



# SPRAVODAJ

Slovenskej spektroskopickkej spoločnosti  
člena Zväzu slovenských vedecko-technických spoločností



ISSN 1338-0656

Ročník 27, Číslo 1, 2020

## Generálni sponzori Slovenskej spektroskopickkej spoločnosti



### Na úvod

Milé kolegyně, milí kolegovia,  
v novom čísle Spravodaja SSS nájdete o.i. dva prehľadové články: prvý o stanovení dlhožijúcich štiepných produktov uránu rádiometrickými metódami, druhý o duálnej extrakcii s využitím teploty zákalu micelárných roztokov v ultrastopovom stanovení prvkov.

V dňoch 04.-31. 12. 2019 prebehli na webovej stránke SSS elektronické voľby 7 členov nového Hlavného výboru SSS pre funkčné obdobie 2020-2022 zo 44 kandidátov (členov SSS). Výsledky volieb (v abecednom poradí) boli zverejnené na webovej stránke SSS dňa 13. 01. 2020:

- RNDr. Marek Bujdoš, PhD.; Univerzita Komenského v Bratislave
- RNDr. Ingrid Hagarová, PhD.; Univerzita Komenského v Bratislave
- doc. RNDr. Peter Matúš, PhD.; Univerzita Komenského v Bratislave
- prof. Ing. Marcel Miglierini, DrSc.; Slovenská technická univerzita v Bratislave
- doc. Ing. Dagmar Remeteiová, PhD.; Technická univerzita v Košiciach
- doc. RNDr. Silvia Ružičková, PhD.; Technická univerzita v Košiciach

- doc. Ing. Viera Vojteková, PhD.; Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach

V dňoch 14.-15. 01. 2020 bolo *per rollam* hlasovaním (cez e-mail) jednomyseľne zvolené staronové Predsedníctvo Hlavného výboru SSS (predseda a dvaja miestopredsedia) pre funkčné obdobie 2020-2022. Výsledky boli zverejnené na webovej stránke SSS dňa 21. 01. 2020:

- Predseda: prof. Ing. Marcel Miglierini, DrSc.
- 1. Miestopredseda a vedecký tajomník: RNDr. Ingrid Hagarová, PhD.
- 2. Miestopredseda, organizačný tajomník a hospodár: doc. RNDr. Peter Matúš, PhD.

Zvoleným členom Hlavného výboru SSS a jeho Predsedníctva v mene Redakčnej rady Spravodaja srdečne blahoželám!

S ľútosťou si vás dovoľujem ďalej informovať, že Hlavný výbor SSS po vyhodnotení všetkých možných aspektov a rizík epidémie koronavírusu rozhodol o odložení, resp. úplnom zrušení XXII. ročníka Slovensko-Českej spektroskopickkej konferencie (v závislosti od ďalšieho vývoja situácie). Ďalšie informácie o konferencii budú priebežne dopĺňané na <http://www.spektroskopia.sk>.

Peter Matúš

# FTIR A RAMANOVY SPEKTROMETRY A MIKROSKOPY



DLOUHÁ ŽIVOTNOST | VÝKONNOST | ŠIROKÁ NABÍDKA PŘÍSLUŠENSTVÍ | JEDNODUCHÁ OBSLUHA

## Nové přístroje z portfolia:

### INVENIO

#### Perfektní volba pro rutinní i pokročilé výzkumné aplikace

- Moderní FTIR spektrometr pro farmacii, průmysl i výzkum
- Možnost přesné konfigurace s ohledem na využití
- Možnost automatizovaného multispektrálního měření (FIR, MIR, NIR, VIS)

### LUMOS II

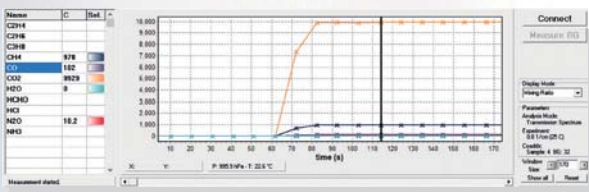
#### Revoluce v infračervené mikroskopii

- Extrémně rychlý chemický imaging (900 spekter/s)
- Unikátní prostorové rozlišení až 1,25  $\mu\text{m}$
- Citlivé detektory bez nutnosti chlazení kapalným dusíkem
- Plně automatizované měření

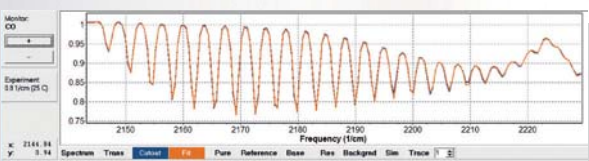
### OMEGA 5

#### Automatizovaný FTIR analyzátor plynů

- Rychlé kontinuální měření v reálném čase
- Hotové kalibrace pro více než 400 plynů
- Příprava kalibrací na míru
- Kompaktní design a malé rozměry
- Nízké provozní náklady, žádný spotřební materiál

