dôkazu 19 fg Be [11]. Väčšina opisovaných ETAAS stanovení uvádza medze dôkazu rádovo v desiatkach ng/l Be [18]. Niektoré konkrétne dosiahnuté medze dôkazu pri stanovení Be metódou ETAAS sú uvedené v Tab. 1.

Tab. 1. Niektoré analytické charakteristiky dosiahnuté pri stanovení berýlia metódou ETAAS

Vzorka	Modifikátor	RSD (%)	ChH (pg)	LOD	Lit.
sedimenty	Al(NO ₃) ₃	2,8	0,73	0,08 µg/l	27
uhol'ný popolček	žiadny	2,7	1,32	NZ	34
uhol'ný popolček a vody	ZrOCl ₂	2,5	0,42	0,009 µg/l	1
prírodné vody	Si	3,8	NZ	0,15 ng	35
prírodné vody	Mg(NO ₃) ₂	8,0	3,7	0,07 µg/l	36
prírodné a odpadové vody	Lu	4,8	NZ	0,025 µg/l	18
pitné vody	žiadny	2,3	NZ	0,0023 µg/l	37
ľudský moč	žiadny	5,6	1,19	85 fg	11
ľudský moč	Lu	1,8	0,45	19 fg	11
ľudský moč	Mg(NO ₃) ₂	3,3	0,48	58 fg	11
ľudský moč	acac/NH ₄ OAc	3,0	1,9	0,37 µg/l	38
ľudský moč	(NH ₄)P(Mo ₃ O ₁₀) ₄ /KA	3,6	NZ	0,02 µg/l	32
ľudské krvné sérum	žiadny	NZ	0,22	0,002 µg/l	33
ľudská krv	Mg(NO ₃) ₂	NZ	0,20	0,007 µg/l	33
ľudské vlasy	žiadny	2,2	NZ	2,0 ng/g	31
pečeň a svaly zvierat	žiadny	3,0	NZ	0,18 ng/g	29
morské organizmy	žiadny	3,0	NZ	4,6 ng/g	30

RSD, relatívna štandardná odchýlka; ChH, charakteristická hmotnosť; LOD, medza dôkazu; KA, kyselina askorbová; NZ, nezistené; acac, acetylacetón

Spôľahlivá kvantifikácia pod 0,1 µg/l si aj napriek tomu vyžaduje použitie určitej separačnej techniky, ktorá nakoncentruje sledovaný analyt, ale takisto dokáže odstrániť nežiadúce matricové interferencie v prípade analýzy komplikovaných vzoriek.

Výhodou celokovových atomizátorov je, že nedochádza k tvorbe karbidov počas elektrotermickej atomizácie [19,20]. Pri použití wolfrámových atomizátorov dochádza k zlepšeniu reprodukovateľnosti signálu, zrýchleniu ohrevu a zníženiu spotreby energie [21,22]. Pokrytie grafitových atomizátorov lantanom alebo karbidom titaničitým [23],

zirkónom [24,25], prípadne tóriom [6] viedlo k zlepšeniu citlivosti stanovenia, zvýšeniu reprodukovateľnosti signálov a zníženiu medze dôkazu [23], ale aj k zvýšeniu životnosti použitých kviet a zredukovaní interferencií. Ako modifikátory boli použité horčík, hliník, lutécium a paládium [10-12,26]. Práca, v ktorej bola použitá wolfrámová platforma v pyrolyticky pokrytej grafitovej kvete spolu so zirkónom ako chemickým modifikátorom, poskytla spoľahlivý spôsob ako zvýšiť citlivosť a znížiť medzu dôkazu pri stanovení Be [1]. Ďalšie modifikátory sú uvedené v Tab. 1 a 2.

Tab. 2. Teploty termického rozkladu a teploty atomizácie použité v teplotných programoch pri stanovení berýlia metódou ETAAS

Modifikátor	TTR (°C)	TA (°C)	Poznámka	Lit.
žiadny	500	2800	LLE; Be spätne extrahované do HCl	34
žiadny	600-900	2800	SPE; Be(acac) ₂ eluované metanolom	37
žiadny	600-1400	2900	SPE; Be(acac) ₂ eluované metanolom	31
žiadny	600-1000	2900	SPE; Be(acac) ₂ eluované metanolom	30
žiadny	800	2300	simultánna multiprvková ETAAS	28
žiadny	1000	2900	vzorky séra analyzované po nariadení	33
Mg(NO ₃) ₂	800	2800	vzorky krvi analyzované po nariadení	33
Al(NO ₃) ₃	1500	2400	testovanie rôznych modifikátorov	27
Mg(NO ₃) ₂	1300	2300	testovanie rôznych modifikátorov	36
acac/NH ₄ OAc	600-1200	2800	riedenie vzoriek TX-100	38
(NH ₄)P(Mo ₃ O ₁₀) ₄ /KA	1400	2500	vzorky moču boli rozložené	32
Lu	1500	2500	semipermanentný modifikátor	11
Lu	1500	2500	vyzrážanie a rozpustenie Be v FI usp.	18
ZrOCl ₂	900/1000	2400	wolfrámová platforma	1

TTR, teplota termického rozkladu; TA, teplota atomizácie; KA, kyselina askorbová; FI usp., prietokové usporiadanie; acac, acetylacetón

Použitie HF pri rozklade tuhých vzoriek má za následok značné zníženie absorpčného signálu, čo sa pripisuje tvorbe BeF₂, ktorý sublimuje pri 800 °C. Z rôznych testovaných modifikátorov pri stanovení Be v sedimentoch, po ich rozklade v zmesi HF a HNO₃ boli spoľahlivé výsledky dosiahnuté pri použití Al(NO₃)₃. Dané zistenie bolo potvrdené analýzou 15 rôznych certifikovaných referenčných materiálov (CRM) [27]. Rozklad hornín a sedimentov v zmesi HF-HNO₃-HCl bol použitý pri stanovení 12 rôznych stopových prvkov (medzi nimi aj Be) [28]. Zaujímavým zistením v tomto prípade je, že spoľahlivé stanovenie Be bolo možné dosiahnuť bez použitia akéhokoľvek modifikátora.

Pre stanovenie Be v biologických vzorkách (pečeň a svalová hmota zvierat, morské

živočíchy, ľudské vlasy) [29-31] bol vo všetkých prípadoch použitý rozklad v zmesi HNO₃ a H₂O₂ s využitím mikrovlnového žiarenia. Následne bola použitá extrakcia v systéme tuhá fáza-kvapalina (opísaná nižšie) a získaný metanolickej roztok bol dávkaný do nepokrytej grafitovej kvety. Ani v jednom z uvedených prípadov nebol použitý chemický modifikátor. Spoľahlivosť získaných výsledkov bola overená analýzou dostupných biologických CRM.

Rozklad vzoriek v zmesi HNO₃ a HCl s využitím mikrovlnového žiarenia bol využitý pri stanovení Be (ale aj As a Se) v moči zamestnancov pracujúcich v oceliarniach [32]. Spoľahlivé výsledky pre Be boli získané pri použití zmesného modifikátora obsahujúceho (NH₄)P(Mo₃O₁₀)₄ a kyselinu askorbovú. Vyššie koncentrácie sledovaných prvkov boli

namerané vo vzorkách zamestnancov oceliarní v porovnaní so vzorkami kontrolnej skupiny, ktorá v oceliarniach nepracovala. Závěry práce poukázali na to, že vo vzorkách, kde bola koncentrácia As alebo Be vyššia, koncentrácia Se bola takmer vždy nižšia a platilo to aj opačne [32].

Pri priamej analýze vzoriek krvi a krvného séra boli tieto iba nariadené s použitím činidla Nash, ktoré obsahovalo HNO_3 , NH_4OH , Triton X-100, antipeniacu emulziu B a EDTA [33]. Zatiaľ čo $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ako modifikátor matrice zvýšil citlivosť stanovenia Be v krvi, v prípade krvného séra nedošlo ku zvýšeniu citlivosti ani k vylepšeniu iných analytických charakteristík. Redukované paládium (na redukciu bola použitá kyselina citrónová) nepreukázalo žiadny pozitívny vplyv pri stanovení Be v krvi ani v krvnom sére [33]. Všetky merania boli robené na pyrolyticky pokrytých grafitových kyvetách a pre vyhodnotenie sa použili plochy absorpčných pík. Výsledky poukázali na štatisticky významné rozdiely Be v krvi a v krvnom sére. Koncentrácie Be v krvi boli zhruba o 30 % vyššie v porovnaní s jeho koncentraciami v krvnom sére [33].

3. LLE a ETAAS

Jednou z extrakčných techník, ktorú možno použiť na separáciu a prekoncentráciu Be pred jeho kvantifikáciou metódou ETAAS je extrakcia v systéme kvapalina-kvapalina (*liquid-liquid extraction*, LLE). Spoločlivé výsledky boli opísané v prípade separácie tohoto analytu z uhoľného popolčeka emitovaného z tepelných elektrární s využitím β -diketo kvapalného chelatačného meniča (β -diketo liquid chelating exchange, LCE) ($\text{C}_9\text{H}_{19}\text{COCH}_2\text{COCH}_3$), pričom zloženie extrahovaného komplexu bolo $[\text{Be}(\text{C}_9\text{H}_{19}\text{C}(=\text{O})\text{CH}=\text{C}(\text{O})\text{CH}_3)]$ [34]. Štúdium takých experimentálnych podmienok, akými sú pH, výber vhodného extrakčného činidla, čas trepania spolu s kinetikou extrakčného procesu a vplyv rôznych iónov viedlo k záveru, že kvantitatívne výťažnosti Be s LCE možno dosiahnuť s využitím cyklohexánu pri pH 9,5 a časom trepania 2 min. Následne bol analyt spätne extrahovaný do 2M HCl. Testované organické činidlá boli: cyklohexán, izoamyl acetát, metyl izobutyl ketón, chloroform, chlorid uhličitý a 1,2-dichlóretán. Pri štúdiu

potenciálnych interferencií boli pripravené binárne aj multikomponentné modelové roztoky s mnohonásobným nadbytkom potenciálnych interferentov. Zaujímavým zistením v tomto prípade je, že spoločlivé výsledky boli dosiahnuté bez použitia modifikátora pri vyhodnocovaní z výšok absorpčných pík [34]. Pre korekciu pozadia bola použitá deutériová výbojka.

4. SPE a ETAAS

Ďalšou z extrakcií, ktorú možno využiť na separáciu a prekoncentráciu (ultra)stopového Be je extrakcia v systéme tuhá fáza - kvapalina (*solid phase extraction*, SPE). Jeden modifikovaný postup využívajúci vytvorenie komplexu Be s acetylacetónom (acac) v prostredí octanového tlmivého roztoku (pri pH 6,0) bol použitý pri jeho stanovení v pečeni a svalovej hmote hydiny a dobytky [29], v morských živočíchoch (ryby, homár, ustrica, prísavka) [30] a v ľudských vlasoch [31]. Po rozklade vzoriek v zmesi HNO_3 a H_2O_2 s využitím mikrovlnového žiarenia a vytvorení komplexu $(\text{Be}(\text{acac})_2)$, bol tento zachytený v polypropylénovej špičke obsahujúcej C_{18} a následne eluovaný metanolom. Metanolický roztok bol dávkovaný do nepokrytej grafitovej kyvety a merania sa vyhodnocovali z výšok absorpčných pík. Spoločlivosť dosiahnutých výsledkov sa overila analýzou dostupných biologických CRM, prípadne metódou prídavku štandardu (v prípade morských živočíchov). Rovnako, chelát $\text{Be}(\text{acac})_2$ zachytený v tomto prípade na Sep-Pak C_{18} a následne opäť eluovaný metanolom bol využitý pri separácii a nakoncentrovaní Be z prírodných vôd. Aj v tomto prípade boli použité pre merania nepokryté grafitové kyvety a výsledky sa vyhodnocovali z výšok absorpčných pík [37].

V ďalšej práci bolo berýlium adsorbované na povrchu kremenných vlákien z mierne alkalického prostredia (pH 9,5), pričom to viedlo k jeho separácii a nakoncentrovaniu z rôznych typov prírodných vôd [35]. Berýlium bolo pritom adsorbované vo forme $(-\text{SiO})\text{Be}(\text{OH})_2^-$ alebo $(-\text{SiO})_2\text{Be}(\text{OH})_2^{2-}$ zlúčenín. Pre separáciu boli použité trojvstvové filtre obsahujúce kremenné vlákna, pričom na desorpciu bola použitá 0,5M HCl.

5. CPE a ETAAS

Extrakcia s využitím teploty zákalu micelárnych roztokov (*cloud point extraction*; CPE) využíva vo svojich postupoch ako extrakčné činidlo najčastejšie neiónové tenzidy, kde ku preskupeniu micelotvorných zložiek a vzniku ďalšej fázy dochádza po zahriatí nad určitú teplotu (ktorá je charakteristická pre každý tenzid). V prípade iónových analytov je prvým krokom vytvorenie hydrofóbného komplexu, ktorý má šancu byť odseparovaný v tenzidom obohatenej fáze. Vytvorenie hydrofóbného chelátu Be s kupferónom bolo základom práce, kde sa ako extrakčné činidlo použil neiónový tenzid Triton X-114 [39]. Po optimalizácii experimentálnych parametrov, akými sú pH roztoku, koncentrácia chelatačného činidla, koncentrácia tenzidu, inkubačná teplota a inkubačný čas, bol navrhnutý postup, ktorý viedol ku spoľahlivej separácii a nakoncentrovaniu Be z prírodných vôd. Dosiahnutá medza dôkazu bola 0,33 pg a prekoncentračný faktor bol 20. Spoľahlivosť získaných výsledkov bola overená analýzou CRM vôd.

6. Záver

Spoľahlivé stanovenie (ultra)stopových koncentrácií berýlia metódou ETAAS umožnilo až prekonanie prvotných problémov so značným pamäťovým efektom pri použití nepokrytých grafitových kyviek. Používanie pyrolyticky pokrytých grafitových kyviek často v kombinácii s vhodným chemickým modifikátorom viedlo k získaniu spoľahlivých výsledkov pri analýze naozaj rôznych environmentálnych aj biologických vzoriek. Odstráneniu matricových interferencií spolu so separáciou a nakoncentrovaním sledovaného analytu napomohlo použitie separačných metód, kde prvé miesto patrí extrakčným technikám.

Práca vznikla v rámci riešenia projektu, ktorý je finančne podporovaný grantom Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR a Slovenskej akadémie vied VEGA 1/0153/17.

Literatúra

- M.A. Castro, L.C. Robles, J.M. Lumberras, B. de Celis, A.J. Aller, D. Littlejohn, Anal. Chim. Acta 636 (2009) 158-162
- D.G. Freiman, H.L. Hardy, Human Pathol. 1 (1970) 25-44
- A. Leonard, R. Lauwerys, Mutat. Res. 186 (1987) 35-42
- A.J. Aller, J. Trace Elem. Electrolytes Health Dis. 4 (1990) 1-6
- D.L. Styris, D.A. Redfield, Anal. Chem. 59 (1987) 2897-2903
- H. Vanhoe, C. Vandecasteele, B. Desmet, R. Dams, J. Anal. At. Spectrom. 3 (1988) 703-707
- X.Q. Shan, Z. Yian, Z.M. Ni, Anal. Chim. Acta 217 (1989) 271-280
- T. Nakamura, H. Oka, M. Morikawa, J. Sato, Analyst 117 (1992) 131-135
- L.C. Robles, A.J. Aller, J. Anal. At. Spectrom. 9 (1994) 871-879
- T. Černohorský, S. Kotrlý, J. Anal. At. Spectrom. 10 (1999) 155-160
- J.L. Burguera, M. Burguera, C. Rondón, P. Carrero, Spectrochim. Acta, Part B 54 (1999) 1743-1753
- A. Profumo, G. Spini, L. Cucca, M. Pesavento, Talanta 57 (2002) 929-934
- N. Goyal, P.J. Purohit, A.R. Dhobale, B.M. Patel, A.G. Page, M.D. Sastry, J. Anal. At. Spectrom. 2 (1987) 459-461
- S.K. Thulasidas, M.J. Kulkarni, N.K. Porwal, A.G. Page, M.D. Sastry, Anal. Lett. 21 (1988) 265-278
- P. Burba, P.G. Willmer, M. Betz, F. Fuchs, Int. J. Environ. Anal. Chem. 13 (1983) 177-191
- P. Lagas, Anal. Chim. Acta 98 (1978) 261-267
- D.C. Manning, W. Slavin, Appl. Spectrosc. 37 (1983) 1-11
- J.L. Burguera, M. Burguera, C. Rondón, P. Carrero, M.R. Brunetto, Y.P. de Peña, Talanta 52 (2000) 27-37
- V. Sychra, J. Doležal, R. Hlaváč, L. Pětroš, O. Vyskočilová, D. Kolihová, P. Pūshel, J. Anal. At. Spectrom. 6 (1991) 521-526
- T. Černohorský, Spectrochim. Acta, Part B 50 (1995) 1613-1620
- M. Giné, F. Krug, V. Sass, B. Reis, J. Nóbrega, H. Berndt, J. Anal. At. Spectrom. 8 (1993) 243-245
- C. Bruhn, J. Neira, G. Valenzuela, J. Nóbrega, J. Anal. At. Spectrom. 13 (1998) 29-35
- K. Brajter, K. Klejny, Talanta 32 (1985) 521-524
- W.F. Schmidt, F. Dietl, Fresenius Z. Anal. Chem. 326 (1987) 40-42
- W.F. Schmidt, F. Dietl, Fresenius Z. Anal. Chem. 329 (1988) 853-855
- D.C. Paschal, G.G. Bailey, At. Spectrosc. 7 (1986) 1-3
- F.R. Luo, X.Y. Li, M.H. Wang, At. Spectrosc. 11 (1990) 78-82
- J.G. Sen Gupta, J.L. Bouvier, Talanta 42 (1995) 269-281
- P.Y. Liu, M.H. Chen, Y.Y. Tsai, M.S. Kuo, Food Chem. 126 (2011) 1460-1464
- M.T. Hsu, M.H. Chen, S.R. Yang, M.S. Kuo, Anal. Sci. 20 (2004) 1697-1700
- C.C. Li, M.S. Kuo, Anal. Sci. 18 (2002) 607-609

32. C.J. Horng, P.H. Horng, S.C. Lin, J.L. Tsai, S.R. Lin, C.C. Tzeng, Biol. Trace Elem. Res. 88 (2002) 235-246
33. C.H. Stephan, M. Fournier, P. Brousseau, S. Sauvé, Chem. Centr. J. 2 (2008) art.no. 14
34. S.S. Battacharyya, A.K. Das, J. Anal. At. Spectrom. 7 (1992) 417-420
35. I. Nukatsuka, K. Sakai, R. Kudo, K. Ohzeki, Analyst 120 (1995) 2819-2822
36. I. Hagarová, L. Macháčková, M. Žemberyová, Global Nest J. 14 (2012) 40-47
37. H.W. peng, M.S. Kuo, Anal. Sci. 16 (2000) 157-161
38. H.C. Wang, H.W. Peng, M.S. Kuo, Anal. Sci. 17 (2001) 527-532
39. L. Macháčková, M. Žemberyová, Anal. Methods 4 (2012) 4042-4048

ŠPECIAČNÁ ANALÝZA CHRÓMU S VYUŽITÍM NANOSORBENTU A TECHNIKY DÁVKOVANIA JEMNEJ SUSPENZIE V ATÓMOVEJ ABSORPČNEJ SPEKTROMETRII S ELEKTROTERMICKOU ATOMIZÁCIU

**Katarína Kriegerová, Radoslav Halko
a Simona Procházková**

Univerzita Komenského v Bratislave,
Prírodovedecká fakulta, Katedra analytickej
chémie, Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15
Bratislava 4
simona.prochazkova@uniba.sk

Abstrakt

Prezentovaný príspevok popisuje vývoj novej analytickej metódy na špeciálnu analýzu Cr vo vodných vzorkách. Na separáciu a prekoncentráciu špecií Cr(III) a Cr(VI) bola použitá extrakcia tuhou fázou (SPE) s využitím nanosorbentu oxidu zirkoničitého (nano-ZrO₂), ktorý v závislosti od extrakčných podmienok selektívne extrahoval vždy len jednu formu chrómu. Na dosiahnutie optimálnych podmienok SPE boli študované rôzne faktory. Za optimálne podmienky SPE boli stanovené: hmotnosť nano-ZrO₂ 50 mg, čas extrakcie 30 minút, pH kvantitatívnej extrakcie Cr(III) 7,0-10,0 a Cr(VI) 2,5-4,0. Výťažnosť extrakcie sa pohybovala v rozmedzí 90-100 % pre Cr(III) a v rozmedzí 88-99 % pre Cr(VI). Medza dôkazu metódy bola 0,27 µg.l⁻¹ Cr(III) a 0,48 µg.l⁻¹ Cr(VI). Vyvinutá metóda bola úspešne použitá na stanovenie Cr(III) a Cr(VI) vo vybraných vzorkách vôd.

Kľúčové slová

Chróm, nanosorbent ZrO₂, špeciálna analýza, extrakcia tuhou fázou, technika dávkovania

jemnej suspenzie v atómovej absorpčnej spektrometrii s elektrotermickou atomizáciou.

1. Úvod

V dnešnej dobe je životné prostredie kontaminované rôznymi xenobiotikami, medzi ktoré patrí aj chróm. Zvýšená koncentrácia chrómu vo vode, pôde, vzduchu, má negatívny vplyv na životné prostredie, a práve preto je potrebné stanovovať chróm v jednotlivých zložkách životného prostredia. Chróm sa zaraďuje do skupiny ťažkých kovov a pri jeho stanovení je dôležité okrem celkového obsahu rozlišovať aj jeho rôzne formy (špecie). Napríklad trojmocný chróm Cr(III) je biogénny prvok, ale šesťmocný chróm Cr(VI), rovnako ako jeho zlúčeniny, je toxický už na nízkych koncentračných úrovniach. Niektoré jeho zlúčeniny dokonca vykazujú karcinogénne účinky (napríklad chróman bárnatý, chróman olovnatý atď.) [1].

Na stanovenie chrómu sa v súčasnosti najviac používajú metódy atómovej spektrometrie ako atómová absorpčná spektrometria s atomizáciou v plameni (FAAS) [2], atómová absorpčná spektrometria s elektrotermickou atomizáciou (ETAAS) [3] a hmotnostná spektrometria s indukčne viazanou plazmou (ICP-MS) [4]. Napriek vysokej selektivitě a citlivosti týchto spomínaných analytických metód je pomerne často potrebné prekoncentrovanie chrómu pred jeho samotným stanovením. Medzi najpoužívanéjšie prekoncentračné techniky patrí extrakcia tuhou fázou (SPE), ktorej výhodami sú napríklad úspora organických činidiel a vysoká selektivita, ktorá súvisí s možnosťou využitia rôznych typov sorbentov. Medzi tieto sorbenty môžeme zaradiť aj nanosorbenty ZrO₂, TiO₂ alebo SiO₂. Spomínané sorbenty dokážu selektívne adsorbovať ióny chrómu, majú

vysokú adsorpčnú kapacitu a umožňujú špeciálnu analýzu chrómu [5].