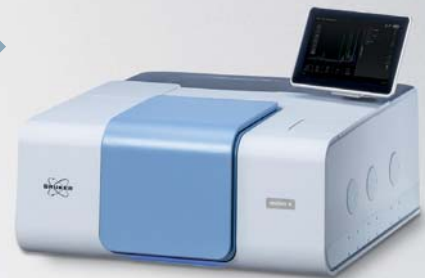


Online měření vícesložkových směsí



Přesný výpočet koncentrací ze spektra

INVENIO



LUMOS II



OMEGA 5

## NA SPEKTROSKOPICKÚ TÉMU

### STANOVENIE DLHOŽIJÚCICH ŠTIEPNYCH PRODUKTOV URÁNU POMOCOU RÁDIOMETRICKÝCH METÓD

**Michaela Matulová, Eva Duborská a  
Marek Bujdoš**

Ústav laboratórneho výskumu geomateriálov,  
Prírodovedecká fakulta, Univerzita  
Komenského v Bratislave, Ilkovičova 6,  
84215 Bratislava, Slovenská republika  
matulova22@uniba.sk

#### Abstrakt

Dôkladná charakterizácia rádioaktívneho odpadu je dôležitá v súvislosti s dlhou dobou polpremeny niektorých rádionuklidov a možnosťou ich uvoľnenia do životného prostredia po ukončení životnosti úložisk jadrového odpadu a hlbinných geologických úložisk vyhoreného jadrového paliva. Dôležitou skupinou rádionuklidov pre kvantifikáciu v odpadoch sú dlhožijúce štiepne produkty uránu. V experimentálnej rádiochemickej praxi sa na stanovenie rádionuklidov používajú rádiometrické metódy. Ich výhodou je cena a dostupnosť. Nevýhodou je nutnosť dôkladnej chemickej separácie najmä v prípade nízkoenergetického žiarenia beta a v prípade vysoko aktívneho odpadu (HLW, *High-level waste*). V tejto rešeršnej práci sú spomenuté rádiometrické metódy najčastejšie používané na stanovenie dlhožijúcich štiepných produktov uránu a ich využitie v praxi.

#### Kľúčové slová

Štiepne produkty uránu, Geiger-Müllerov detektor, kvapalinová scintilačná spektrometria, gama spektrometria, neutrónová aktivačná analýza.

#### 1. Úvod

Dlhožijúce štiepne produkty uránu ( $^{79}\text{Se}$ ,  $^{93}\text{Zr}$ ,  $^{99}\text{Tc}$ ,  $^{107}\text{Pd}$ ,  $^{126}\text{Sn}$ ,  $^{129}\text{I}$  a  $^{135}\text{Cs}$ ) patria aj vzhľadom na svoju dlhú dobu polpremeny a relatívne vysokú mobilitu v životnom prostredí medzi významnú zložku v jadrových

odpadoch v rámci dlhodobého riadenia rôznych úložisk vyhoreného jadrového paliva. Spoľahlivé stanovenie ich aktivity je dôležité najmä pre inštitúcie, ktoré sa zaoberajú spracovaním rádioaktívneho odpadu, vyradovaním jadrových elektrární alebo kvantitatívnou analýzou rádionuklidov v rozličných vzorkách zo životného prostredia, ako sú napr. Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu (IAEA, *International Atomic Energy Agency*) alebo Andra (*Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs*, resp. *The French Agency of Nuclear Wastes*).

Dôležitým je najmä výskum vhodných techník na stanovenie týchto rádionuklidov v geologických [1], biologických [2], klinických vzorkách [3], vo vzorkách životného prostredia [2,4-6] a v rádioaktívnom odpade [7-14]. Z dôvodu nízkej emisie žiarenia (hlavne beta žiarenia) a nízkej špecifickej aktivity si stanovenie týchto rádionuklidov vyžaduje použitie deštruktívnych analytických metód vrátane rôznych krokov chemickej separácie, aby sa pred meraním odstránili interferujúce prvky. Napriek stále sa vyvíjajúcim metódam hmotnostnej spektrometrie sú rádiometrické metódy neodmysliteľnou súčasťou stanovenia týchto rádionuklidov.