Pri konvenčnom spojení SPE a detekcie spektrálnymi metódami je potrebné realizovať elúciu sorbovaných analytov zo sorbentu. Tento krok je možné odstrániť v prípade využitia techniky dávkovania jemnej suspenzie *Slurry Sampling* (SS), pri ktorej dochádza priamo k analýze zmesi obsahujúcej tuhé častice, ktorými môže byť nanosorbent s naviazaným analytom. Pre dosiahnutie spoľahlivých výsledkov je však potrebné dôkladne zvážiť postup prípravy jemnej suspenzie a zabezpečiť jej účinnú homogenizáciu a stabilitu [6].

2. Experimentálna časť

2.1. Použité prístroje a zariadenia

Atómový absorpčný spektrometer firmy Perkin-Elmer 5100 PC (Norwalk, Connecticut, USA) s elektrotermickým atomizátorom 5100 ZL v spojení s automatickým podávačom vzoriek AS-70. Korekcia pozadia – Zeemanov jav. Ochranný plyn – argón (99,99 %). Priechne vyhrievané pyrolytické grafitové kyvety s vloženou platformou od firmy Perkin-Elmer (USA). Dávkované objemy vzoriek boli 20 μl , dávkované objemy modifikátora ($1,5 \text{ g.l}^{-1} \text{ Mg(NO}_3)_2$) boli 10 μl . Na vyhodnotenie boli použité plochy pík. Zdroj žiarenia bola výbojka s dutou katódou pre Cr (Perkin-Elmer) pracujúca pri 25 mA. Zvolená vlnová dĺžka pre Cr bola 357,9 nm a šírka štrbiny 0,7 nm. Teplotný program na stanovenie chrómu po SPE separácii a prekoncentracii je uvedený v Tab. 1.

Tab. 1. Teplotný program na stanovenie chrómu pomocou SS-ETAAS po SPE separácii a prekoncentracii

Krok	Teplota (°C)	Čas nárastu (s)	Čas zotrvania (s)	Prietok argónu (ml.min^{-1})
Sušenie	110	1	30	250
	130	15	30	250
Pyrolýza	1500	10	20	250
Atomizácia	2300	0	5	0
Čistenie	2400	1	2	250

Ďalšia prístrojová technika: Dávkovač jemnej suspenzie USS-100 firmy Perkin Elmer, nastavenie amplitúdy pomocou Sonics &

Materials Inc., Danbury, CT USA (*vibra cell*); analytické váhy Sartorius 1702 (Nemecko); digitálny pH meter Magnetic Stirrer Type MM6 (Poľsko); trepačka KS 125 basic Kika Labortechnik (Nemecko) a centrifúga Janetzki T 30 (Nemecko).

2.2. Použité chemikálie

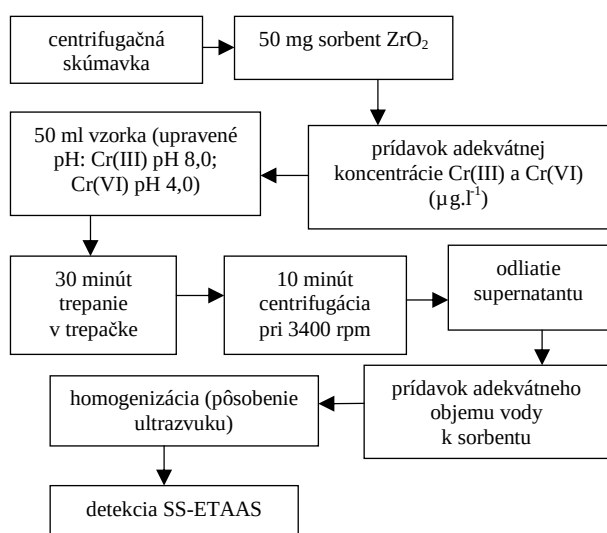
$\text{Cr(NO}_3)_3$ v $0,5 \text{ mol.l}^{-1} \text{ HNO}_3$, Merck (Darmstadt, Nemecko); $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ v deionizovanej vode; koncentrovaná 65 % HNO_3 , Merck (Darmstadt, Nemecko); nano- ZrO_2 , ChemPur (Karlsruhe, Nemecko); $\text{Mg(NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Lachema (Brno, Česká republika); amoniak (NH_3), Merck (Darmstadt, Nemecko); kalibračné roztoky chrómu boli pripravované v 0,2 % (v/v) HNO_3 a jemné suspenzie boli pripravované v systéme vodných roztokov $0,1 \text{ mol.l}^{-1} \text{ HNO}_3$ alebo $0,1 \text{ mol.l}^{-1} \text{ NH}_4\text{OH}$, upravených na požadované pH.

2.3. Použité vzorky

Zvolený extrakčný postup bol použitý na špeciálnu analýzu chrómu vo vodách z rieky Dunaj (Bratislava) a vo vode z horského prameňa Samaritánka (okolie Banskej Štiavnice – banícka oblasť).

2.4. Pracovný postup

Na začiatku zoptimalizovaného postupu (Obr. 1) sa odmerali hodnoty pH použitých vzoriek vôd a následne sa tieto pH hodnoty upravili na požadované hodnoty, a to konkrétne na hodnotu pH 8,0 pre Cr(III) a na hodnotu pH 4,0 pre Cr(VI). Počas experimentu sa pracovalo s objemom vzorky 50 ml, ktorý sa spolu s 50 mg sorbentu kvantitatívne preniesol do centrifugačných skúmaviek, kde bol napipetovaný adekvátny objem Cr(III) alebo/a Cr(VI). Vzorky sa umiestnili do trepačky, kde sa trepali po dobu 30 minút a potom sa umiestnili do centrifúgy, kde sa centrifugovali po dobu 10 minút pri 3400 rpm. Po centrifugácii došlo k usadeniu sorbentu s nasorbovaným Cr(III) a Cr(VI) na dno skúmavky. V ďalšom kroku sa zo skúmaviek dekantovali supernatanty a k sorbentom sa pridal adekvátny objem deionizovanej vody. Získaná suspenzia bola analyzovaná pomocou metódy SS-ETAAS. Vzorky, s ktorými sa pracovalo vykazovali vysokú stabilitu pri uskladňovaní pri teplote 4 °C.

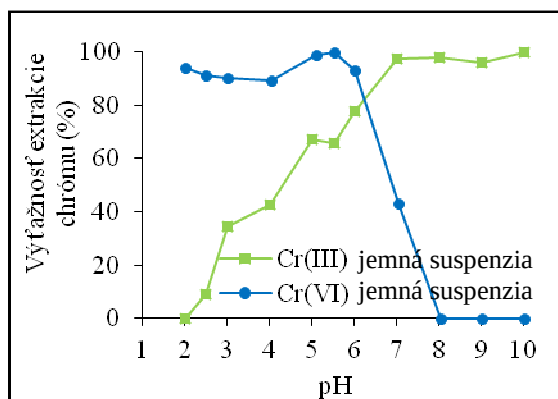


Obr. 1. Schéma postupu

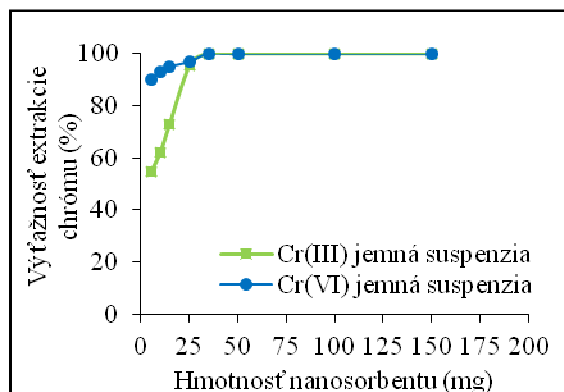
3. Výsledky a diskusia

3.1. Optimalizácia SPE postupu

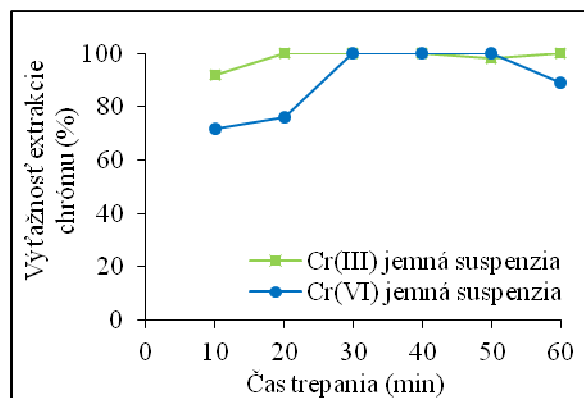
V prípade SPE postupu boli optimalizované nasledujúce experimentálne parametre: pH prostredia (Obr. 2), hmotnosť nanosorbentu (Obr. 3), čas trepania (Obr. 4) a objem vzorky (Obr. 5). Pod každým obrázkom je uvedený parameter použitý v zoptimalizovanej SPE.



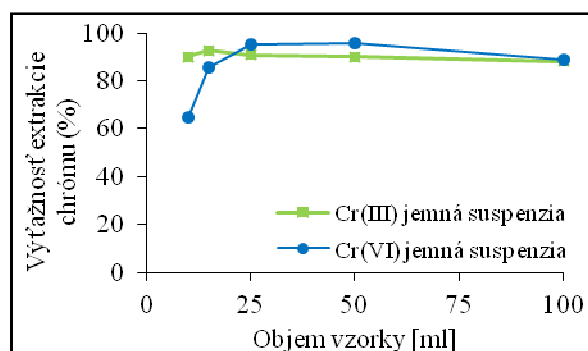
Obr. 2. Vplyv pH prostredia na výťažnosť SPE (zvolené pH pre Cr(III) = 8,0 a pre Cr(VI) = 4,0)



Obr. 3. Vplyv hmotnosti nanosorbentu na výťažnosť SPE (zvolená hmotnosť nanosorbentu 50 mg)



Obr. 4. Vplyv času trepania na výťažnosť SPE (zvolený čas trepania 30 minút)



Obr. 5. Vplyv objemu vzorky na výťažnosť SPE (zvolený objem vzorky 50 ml)

3.2. Analytické parametre

Relatívna štandardná odchýlka (RSD) získaná pre 10 vzoriek s koncentráciou $10 \mu\text{g.l}^{-1}$ Cr(III) a Cr(VI), ktoré boli použité pri zoptimalizovanom SPE postupe bola 4,03 % pre Cr(VI) a 2,96 % pre Cr(III). Prekoncentračný faktor (PF) pri SPE extrakcii bol počítaný ako pomer objemu vzorky ku objemu pridaného činidla (deionizovanej vody). Hodnota prekoncentračného faktora pre oba analyty bola 25.

Tab. 2. Stanovené koncentrácie Cr(III) a Cr(VI) po SPE separácii a prekoncentracii vo vzorkách prírodných vôd

Vzorka	Pridaná koncentrácia ($\mu\text{g.l}^{-1}$)		Stanovená koncentrácia ^a ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	
	Cr(III)	Cr(VI)	Cr(III)	Cr(VI)
Riečna voda ^b	0	0	$2,87 \pm 0,15$	$4,97 \pm 0,26$
	10	0	$12,71 \pm 0,24$	$3,83 \pm 0,16$
	0	10	$2,57 \pm 0,16$	$15,05 \pm 0,35$
	5	5	$7,44 \pm 0,00$	$9,76 \pm 0,26$
Horský prameň ^c	0	0	$0,87 \pm 0,05$	$1,91 \pm 0,36$
	10	0	$10,50 \pm 0,18$	$1,81 \pm 0,32$
	0	10	$1,07 \pm 0,10$	$11,66 \pm 0,90$
	5	5	$6,05 \pm 0,14$	$6,70 \pm 0,36$

^a priemerná hodnota $\pm$ štandardná odchýlka ($N = 4$); ^b vzorka z Dunaja (Bratislava); ^c vzorka zo Samaritánky (Banská Štiavnica)

Lineárny koncentračný rozsah bol do 20,0 $\mu\text{g.l}^{-1}$ pre Cr(III) aj Cr(VI) a korelačný koeficient bol $\geq 0,997$. Hodnota medze dôkazu (LOD) bola 0,27 $\mu\text{g.l}^{-1}$ a medze stanovenia (LOQ) 0,90 $\mu\text{g.l}^{-1}$ pre Cr(III) a 0,48 $\mu\text{g.l}^{-1}$ a 1,61 $\mu\text{g.l}^{-1}$ pre Cr(VI) (oboje počítané podľa smerníc *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC) [7]. Stanovené koncentrácie Cr(III) a Cr(VI) vo vzorkách prírodných vôd sú uvedené v Tab. 2.

4. Záver

Hlavným cieľom práce bola optimalizácia metódy dávkovania jemnej suspenzie v atómovej absorpčnej spektrometrii s elektrotermickou atomizáciou s použitím nanočastíc oxidu zirkoničitého ako sorbentu v extrakcii tuhrou fázou ako úpravnou technikou na špeciálnu analýzu chrómu vo vzorkách prírodných vôd. Zistili sme, že Cr(III) sa kvantitatívne adsorbuje na nanosorbent ZrO_2 v rozmedzí pH hodnôt 7,0 až 10,0 a naopak Cr(VI) sa kvantitatívne adsorbuje na nano-sorbent v rozmedzí pH

hodnôt 2,0 až 4,0. Nanosorbent vykazoval dobré vlastnosti na prekoncentrovanie cieľových iónov kovu vo vodnom roztoku a dobrú chemickú stabilitu.

Práca vznikla za finančnej podpory grantovej agentúry VEGA 1/0899/16 a UK/36/2018.

Literatúra

1. F. Baruthio, Biol. Trace Elem. Res. 32 (1992) 145-153
2. S. Tiwari, N. Sharma, R. Saxena, New J. Chem. 40 (2016) 1412-1419
3. M.G. Kostakis, I.N. Pasais, V.L. Borova, A.K. Panara, N.S. Thomaidis, Curr. Anal. Chem. 9 (2013) 288-295
4. C.D.B. Amaral, R.S. Amais, L.L. Fialho, D. Schiavo, T. Amorim, A.R.A. Nogueira, F.R.P. Rocha, J.A. Nóbrega, Anal. Methods. 7 (2015) 1215-1220
5. A. Baysal, S. Akman, S. Demir, M. Kahraman, Microchem. J. 99 (2011) 421-424
6. S.L.C. Ferreira, M. Miró, E.G.P. Da Silva, G.D. Matos, P.S. Dos Reis, G.C. Brandao, W.N.L. Dos Santos, A.T. Duarte, M.G.R. Vale, R.G.O. Araujo, Appl. Spectrosc. Rev. 45 (2010) 44-62
7. L.A. Currie, Anal. Chim. Acta. 391 (1999) 105-126

ŠTÚDIUM MOBILITY SYNTETICKÝCH NANOČASTÍC ZLATA V PÔDE POMOCOU UV-VIS A ICP-MS SPEKTROMETRIE

**Martin Šebesta, Marek Kolenčík, Marek
Bujdoš, Peter Matúš**

Univerzita Komenského v Bratislave,
Prírodovedecká Fakulta, Ústav laboratórneho
výskumu geomateriálov, Mlynská dolina,
Ilkovičova 6, 842 05 Bratislava
martin.sebesta@uniba.sk

Abstrakt

V pôdnych kolónových experimentoch sa syntetické nanočastice zlata využívajú k ozrejmieniu procesov transportu koloidných látok v pôde. Je to vďaka nízkemu zastúpeniu zlata a prírodných nanočastíc zlata v pôdach. V tomto príspevku boli syntetické nanočastice zlata využité na štúdium transportu v kolóne plne nasýtenej vodou, v ktorej bola poľnohospodárska pôda. Ich transport bol meraný na výstuhi kolóny pomocou UV-vis spektrometrie. Koncentrácia zachyteného

zlata v jednotlivých hĺbkových profiloch pôdy bola zistená pomocou ICP-MS. Väčšina nanočastíc prechádzajúca cez kolónu bola zachytená na pôde. Výsledky experimentov naznačujú možnosť desorpcie kyseliny citrónovej, ktorá bola použitá na stabilizáciu nanočastíc v aplikovanej koloidnej suspenzii.

Kľúčové slová

Transport nanočastíc, pôda, UV-vis spektrometria, ICP-MS.

1. Úvod

Syntetické nanočastice nachádzajú čoraz väčšie uplatnenie v mnohých oblastiach ľudskej činnosti a ich produkcia sa preto neustále zvyšuje. Nanočastice sú definované ako častice, ktoré majú rozmery v rozmedzí 1 až 100 nm [1,2]. Ich špeciálne vlastnosti sú spojené s ich malou veľkosťou, od ktorej sa odvíja aj ich veľký aktívny povrch. Tieto ich vlastnosti sú potom často využívané a nanočastice nahrádzajú svoje väčšie ekvivalenty pri mnohých aplikáciách, alebo sú využívané v aplikáciách nových [3].

Syntetické nanočastice sa môžu úmyselne alebo neúmyselne dostávať do životného prostredia. Pôdy sú považované za jednu z najdôležitejších zložiek, do ktorej sa môžu syntetické nanočastice dostávať. Úmyselne môžu byť aplikované pri remediálnych opatreniach alebo ako súčasť agrochemikálií aplikovaných na poľnohospodárske plodiny. Neúmyselne sa syntetické nanočastice do pôd dostávajú s aktivovaným kalom z čistiarní odpadových vôd, ktorý môže byť aplikovaný ako hnojivo, alebo depozíciou z atmosféry.

Transport syntetických nanočastíc je ovplyvnený ich vlastnosťami, akými sú ich koncentrácia, veľkosť, tvar, agregácia a modifikácia ich povrchov. Rovnako podmienky v pôdach zohrávajú významnú úlohu. Na mobilitu syntetických nanočastíc a ich distribúciu v pôdach do veľkej miery vplýva heteroagregácia s prírodnými koloidmi, pH, kvalita a koncentrácia prírodných organických látok, iónová sila pôdných roztokov a ich zloženie, distribúcia a množstvo reaktívnych povrchov v tuhej fáze a rýchlosť prietoku [4,5].

Výskum transportu syntetických nanočastíc zlata sa zameriaval na umelé pórovité substráty s homogénnou distribúciou veľkosti častíc, povrchového náboja a povrchových funkčných skupín [6-8]. Na rozdiel od nich sú reálne pôdy polydisperzné s mnohými, heterogénne rozmiestnenými funkčnými skupinami, na ktoré sa môžu nanočastice viazať [4]. Vďaka tomuto môžu byť významné rozdiely v retencii nanočastíc zlata medzi reálnymi pôdami a modelovými umelými substrátmi. Nanočastice zlata môžu v pôdach podliehať mnohým procesom. Môžu stratiť svoju povrchovú modifikáciu,

heteroagregácia s prírodnými koloidmi môže zvýšiť alebo znížiť ich retenciu v pôdach a prírodné organické látky môžu taktiež zmeniť mobilitu nanočastíc zlata svojim naviazaním sa na ich povrch, kde potom môžu meniť agregáciu častíc v pôdnom roztoku skrz elektrostatickú a stérickú stabilizáciu nanočastíc[4,5].

Syntetické nanočastice zlata ich robia výhodnými pre pokročilé aplikácie v nanovedách vrátane výskumu koloidného transportu nanočastíc v prírodných prostrediach. Ich nerozpustnosť, možnosť modifikácie ich povrchu a jednoduchosť ich identifikácie a kvantifikácie v pôdach, kde sa prirodzene Au vyskytuje len vo veľmi nízkych koncentráciách, z nich robia dobré modelové nanočastice [9].

Za účelom hodnotenia transportu syntetických nanočastíc zlata v poľnohospodárskej pôde a vyhodnotenia použiteľnosti UV-vis spektrofotometrie, ktorá bola predtým v tomto zmysle aplikovaná na umelé pórovité substráty, bol použitý kolónový experiment, kde bola pôda plne nasýtená vodou.

2. Experimentálna časť

Pre štúdium transportu syntetických nanočastíc zlata stabilizovaných kyselinou citrónovou (High OD Gold Nanoparticles, 20 nm, OD10, Batch 016811, BBI Solutions) v poľnohospodárskej pôde bola využitá kolóna Omnifit (Sigma Aldrich), do ktorej bolo vložených 50 g pôdy Woburn (Tab. 1). Táto pôda bola vysušená a presitovaná na frakciu pod 2 mm. Výška pôdy v kolóne bola 6 cm, porozita 39 %, jeden pórový objem bol 11,35 ml a objemová hustota vloženej pôdy bola $1,71 \text{ g.cm}^{-3}$.

Tab. 1. Pôda Woburn – vybrané vlastnosti

Vlastnosť	pH-H ₂ O	Obsah organickej hmoty (%)	KVK (cmoc/kg)	Piesok (%)	Prach (%)	Íl (%)
	6,90 ± 0,11	1,80 ± 0,02	13,30	9,0	0,8	3,3

Umelá dažďová voda s chemickým zložením 10 μM NaCl, 5,3 μM (NH₄)₂SO₄, 5,9 μM NaNO₃, 3,9 μM CaCl₂ bola použitá na nasýtenie pôdy v kolóne a taktiež ako mobilná fáza premývajúcú kolónu. Roztok 1000x

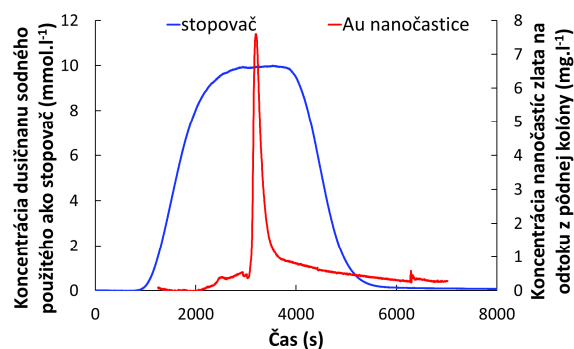
koncentrovanej umelej dažďovej vody bol použitý pri vytvorení suspenzie syntetických nanočastíc zlata o koncentrácii 11,32 $\mu\text{g.ml}^{-1}$, kde sa do 50 ml odbernej banky pridal 1 ml zásobného koloidného roztoku syntetických

nanočastíc zlata, 50 μl 1000x koncentrovanej umelej dažďovej vody a banka bola po rysku doplnená Milli-Q ultračistou vodou. Táto suspenzia bola vytvorená nanovo vždy pred experimentom. Kolóna mala prietokový režim z dola nahor pri stabilnom prietoku 0,5 $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$. Ako inertná zložka neinteragujúca s pôdou (stopovač), podľa ktorej sa zistili hydraulické vlastnosti pôdy, bol použitý roztok 10 mM NaNO_3 . Najprv bolo do kolóny aplikovaných 10 pórových objemov vody, potom 2 pórové objemy 10 mM NaNO_3 . Prienik 10 mM NaNO_3 bol meraný pomocou konduktometra (EP357 Conductivity isoPod™, eDAQ). Do kolóny bola potom znovu pustená umelá dažďová voda tak, aby sa ustálila konduktivita. Potom boli do kolóny pustené 2 pórové objemy suspenzie syntetických nanočastíc zlata a následne ešte 5 pórových objemov umelej dažďovej vody. Pomocou prietokového UV-vis spektrofotometra pri vlnovej dĺžke 526 nm (UV-2075 Plus Intelligent UV/Vis Detector, Jasco) sa merala prietoková krivka nanočastíc zlata.