#### 2. Rádiometrické metódy používané na stanovenie dlhožijúcich štiepných produktov uránu

V minulosti bola často používanou metódou na stanovenie aktivity rádionuklidov Geiger-Müllerov (GM) detektor [15]. Nevýhodou GM detektora je, že nemôže byť použitý na stanovenie rádionuklidov emitujúcich nízku energiu elektrónov, ako je napr. rádionuklid  $^{129}\text{I}$ . GM detektor dosahuje účinnosť v rozsahu 10-70 %, pričom táto hodnota závisí od energie emitovaných elektrónov, hrúbky zdroja a vlastností použitého počítača [16]. Medzi najväčšie výhody patrí jeho nízka cena a dostupnosť.

V posledných rokoch sa na stanovenie beta žiarenia začala často používať kvapalinová scintilačná spektrometria (LSC, *Liquid*

*scintillation counting*) [2,9,10,17-20]. LSC je citlivá metóda, vhodná na stanovenie rádionuklidov. Má schopnosť merať nízkoenergetické žiarenie a nemá žiadnu alebo minimálnu samoabsorpciu. Medzi ďalšie výhody patria vysoká účinnosť, homogénna distribúcia vzorky v scintilačnom kokteile, relatívne jednoduchý postup prípravy vzorky a ľahká štandardizácia pomocou interného alebo externého štandardu [10,21].

Niektoré z dlhožijúcich štiepných produktov uránu je možné merať gama spektrometriami, keďže vyžarujú sprievodné gama žiarenie. Pri meraní gama žiarenia vzorka vo väčšine prípadov nepotrebuje špeciálnu úpravu pred meraním, čo urýchľuje a zjednodušuje analytický proces a znižuje možnosť kontaminácie vzorky. Veľmi používaným je v posledných rokoch HPGe (HPGe, *High purity germanium*) detektor [2,7,17,22]. HPGe má oproti staršiemu Ge(Li) detektoru výhodu v možnosti oveľa väčších rozmerov zariadenia, čo vplýva na vlastnosti detekcie gama žiarenia (citlivosť, vysoko energetické rozlíšenie, atď.) [21].

### 3. Prehľad využitia rádiometrických metód na stanovenie dlhožijúcich štiepných produktov uránu v laboratórnej praxi

$^{79}\text{Se}$  je čistý beta žiarič ( $E_{\text{max}}=156,3$  keV), pričom jeho doba polpremeny je doteraz predmetom štúdia ( $3,27(8)\cdot 10^5$  roka [20];  $2,78\cdot 10^5$  roka [23]). Pri použití LSC by mala byť chemická separácia vzhľadom na nízku emisiu energie vysoko efektívna a taktiež musí poskytovať veľmi vysoké faktory dekontaminácie. Po chemickej separácii nasleduje zmiešanie vzorky so scintilačným kokteílom, napr. Ultima Gold™ AB.  $^{79}\text{Se}$  sa môže stanoviť v energetickom okne pre  $^3\text{H}$  alebo v energetickom okne pre  $^{14}\text{C}$ , keďže majú podobnú maximálnu hodnotu energie beta žiarenia [19,20].

$^{93}\text{Zr}$  je čistý beta žiarič ( $E_{\text{max}}=60$  keV) a jeho doba polpremeny je  $1,64\cdot 10^6$  roka [24]. Zirkónium sa vo veľkej miere používa v konštrukciách jadrových zariadení z dôvodu jeho vysokej odolnosti voči korózii a vysokej tvrdosti [25]. Môže vznikáť štiepením uránu a je taktiež produktom aktivácie stabilného  $^{92}\text{Zr}$ . Pri použití rádiometrickej metodológie

merania ako jeden z interferentov figuruje aj  $^{95}\text{Zr}$ , ktorý vzniká pri aktivácii vo veľkom množstve, a preto sa uprednostňujú metódy hmotnostnej spektrometrie. Meranie  $^{93}\text{Zr}$  pomocou LSC si vyžaduje nutnosť odstrániť zo vzorky beta a beta-gama žiariče ako  $^{54}\text{Mn}^+$ ,  $^{55}\text{Fe}^+$ ,  $^{60}\text{Co}^+$ ,  $^{63}\text{Ni}^+$ ,  $^{65}\text{Ni}^+$ ,  $^{65}\text{Zn}^+$ ,  $^{90}\text{Sr}^+$ ,  $^{90}\text{Y}^+$ ,  $^{94}\text{Nb}^+$ ,  $^{133}\text{Ba}^+$ ,  $^{137}\text{Cs}^+$ ,  $^{152}\text{Eu}^+$  a  $^{241}\text{Pu}^+$  [18], ktoré sa často nachádzajú v nízko aktívnom rádioaktívnom odpade (LLW, *Low-level waste*) a stredne aktívnom rádioaktívnom odpade (ILW, *Intermediate-level waste*). Espartero a Suaréz [18] pri stanovení  $^{93}\text{Zr}$  použili LSC (TriCarb 2750 TR/LL) s minimálnou detekčnou účinnosťou 60 % pre  $^3\text{H}$  a 95 % pre  $^{14}\text{C}$ , pričom chemickou separáciou boli úspešne odstránené spomínané interferenty s dekontaminačným faktorom až 99 %. Dulanská a kol. [7] pri meraní rádionuklidu  $^{93}\text{Zr}$  pomocou LSC (TriCarb 3100 TR) optimalizovali energetické okno na 0-30 keV kvôli minimalizovaniu aktivity pozadia.