Pôda z kolóny bola opatrne vybraná a rozdelená na dvanásť 5 mm vysokých pôdnych kolónových sekcií. Pôda bola rozložená pomocou *Aqua regia* metódy pre extrakciu Au z pôdy [10]. Celková koncentrácia Au bola stanovená metódou ICP-MS (Sciex Elan 6000, Perkin-Elmer). Relatívny obsah na pôde zachytených nanočastíc Au bol vypočítaný z hmotnosti vysušených pôdnych frakcií a z koncentrácie Au v týchto frakciách.

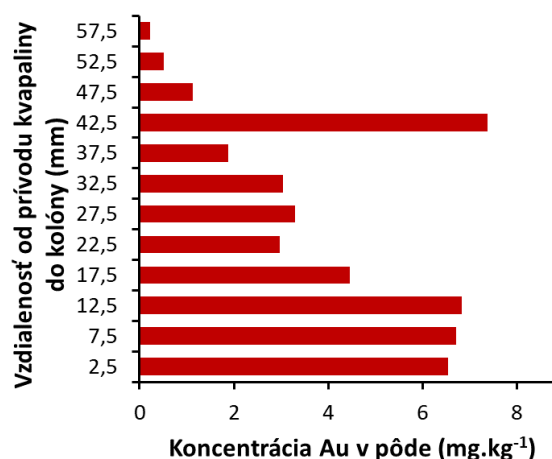
3. Výsledky a diskusia

Obr. 1 zobrazuje prienikovú krivku 10 mM NaNO_3 stopovača a prienikovú krivku nanočastíc zlata na odtoku z pôdnej kolóny. Ak by nanočastice zlata len slabo reagovali s pôdou, tvar krivky by sa viac podobal na prienikovú krivku stopovača. Namiesto toho vidieť, že väčšina nanočastíc Au bola zachytená na pôde a len ich časť bola uvoľnená z pôdy rýchlo. Následne sa niektoré nanočastice zlata ďalej z pôdy uvoľňovali pomaly. Aj keď sa nanočastice Au v pôde pomerne silno viažu na pôdu, ich väzba je aspoň sčasti reverzibilná a môžu byť postupne transportované do hlbších častí pôdy.



Obr. 1. Prieniková krivka 10 mM NaNO_3 stopovača a syntetických nanočastíc zlata

Po kolónovom experimente sa pôda opatrne vybrala z kolóny a rozdelila na dvanásť 5 mm sekcií, v ktorých boli merané koncentrácie zlata pomocou metódy ICP-MS (Obr. 2). Z koncentrácií Au v jednotlivých častiach pôdy, ich hmotnosti a koncentrácie Au v suspenzii pridanej do kolóny sa vypočítala relatívna koncentrácia syntetických nanočastíc zlata zachytených v pôde.



Obr. 2. Koncentrácie zlata v jednotlivých sekciách pôdy po kolónovom experimente

V pôde bolo zachytených 71 % syntetických nanočastíc zlata aplikovaných do kolóny. Zlato sa teda v pomerne veľkej miere zachytáva na pôdu. Z obsahov v jednotlivých sekciách pôdy vidieť, že väčšina nanočastíc zlata sa zachytila už na pôde na začiatku pôdnej kolóny. Zvýšená koncentrácia vo vzdialenosti 42,5 mm od prívodu kvapaliny do kolóny môže naznačovať transport spôsobený nerovnomerným rozložením pórov v kolóne a vplyvom preferenčných prúdení, kde sa zmenou veľkosti pórov znovu nanočastice zachytia v hlbšej časti kolóny.

4. Záver

Cieľom kolónových experimentov bolo stanoviť retenciu syntetických nanočastíc zlata v pôde. UV-vis spektrofotometria môže byť v reálnych pôdach použitá len pri vysokých koncentráciách syntetických nanočastíc zlata a môže byť negatívne ovplyvnená vysokým pozadím uvoľňujúcich sa prírodných koloidov a iných látok s absorbanciou vo zvolenej vlnovej dĺžke. Väčšia časť nanočastíc Au (71 %) bola zachytená v pôde a ich transport bol oproti umelým pórovitým prostrediam nižší. Tento experiment chcel poukázať na dôležitosť merania transportu syntetických nanočastíc v reálnych pôdach, ktoré sú komplikovanejším systémom s vlastnosťami [11,12], ktoré nedokážu umelé homogénne pórovité prostredia dostatočne simulovať.

Práca bola podporená projektom VEGA 1/0836/15.

Literatúra

1. J. Rumble, Uniform Description System for Materials on the Nanoscale. CODATA-VAMAS

Working Group On the Description of Nanomaterials, Version 2.0, Zenodo, <http://doi.org/10.5281/zenodo.56720>, stiahnuté 3.6.2018

2. M. Boholm, R. Arvidsson, Nanoethics 10 (2016) 25-40
3. M.E. Vance, T. Kuiken, E.P. Vejerano, S.P. McGinnis, M.F. Hochella, D. Rejeski, M.S. Hull, Beilstein J. Nanotechnol. 6 (2015) 1769-1780
4. M. Šebesta, M. Kolenčík, P. Matúš, L. Kořenková, Chem. Listy 111 (2017) 322-328
5. W. Peijnenburg, A. Praetorius, J. Scott-Fordsmand, G. Cornelis, Environ. Pollut. 218 (2016) 1365-1369
6. S. Xu, Q. Liao, J. Saiers, Environ. Sci. Technol. 42 (2008) 771-778
7. A. Naftaly, I. Dror, B. Berkowitz, Water Resour. Res. 52 (2016) 5473-5491
8. M.Y. Chan, P.J. Vikesland, Environ. Sci. Technol. 48 (2014) 1532-1540
9. Y. Yecheskel, I. Dror, B. Berkowitz, J. Hazard. Mater. 311 (2016) 254-262
10. J. Medved', M. Bujdoš, P. Matúš, J. Kubová, Anal. Bioanal. Chem. 379 (2004) 60-65
11. L. Kořenková, P. Dlapa, I. Šimkovic, M. Ďuriš, R. Mičuda, Meteorologický časopis 9 (2006) 139-142
12. I. Šimkovic, L. Kořenková, P. Dlapa, R. Mičuda, A. Šimonovičová, Meteorologický časopis 9 (2006) 171-174

SPRÁVY Z ODBORNÝCH AKCIÍ

16TH CZECH-SLOVAK SPECTROSCOPIC CONFERENCE 2018

27-31 May, 2018

Luhačovice, Czech Republic

<http://16cssc2018.spektroskopie.cz>

Od 27. do 31. mája 2018 sa v hoteli Harmonie v Luhačoviciach (ČR) konalo už šestnásť medzinárodné stretnutie vedeckých pracovníkov v oblasti spektroskopie a spektrometrie – 16th Czech-Slovak Spectroscopic Conference (CSSC). Pokračuje tak tradícia dlhodobej spolupráce oboch národných spektroskopických spoločností – Spektroskopickkej spoločnosti Jana Marka Marci (SS JMM) a Slovenskej spektroskopickkej spoločnosti (SSS). Stretnutia, organizované Československou spektroskopickou spoločnosťou v minulosti (do roku 1993), pokračovali samostatne ako národné spektroskopické konferencie, ale od

roku 2008 sú to opäť spoločné podujatia (XIX. SČSK 2008 v Častej-Papierničke, SR; 14. ČSSK 2010 v Litomyšli, ČR; XX. SČSK 2012 v Tatranskej Lomnici, SR; 15. ČSSK 2014 v Prahe, ČR; XXI. SČSK 2016 v Liptovskom Jáne, SR).



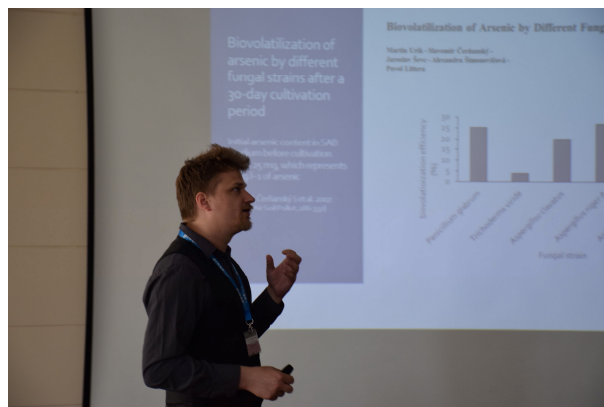
Posledný ročník CSSC bol organizovaný pod vedením predsedu SS JMM prof. Viktora

Kanického a s finančnou pomocou 3 generálnych (Analytika, HPST a Pragolab), 2 hlavných (Anton Paar a Metrohm) a 13 ďalších partnerov (ABL&E JASCO, AtomTrace, Chromspec, Nuvia, Cameca, Optik Instruments, Perkin Elmer, Rigaku, RMI, Renishaw, Shimadzu, Specion a Spectro CS). Na konferencii bolo prítomných cca 150 účastníkov nielen z hlavných usporiadateľských krajín, t.j. Slovenska a Českej republiky, ale aj z Belgicka, Nemecka, Švajčiarska, Talianska, Španielska, Maďarska, Poľska a Rakúska. Odborný program konferencie bol zložený z 13+2 sekcií so 6 plenárnymi a 10 vyzvanými prednáškami, 45 orálnymi + 44 posterovými prezentáciami. Jeho súčasťou bolo aj mikrosympóziu *Challenges in Raman spectroscopy*, venované pamiatke doc. Bohuslava Straucha (1929-2017), priekopníka Ramanovej spektroskopie v Československu.



Abstrakty všetkých príspevkov vyšli v elektronickom Book of Abstracts, celé príspevky bolo možné publikovať vo forme článkov v karentovanom časopise *Chemical Papers* po štandardnom recenznom konaní. Z príspevkov vyberám plenárne a vyzvané prednášky:

- A. D'Ulivo *Chemical vapor generation by aqueous boranes: from analytical applications to mechanistic investigation*
- Z. Weiss *Advances in glow discharge emission spectroscopy: selective excitation, transition rate diagrams and beyond*
- J. Franzke *Dielectric barrier discharges - plasma fundamentals and applications in analytical chemistry*
- M. Aghaei *Particle journey through an ICP torch: what modeling reveals?*



- M. Urík *Experimental separation of mobile elements' fraction using extraction with extracellular fungal metabolites*
- M. Miglierini *Synchrotron radiation aided Mössbauer spectrometry*



- M. Hof *Lipid driven nanodomains are fluid*
- R. Fiala *NMR spectroscopy methods for the studies of biomolecular structure and dynamics*
- V. Sklenář *Disentangling puzzles - atomic resolution studies of protein disorder*
- J. Popp *Clinical Raman spectroscopy - diagnosis before therapy*
- R. Zenobi *Tip-enhanced Raman spectroscopy - principles and applications*
- J. Kaiser *3D chemical imaging through a combination of laser-induced breakdown spectroscopy and computed tomography*
- N. Jakubowski *Method development for metal detection at cellular levels*
- G. Allmaier *From nanoparticle separation/detection by differential mobility analysis to high energy collision induced dissociation MS*

- M. de Loos-Vollebregt *Dealing with the matrix and background in analytical atomic spectroscopy*
- J. Čáslavský *Mass spectrometry in environmental analysis*



V rámci konferencie prebehli aj dve odborné súťaže a na stredajšom večernom bankete boli udelené 4 ceny:

Cena za najlepšiu študentskú prednášku

- E. Pospíšilová *Laser ablation-based methods in the analysis of clay ground layers in painting*

Cena za najlepšiu poster

- 1. miesto: L. Bednárová *Chiral plasmonic nanoassemblies*
- 2. miesto: K. Kostolanská *Online solid-phase extraction liquid chromatography - mass spectrometry of hair cortisol using a surrogate analyte*
- 3. miesto: O. Zvěřina *Determination of cadmium and iron in one firing with high-resolution continuum source AAS*



Počas banketu SS JMM udelila aj Medailu Jana Marka Marci z Kronlandu siedmym vedcom (A. D'Ulivo, N. Jakubowski, J.

Komárek, M. de Loos-Vollebregt, M. Miglierini, J. Popp a R. Zenobi).



Spoločenský program obsahoval okrem nedeľného uvítacieho večierku a už zmieneneho banketu aj ochutnávku vína a piva, exkurziu do destilérky Rudolf Jelínek, výlet na hrad Buchlov alebo jazdu loďou po Baťovom kanále s následnou prehliadkou žrebčína v Napajedloch.



Nasledujúci XXII. ročník Slovensko-Českej spektroskopickkej konferencie sa bude konať v roku 2020.



Peter Matúš
Foto: SS JMM (9)

PRAGOLAB DISCOVERY DAYS 2018

13. jún 2018

Bratislava

<http://www.pragolab.sk>



13. júna 2018 sa v bratislavskom hoteli NH Bratislava Gate One uskutočnil odborný seminár, organizovaný spoločnosťou Pragolab, s.r.o., zameraný na praktické zoznámenie sa s prístrojmi firiem Thermo Fisher Scientific, Edinburgh Instruments, Suez Water Technologies and Solutions, Trace Elemental Instruments, Leica Microsystems, Surface Measurement Systems, Cordouan Technologies a možnosťami ich aplikácií.

Seminár bol zameraný okrem analytických metód aj na oblasť fyzikálnych meraní a na oblasť optickej mikroskopie. Oficiálny program seminára obsahoval praktické ukážky merania (aj vlastných) vzoriek a nasledujúce odborné prednášky, prebiehajúce v dvoch paralelných sekciách:

- M. Godula: *Ozvěny ASMS 2018 – novinky Thermo Scientific*,
- R. Mistrík: *Identifikácia látok v treťom tisícročí*,
- L. Kristensen: *Next generation technology for reproducible and precise proteome profiling*,

- S. D. Lofthouse: *Thermo Scientific iCAP RQ and TQ ICP-MS – Solutions for challenging applications*,
- L. Mounier: *Latest trends and developments in IRMS*,
- R. Repáš: *Novinky v oblasti iónovej chromatografie a IC-MS*,
- M. Tesa: *Time-resolved fluorescence spectroscopy: Instrumentation and applications*,
- D. Kellnersteinmetz: *Total organic carbon (TOC) for water and cleaning samples*,
- F. Hazenbroek: *A new TOC and TNb solution for various water samples*,
- J. Karas: *Pokročilé kontrastní metody v mikroskopii*,
- M. Kopecký: *Poznejte možnosti interaktivní mikroskopické laboratoře*,
- G. Parma: *Propojení optické a chemické analýzy pomocí RapID LIBS systému na Leica mikroskopech*,
- B. Jakob: *Process parameters and screw configurations for compounding of feedstock and batch mixer tests on MIM materials*,
- D. Villalobos: *Latest advances in sorption science: Gravimetric gas/vapor sorption as characterisation technique*,
- S. Boj: *New developments on dynamic light scattering: Application to kinetic measurement for nanoparticles synthesis*.

Peter Matúš

24th International Symposium on Separation Sciences and 21st International Conference of Human Health

17-20 June 2018

Jasná, Slovakia

www.iss2018.sk



V dňoch 17.-20. júna 2018 sa uskutočnil v Jasnej 24. ročník medzinárodnej konferencie

International Symposium on Separation Sciences ISSS 2018 spolu s 21. ročníkom medzinárodnej konferencie *Analytical Methods and Human Health AMHH 2018*. Hlavným organizátorom podujatia bola Katedra analytickej chémie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave (PriF UK) v spolupráci so Stredoeurópskou skupinou pre separačné vedy (CEGSS), s Odbornou skupinou pre chromatografiu a elektroforézu Slovenskej chemickej spoločnosti (SCHS), Európskou spoločnosťou pre separačné vedy (EUSSS) a Slovenskou vákuovou spoločnosťou (SVS). Vedecký program konferencie bol zameraný

predovšetkým na najnovšie trendy a dosiahnuté výsledky v oblasti analytických separačných metód aj vzhľadom na to, že väčšina prednášajúcich patrí medzi špičkových odborníkov, ktorí svoj vedecký záujem sústreďujú v tejto oblasti analytickej chémie. Témy konferencie boli rozdelené do niekoľkých skupín: • *Fundamental aspects of separation sciences* • *Advances in separation techniques* • *Novel instrumentation in separation sciences* • *Multidimensional analytical methods* • *Sample preparation techniques* • *Drug analysis and bioanalysis* • *Forensic analysis* • *Environmental and industrial application* • *Analytical chemistry methods and human health* • *Food and consumer product safety* • *Chemometry and data processing*. Na konferencii sa aktívne zúčastnilo 160 účastníkov z 21 krajín vrátane zástupcov ôsmich vystavujúcich firiem. V rámci odborného programu konferencie odznelo 54 prednášok v dvoch paralelných sekciách, medzi ktorými bolo 6 plenárnych a 16 pozvaných prednášok od prednášateľov z renomovaných pracovísk akademických a výskumných inštitúcií. Konferenciu odborne a sponzorsky podporil rad firemných partnerov, z ktorých viacerí prispeli do programu priamo odbornými prednáškami a formou výstavy svojho portfólia a najnovšej analytickej inštrumentácie, ale aj mediálnou podporou. Súčasťou konferencie bola aj posterová sekcia, počas ktorej bolo odprezentovaných 118 posterov počas dvoch dní. Osobitne potešila početná účasť mladých výskumníkov, pre ktorých boli vytvorené priaznivé podmienky – nielen znížené vložné, ale aj možnosť prezentácií, ktoré sa stretli

so živým záujmom prednášateľov aj poslucháčov. Z odprezentovaných prednášok a posterov vydala Katedra analytickej chémie PriF UK Zborník abstraktov, ktorý má 210 strán. ISSS 2018 mala podľa vyjadrení účastníkov, vysokú vedeckú úroveň, účastníci však vyzdvihli aj spoločenskú stránku podujatia, priateľskú atmosféru a prostredie konania konferencie. Miestom na neformálne a pracovné stretnutia boli príjemné priestory konania podujatia hotela Grand**** Jasná. Súčasťou spoločenského programu bola návšteva vrcholu Chopku modernými lanovkami a spoločenská večera v sprievode cimbalovej hudby v priestoroch hotela, sponzorovaná firmou Pragolab. Na záver, ale vôbec nie v poslednej rade by sme radi poďakovali všetkým sponzorom, menovite firmám (Pragolab, s.r.o.; Waters; Air Liquide Slovakia, s.r.o.; D-Ex Instruments, s.r.o.; Restek; Shimadzu; Villa Labeco, s.r.o.; Hermes LabSystems, s.r.o.; VWR, CASSS a Chromatographia za ich finančnú, materiálnu a mediálnu pomoc, ktorá nám pomohla zabezpečiť úspešný priebeh podujatia. A taktiež všetkým členom organizačného tímu, ktorí sa postarali od úvodnej registrácie cez technické zabezpečenie jednotlivých sekcií až po všetky ďalšie nevyhnutné organizačné záležitosti o plynulý priebeh konferencie konanej v krásnom prostredí Demänovskej doliny. Viac informácií nájdete na web stránke konferencie www.iss2018.sk. Ďalšie stretnutie ISSS 2019 budú v roku 2019 organizovať kolegovia z Poľska.

Simona Procházková, Milan Hutta

MÖSSBAUER SPECTROSCOPY IN MATERIALS SCIENCE MSMS 2018

25-28 June 2018

Prague, Czech Republic

<http://www.msms-conference.com>



Ďalšia, v poradí už trinásta zo série tradičných medzinárodných konferencií s názvom Mössbauer Spectroscopy in Materials Science msms2018 sa tentoraz konala v Prahe (www.msms-conference.com/). V starobylej Vila Lanna v tichom prostredí Dejví sa stretlo spolu 58 priaznivcov Mössbauerovej spektrometrie. Počiatok konferencií zo série msms spadá do r. 1994, kedy sa v slovenských Kočovciach konalo prvé stretnutie českých a slovenských mössbaueristov so

zahraničnými expertmi. Nasledovali ďalšie konferencie, ktoré sa striedavo uskutočnili v Českej republike a na Slovensku: Lednice (1996), Senec (1998), Velké Losiny (2000), Smolenice (2002), Všemina (2004), Kočovice (2006), Hlohovec u Břeclavi (2008, 2014), Liptovský Ján (2010, 2016) a Olomouc (2012). Tohtoročná konferencia bola zorganizovaná pri príležitosti okrúhlych životných jubileí troch významných odborníkov z oblasti Mössbauerovej spektrometrie, ktorí v nej doposiaľ aktívne pôsobia v Českej republike. Sú to RNDr. Karel Závěta, CSc. z Prahy, ktorý

oslávil svoje 85. narodeniny, Ing. Oldřich Schneeweiss, DrSc. z Brna, ktorý si pripomína svoje 70. narodeniny, a prof. RNDr. Miroslav Mašláň, CSc. z Olomouce, ktorý nedávno dovŕšil 60 rokov svojho plodného života. Účastníci konferencie si pripomenuli významné vedecké prínosy oslávencov, ktoré sú obzvlášť podstatné v oblastiach magnetizmu, fyziky kovov, či metodológie experimentov Mössbauerovej spektrometrie. O niektorých z nich hovorili sami oslávenci vo svojich vystúpeniach.



Účastníci konferencie msms2018

Účastníci konferencie venovali aj tichú spomienku nedávno zosnulému prof. Krzysztofovi Ruebenbauerovi z Krakova, ktorý nás navždy náhle opustil vo veku nedožitých 71 rokov. Prof. Ruebenbauer aktívne vystupoval na všetkých konferenciách zo série msms a svojimi prednáškami a tiež diskusnými príspevkami prispel významnou mierou k ich atraktivnosti. Určite by to tak bolo aj na tohtoročnej akcii.

Na organizácii konferencie msms2018 sa podieľala aj Slovenská spektroskopická spoločnosť. Popri 34 odborníkoch sa akcie zúčastnilo aj 19 žien, ktoré pracujú v oblasti Mössbauerovej spektroskopie (ďalších 5 boli

sprevádzajúce osoby). Celkovo bolo reprezentovaných 9 krajín z viacerých kontinentov: Česká republika (29), Rusko (11), Maďarsko (6), Slovensko (5), Poľsko (2), Kanada (2), Taliansko (1), Veľká Británia (1) a Japonsko (1).

Na konferencii odznelo 5 plenárnych prednášok a 39 ústnych referátov. S plenárnymi prednáškami vystúpili K. Závěta (Praha), ktorý hovoril o svojom zoznámení sa s Mössbauerovou spektroskopiou, N. I. Chistyakova z Moskvy (Rusko) referovala o využití Mössbauerovej spektroskopie pri vyšetrovaní mikrobiálnych transformácií železo-obsahujúcich minerálov v alkalických

podmienkach, E. Kuzmann z Budapešti (Maďarsko) predniesol prednášku s názvom *Characterization of direct current and pulse plated novel quaternary Sn-Fe-Co-Ni alloys*, M. Mašláň (Olomouc) spomenul svoj príspevok pri návrhoch mössbauerovských spektrometrov v minulosti, súčasnosti, ako aj možné trendy pre budúcnosť a S. Kubuki z Tokia (Japonsko) predstavil výsledky výskumu svojej skupiny v oblasti svetlom aktivovaných fotokatalytických a fotofentonových reaktívnych silikátových skiel s obsahom železa a cínu.

Prednášky ďalších účastníkov boli venované najrôznejším oblastiam aplikácií Mössbauerovej spektrometrie. Za zmienku stoja referáty o využití feritov a ferátov pri úpravách vody (L. Machala, Olomouc), štruktúrnych vlastnostiach o kyslík ochudobneného strontnatého feritu (V. Sedykh, Černogolovka, Rusko), či charakterizácia nanočastíc, s ktorými sa uvažuje pri výžive rastlín (Z. Klencsár, Budapešť, Maďarsko). Netradičné aplikácie metódy Mössbauerovej spektrometrie boli prezentované pri identifikácii minerálov z geologických vrstev (K. Lázár, Budapešť, Maďarsko), skúmaní vplyvu ožiarenia ťažkými iónmi na amorfnú štruktúru kovových skiel (Š. Michalík, Didcot, UK), prípadne štúdie železo obsahujúcich materiálov pre biologické a chemické aplikácie, ktorú prezentovala hlavná organizátorka msms2018 A. Lančok z Prahy. Popri „konvenčných“ experimentoch, ktoré využívajú izotop ^{57}Fe , odznali aj príspevky s využitím iných rádionuklidov. Konkrétne sa jednalo o izotop ^{119}Sn , použitie ktorého demonštrovali hneď niekoľkí prednášatelia. Popri už spomínaných rečníkoch (E. Kuzmann z Budapešti a S. Kubuki z Tokia), to bol aj G. Dénès (Montreal, Kanada), ktorý hovoril o nízko-dimenzionálnych prejavoch materiálov obsahujúcich dvojmocný cín. Veľmi neobvyklé a experimentálne veľmi náročné je použitie izotopu ^{197}Au , o ktorom referoval S. Stichleutner z Budapešti.

Jedným z hlavných cieľov stretnutí msms je obzvlášť poskytnúť priestor mladým vedeckým pracovníkom a doktorandom, aby získali skúsenosti z ústnych vystúpení prednesom výsledkov svojej práce v

anglickom jazyku. Z toho dôvodu nie je na týchto podujatiach posterová sekcia a všetky príspevky sú vo forme prednášok. Na motiváciu mladých účastníkov msms2018 pripravili organizátori súťaž o najlepšiu ústnu prezentáciu. Bez uvedenia poradia boli ocenené tri študentské prezentácie, ktoré vybrala porota zložená z renomovaných expertov.

Porotu najviac zaujali vystúpenia A. V. Antonovej zo Štátnej moskovskej univerzity M. V. Lomonosova (Moskva, Rusko) s názvom *Investigation of iron compounds transformations by syntrophic culture*, A. Ciniho z Florentskej univerzity (Florenca, Taliansko) *Synchrotron Mössbauer spectroscopy unveils the properties of a monolayer of single molecule magnets deposited on gold* a V. Vrba z Palackého univerzity v Olomouci (Olomouc, Česká republika), ktorý hovoril na tému *Identification of spatially localised inhomogeneities in metallic glasses by in-situ nuclear forward scattering*. Kým prvá prednáška upútala štúdiom premien minerálov vplyvom pôsobenia baktérií, druhé dve prednášky referovali o využití synchrotrónového žiarenia, ktoré otvára úplne nové obzory v rozvoji techniky Mössbauerovej spektrometrie.



Ocenení laureáti súťaže o najlepšiu študentskú prednášku: (zľava) A. Cini (Florenca), A. V. Antonova (Moskva) a V. Vrba (Olomouc)

Zástupcovia študentov zo Slovenskej spektroskopickej spoločnosti prezentovali nasledovné práce: I. Bonková (Univerzita Komenského, Bratislava) *Spleen tissues studied by Mössbauer spectrometry*, L. Pašteka (Univerzita Komenského, Bratislava) *Microstructure of steels for nuclear facilities* a D. Holková (Slovenská technická univerzita v Bratislave) *Creation of nanocrystalline alloys after Cu ions implantation in amorphous precursors*. Ďalšiu prednášku za Slovenskú spektroskopickú spoločnosť s názvom *Crystallization of metallic glasses inspected by ex situ and in situ techniques based upon hyperfine interactions* predniesol M. Miglierini.



L. Pašteka počas svojej prednášky na msms2018



I. Bonková počas svojej prednášky na msms2018

Podľa hodnotenia účastníkov bola tohtoročná konferencia msms2018 vydarenou akciou. V súlade so svojou tradíciou poskytla dostatočný časový priestor na prezentovanie dosiahnutých výsledkov a ich následnú diskusiu. Taktiež dala možnosť mladej nastupujúcej generácii výskumníkov preveriť si svoje znalosti a zručnosti pri prezentovaní a obhajovaní vlastnej práce. Nasledujúca konferencia zo série msms sa uskutoční v r. 2020.

Marcel Miglierini

Foto: T. Kmječ (2), A. Lančok (2)

BUDÚCE ODBORNÉ AKCIE

SLOVENSKO A ČESKÁ REPUBLIKA

70. Sjezd chemiků

9.-12. září 2018

Zlín, ČR

<http://sjezd70.csch.cz>

7th Meeting on Chemistry and Life 2018

12-14 September 2018

Brno, Czech Republic

http://www.fch.vut.cz/chl_2018.html

19. Škola hmotnostní spektrometrie

10.-14. září 2018

Špindlerův Mlýn, ČR

<http://www.skolams.cz>

Odběry vzorků 2018

17.-20. září 2018

Lednice, ČR

<http://www.2theta.cz>

13th International Conference on Solid State Chemistry
16-21 September 2018
Pardubice, Czech Republic
<http://www.ssc-conference.com/2018>

II. Setkání uživatelů FTIR a Ramanových spektrometrů BRUKER
26. září 2018
Brno, ČR
<http://www.brukeroptics.cz>

Úvod do Ramanovej spektrometrie a mikroskopie nanoobjektů
8.-10. október 2018
Praha, ČR
<http://www.pragolab.sk>

5th International Scientific Conference on Biotechnologies and Metals 2018
11-12 October 2018
Košice
luptakal@saske.sk

CECE 2018
15-17 October 2018
Brno, Czech Republic
<http://www.ce-ce.org>

Analýza anorganických látek 2018
15.-18. říjen 2018
Lednice, ČR
<http://www.2theta.cz>

Jesenný cyklus odborných seminářů
23., 24., 25. október 2018
Nitra, Košice, Banská Bystrica
<http://www.pragolab.sk>

FTIR Analýza palív a mazív
29. október 2018
Praha, ČR
<http://www.pragolab.sk>

Teoretické základy infračervenej mikroskopie
5. november 2018
Praha, ČR
<http://www.pragolab.sk>

Příprava a užití referenčních materiálů a mezilaboratorního porovnání zkoušek VII
5.-7. listopad 2018
Lednice, ČR
<http://www.2theta.cz>

10th Solid State Surfaces and Interfaces
19-22 November 2018
Smolenice Castle, Slovakia
<https://lm.uniza.sk/~jurecka/konferencie/SSSI-2018/?str=8>

Hutní a průmyslová analytika 2019
8.-11. duben 2019
Karlovy Vary, ČR
<http://www.2theta.cz>

ZAHRAŇIČIE

International Conference on Magnetic Resonance in Biological Systems (ICMRBS XXVIII)
18-24 August 2018
Dublin, Ireland
<http://icmrbs.org>

XXXIV European Congress on Molecular Spectroscopy
19-24 August 2018
Coimbra, Portugal
<http://www.qui.uc.pt/eucmos2018>

International Conference on Many Particle Spectroscopy of Atoms, Molecules, Clusters and Surfaces
21-24 August 2018
Budapest, Hungary
<http://ekho94.hu/en/conference/view/32/the-international-conference-on-many-particle-spectroscopy-of-atoms-molecules-clusters-and-surfaces>

7th EuCheMS Chemistry Congress
26-30 August 2018
Liverpool, United Kingdom
<https://www.euchems2018.org>

35th International Conference on Solution Chemistry

26-30 August 2018

Szeged, Hungary

<http://www.mke.org.hu/ICSC2018>

22nd International Mass Spectrometry Conference

26-31 August 2018

Florence, Italy

<http://www.imsc2018.it>

26th International Conference on Raman Spectroscopy

26-31 August 2018

Jeju, Korea

<http://www.icors2018.org>

25th International Conference on High Resolution Molecular Spectroscopy

3-7 September 2018

Bilbao, Spain

<http://www.chem.uni-wuppertal.de/conference>

15th Eurasia Conference on Chemical Sciences

5-8 September 2018

Rome, Italy

<http://www.eurasia2018.org>

1st International Conference on Ion Analysis

9-13 September 2018

Berlin, Germany

<https://www.icia-conference.net>

SIMS Europe 2018

16-18 September 2018

Münster, Germany

<https://www.sims-europe.org>

Small Molecule NMR Conference

16-19 September 2018

Philadelphia, USA

<http://www.smashnmr.org/conference/program>

14th International Conference on the Applications of Magnetic Resonance in Food Science

17-21 September 2018

Rennes, France

<https://www.foodmr.org>

32nd International Symposium on Chromatography ISC 2018

Cannes-Mandelieu, France

23-27 September, 2018

<http://isc2018.fr>

Modern Development of Magnetic Resonance

24-28 September 2018

Kazan, Russia

<http://kfti.knc.ru/mdmr/2018>

16th Hungarian-Italian Symposium on Spectrochemistry

3-6 October 2018

Budapest, Hungary

<http://www.mke.org.hu/16HISS>

Functional Near Infrared Spectroscopy (fNIRS 2018)

5-8 October 2018

Tokyo, Japan

<http://fnirs2018.org>

EcoBalt 2018

25-27 October 2018

Vilnius, Lithuania

<http://www.ecobalt.chgf.vu.lt>

Multivariate Analysis of Spectroscopic Data

19-21 November 2018

Utrecht, Netherlands

<http://www.camo.com/training/more/en/spectroscopy.html?id=810&tid=20&po=1>

6th Workshop on Field-Flow Fractionation – Mass Spectrometry (FFF-MS)

22-23 November 2018

Koblenz, Germany

https://www.bafg.de/DE/05_Wissen/02_Veranst/2018_11_22.html

18th European Winter Conference on Plasma Spectrochemistry 2019

3-8 February 2019

Pau, France

<http://www.winterplasma2019.com>

7th International Symposium on Metallomics

30 June - 3 July 2019

Warsaw, Poland

<http://metallomics2019.pl>

NOVÉ KNIHY

Applications of NMR Spectroscopy

Atta ur Rahman and M. Iqbal Choudhary (Eds.)
Bentham Science Publishers, 2018, 286 p.
ISBN 1681082888

Advances in the Use of Liquid Chromatography Mass Spectrometry (LC-MS): Instrumentation Developments and Applications

Achille Cappiello and Pierangela Palma (Eds.)
Elsevier, 2018, 446 p.
ISBN 0444639144

Thermal Ionization Mass Spectrometry

Biswaranjan Paital and Teodor Octavian Nicolescu
Scitus Academics Llc, 2018, 366 p.
ISBN 164224189X

X-ray Absorption Spectroscopy for the Chemical and Materials Sciences

John Evans
Wiley, 2018, 224 p.
ISBN 1119990904

Measuring Elemental Impurities in Pharmaceuticals: A Practical Guide

Robert Thomas
CRC Press, 2018, 502 p.
ISBN 1138197963

Integration of Omics Approaches and Systems Biology for Clinical Applications

Antonia Vlahou and Fulvio Magni (Eds.)
Wiley, 2018, 384 p.
ISBN 1119181143

Infrared Spectroscopy

James M. Thompson
Pan Stanford, 2018, 210 p.
ISBN 9814774782

Laser Physics and Spectroscopy

Pradip Narayan Ghosh
CRC Press, 2018, 212 p.
ISBN 113858827X

Impedance Spectroscopy: Theory, Experiment, and Applications

Evgenij Barsoukov and J. Ross Macdonald (Eds.)
Wiley, 2018, 560 p.
ISBN 1119074088

EPR Spectroscopy: Fundamentals and Methods

Daniella Goldfarb and Stefan Stoll (Eds.)
Wiley, 2018, 648 p.
ISBN 1119162998

Direct Analysis in Real Time Mass Spectrometry: Principles and Practices of DART-MS

Yiyang Dong (Eds.)
Wiley-VCH, 2018, 376 p.
ISBN 3527341846

Computational Optical Biomedical Spectroscopy and Imaging

Sarhan M. Musa (Ed.)
CRC Press, 2018, 476 p.
ISBN 1138748501

Infrared Spectroscopy of Minerals and Related Compounds

Nikita V Chukanov and Alexandr D Chervonnyi
Springer, 2018, 1120 p.
ISBN 331979776X

Applications of Mass Spectrometry in Microbiology: From Strain Characterization to Rapid Screening for Antibiotic Resistance

Plamen Demirev and Todd R. Sandrin (Eds.)
Springer, 2018, 344 p.
ISBN 331979888X

Spectroscopy of Complex Oxide Interfaces: Photoemission and Related Spectroscopies

Claudia Cancellieri and Vladimir N. Strocov (Eds.)
Springer, 2018, 320 p.
ISBN 3319749889

Rare-Earths and Actinides in High Energy Spectroscopy

Christiane Bonnelle and Nissan Spector
Springer, 2018, 400 p.
ISBN 9402413154

Quantitative Proteomics by Mass Spectrometry

Salvatore Sechi (Ed.)
Humana Press, 2018, 322 p.
ISBN 1493980661

Quantitative Biological and Clinical Mass Spectrometry: An Introduction

Anthony I. Mallet
Wiley, 2018, 224 p.
ISBN 1119281202

Laser Spectroscopy and Laser Imaging: An Introduction

Helmut H. Telle and Ángel González Ureña
CRC Press, 2018, 750 p.
ISBN 1466588225

Analytical Methods for Food Safety by Mass Spectrometry: Volume I Pesticides

Guo-Fang Pang
Academic Press, 2018, 880 p.
ISBN 0128141670

Analytical Methods for Food Safety by Mass Spectrometry: Volume II Veterinary Drugs

Guo-Fang Pang
Academic Press, 2018, 656 p.
ISBN 0128141654

SPOLOČENSKÁ RUBRIKA

Významné životné jubileá členov Slovenskej spektroskopickkej spoločnosti v roku 2018

Päťdesiatroční jubilanti

Ing. Peter Maňkoš
Ing. Jana Mochnacká
Ing. Viera Murárová
Ing. Jela Valachová, PhD.

Päťdesiatpäťroční jubilanti

RNDr. Jana Blašková
Ing. Hildegarda Dioszegiová
prof. Dr. Detlef Günther
Ing. Miroslav Petráš
Ing. Jarmila Švancarová Laštincová, PhD.
doc. Ing. Viera Vojteková, PhD.

Šesťdesiatroční jubilanti

Ing. Božena Alaxinová
Ing. Dana Kyslá
doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.
RNDr. Hedviga Stanová
RNDr. Eva Terpáková, CSc.

Šesťdesiatpäťroční jubilanti

prof. RNDr. Alžbeta Hegedúsová, PhD.
prof. RNDr. Viktor Kanický, DrSc.
RNDr. Jozef Rigas
Ing. Monika Ursínyová, PhD.

Sedemdesiatroční jubilanti

Ing. Anna Vlčáková

Sedemdesiatpäťroční jubilanti

RNDr. Ján Medved', CSc.

Osemdesiatroční jubilanti

prof. Ing. Andrej Staško, DrSc.

Osemdesiatpäťroční jubilanti

prof. Dr. Viliam Krivan

V mene SSS všetkým jubilantom srdečne blahozeláme a do ďalších rokov želáme veľa zdravia a tvorivých síl.

Redakčná rada Spravodaja SSS

OZNAMY, PONUKY, POŽIADAVKY

ČLENSKÉ POPLATKY

Členský poplatok za rok 2018 vo výške 5 EUR pre individuálnych členov alebo vo výške 50 EUR pre kolektívnych členov, prosím, uhradte na účet SSS v Tatra banke (Hodžovo námestie 3, 811 06 Bratislava), pobočka Karloveská 1, 841 04 Bratislava, č. ú.: **2921888728**, kód banky: **1100**. V poznámke pre príjemcu **nezabudnite uviesť svoje meno a názov organizácie**.

Ďalej prosíme členov, ktorí ešte nezaplatili členské za predchádzajúce roky, aby tak urobili čo najskôr.

Ďakujeme.

Hlavný výbor SSS

LITERATÚRA

Slovenská spektroskopická spoločnosť ponúka na predaj:

1. J. Dědina, M. Fara, D. Koliňová, J. Korečková, J. Musil, E. Plško, V. Sychra: Vybrané metody analytické atomové spektrometrie, ČSSS, Praha, 1987
2. M. Hoenig, A.M. de Kersabiec: Ako zabezpečiť kvalitu výsledkov v atómovej absorpčnej spektrometrii s elektrotermickou atomizáciou?, SSS, Bratislava, 1999
3. E. Krakovská (Ed.): Contemporary State, Development and Applications of Spectroscopic Methods (Proceedings of 4th European Furnace Symposium and XVth Slovak Spectroscopic Conference), VIENALA, Košice, 2000
4. E. Krakovská, H.-M. Kuss: Rozklady v analytickej chémii, VIENALA, Košice, 2001
5. J. Kubová, I. Hagarová (Eds.): Book of Abstracts (XVIIIth Slovak Spectroscopic Conference), Comenius University, Bratislava, 2006
6. J. Kubová (Ed.): A special issue of Transactions of the Universities of Košice, 2-3, 2006 (Proceedings of XVIIIth Slovak Spectroscopic Conference), Technical University, Košice, 2006
7. M. Bujdoš, P. Diviš, H. Dočekalová, M. Fišera, I. Hagarová, J. Kubová, J. Machát, P. Matúš, J. Medved', D. Remeteiová, E. Vitoulová: Špeciácia, špeciálna analýza a frakcionácia chemických prvkov v životnom prostredí, Univerzita Komenského, Bratislava, 2008
8. J. Kubová, M. Bujdoš (Eds.): Book of Abstracts (XIXth Slovak-Czech Spectroscopic Conference), Comenius University, Bratislava, 2008
9. J. Kubová (Ed.): A special issue of Transactions of the Universities of Košice, 3, 2008 (Proceedings of XIXth Slovak-Czech Spectroscopic Conference), Technical University, Košice, 2008
10. K. Flórián, H. Fialová, B. Palaščáková (Eds.): Zborník (Výberový seminár o atómovej spektroskopii), Technická univerzita, Košice, 2010
11. J. Kubová, M. Bujdoš (Eds.): Book of Abstracts (European Symposium on Atomic Spectrometry ESAS 2012 / XXth Slovak-Czech Spectroscopic Conference), Comenius University, Bratislava, 2012

Cena publikácií č. 1-3, 5, 6, 8-11: 5 EUR + balné a poštovné

Cena publikácií č. 4, 7: 10 EUR + balné a poštovné

PRÍSTROJE A CHEMIKÁLIE

SSS si dovoľuje požiadať všetky pracoviská, na ktorých sa nachádza prebytočná laboratórna technika (najmä spektrometre – funkčné i

nefunkčné), resp. prebytočné zásoby chemikálií, aby ich prostredníctvom našej komisie ponúkli iným pracoviskám.

SÚŤAŽ

SLOVENSKÁ SPEKTROSKOPICKÁ SPOLOČNOSŤ

vyhlasuje na roky 2017 a 2018

11. kolo

Súťaže vedeckých prác mladých spektroskopikov

Do súťaže môže byť poslaná práca alebo súbor prác autora, ktorý v príslušnom roku 2017/2018 nepresiahne vek 35 rokov. Práce alebo súbory prác treba poslať na adresu SSS do 30. septembra 2018. Akceptované sú práce, ktoré boli publikované alebo prijaté redakčnou radou niektorého impaktovaného vedeckého časopisu. V prípade spoluautorstva sa žiada čestné prehlásenie autora o jeho

podiele na publikácii. Okrem uznania a spoločenského ocenenia je súťaž aj finančne dotovaná z prostriedkov SSS. Oceneným autorom bude navyše udelené aj jednoročné členstvo v SSS. Výsledky vyhodnotenia súťaže budú vyhlásené na príslušnom odbornom podujatí v roku 2018 a zverejnené v Spravodaji SSS.

Peter Matúš

INZERCIA

Využite možnosť výhodnej inzercie v Spravodaji Slovenskej spektroskopickej spoločnosti!

Cenník inzercie v Spravodaji SSS

Formát	Cena/EUR
jedna strana (A4)	100
polovica strany (A5)	75
štvrtina strany (A6)	50

Spravodaj SSS je vedecký časopis zameraný na výskum a vzdelávanie v oblasti spektroskopie a spektrometrie na Slovensku.

Spravodaj SSS vydáva Slovenská spektroskopická spoločnosť, člen Zväzu slovenských vedecko-technických spoločností. Vychádza v slovenskom, českom alebo anglickom jazyku dvakrát ročne.

Adresa redakcie:

ÚLVG PriF UK, Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4

tel. č.: 02/60296280, e-mail: sss@spektroskopia.sk

<http://www.spektroskopia.sk>

Redakčná rada:

doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.

prof. Ing. Karol Flórián, DrSc.

prof. RNDr. Alžbeta Hegedúsová, PhD.

doc. RNDr. Jana Kubová, PhD.; predsedníčka

doc. RNDr. Peter Matúš, PhD.; zodpovedný redaktor

Ing. Monika Ursínyová, PhD.

doc. Ing. Viera Vojteková, PhD.

Redakčná úprava: doc. RNDr. Peter Matúš, PhD.

ISSN 1338-0656