Keďže  $^{99}\text{Tc}$  je slabý beta žiarič ( $E_{\text{max}}=294$  keV), jeho rádiometrické stanovenie si vyžaduje pre nízke koncentrácie vo vzorkách dôkladnú chemickú separáciu, ktorá by mala dosahovať vysoké výťažky.  $^{99}\text{Tc}$  má dobu polpremeny  $2,1\cdot 10^5$  roka a vzniká v jadrovom palivovom cykle a pri testovaní jadrových zbraní. Keďže sa ako prvok v prírode prirodzene nenachádza, hlavná pozornosť sa venuje stanoveniu jeho nízkych koncentrácií kvôli sledovaniu jeho mobility v životnom prostredí. Z tohto dôvodu sa preferujú metódy hmotnostnej spektrometrie. Na meranie  $^{99}\text{Tc}$  sa používa aj LSC v energetickom okne 10-90 keV a účinnosťou 75 %. Pri meraní po dobu 120 minút sa dosiahla minimálna detekovateľná aktivita  $0,17$  Bq  $\text{l}^{-1}$  pre 300 ml vzorky [7,11].

Rádiometrické stanovenie rádionuklidu  $^{107}\text{Pd}$  s dobou polpremeny  $6,5\cdot 10^6$  roka je náročné kvôli jeho rádiochemickým vlastnostiam. Je to čistý beta žiarič ( $E_{\text{max}}=33$  keV), pričom na jeho stanovenie je nutné úplné odstránenie interferencií. Príkladom je meranie  $^{107}\text{Pd}$  pomocou LSC (TriCarb 2900 TR) v rádioaktívnom odpade, v rádioaktívnych kaloch a koncentrátoch s použitím scintilačného kokteilu Ultima Gold™ AB [9]. Pri stanovení  $^{107}\text{Pd}$  vo vzorkách z jadrovej elektrárne sa použila aj metóda LSC-TDCR (*Triple-to-*

*double coincidence ratio*, Lodestar 300 SL) [10].

$^{126}\text{Sn}$  s dobou polpremeny  $2,35 \cdot 10^5$  roka emituje beta ( $E_{\max}=252$  keV) a sprievodné gama žiarenie (87,6; 86,94 alebo 64,3 keV), čím sa zjednodušuje a urýchľuje jeho stanovenie vo vzorkách. Na stanovenie  $^{126}\text{Sn}$  sa môže použiť HPGe detektor, pričom sa meria jeho dcérske izotopy  $^{126\text{m}}\text{Sb}$  v rádioaktívnej rovnováhe pri energiách 666,3 a 695 keV alebo pri energiách 666,1 a 694,8 keV.  $^{126}\text{Sn}$  emituje aj beta žiarenie, čiže meranie sa môže vykonať aj použitím LSC (Tri-Carb 2900 TR, Perkin Elmer) v optimalizovanom energetickom okne 20-120 keV, pričom sa na kalibráciu použilo  $^{99}\text{Tc}$ . Avšak meranie  $^{126}\text{Sn}$  pomocou LSC vyžaduje dôkladnú rádiochemickú separáciu, čím sa predĺžil čas jeho stanovenia vo vzorkách [7,17].

$^{129}\text{I}$  je dôležitý rádionuklid z hľadiska monitoringu jeho mobility v životnom prostredí po haváriách na jadrových zariadeniach (Černobyľ, Fukušima). Jeho stanovenie je potrebné aj kvôli monitoringu rádioaktívnych emisií z jadrových zariadení a kontroly rádioaktívneho odpadu.  $^{129}\text{I}$  s dobou polpremeny  $1,57 \cdot 10^7$  roka je beta žiarič ( $E_{\max}=154,4$  keV) so sprievodným žiarením gama (39,6 keV) a sprievodným röntgenovým žiarením 29-30 keV, čiže na jeho meranie môže byť použitá LSC alebo HPGe detektor.  $^{129}\text{I}$  bol stanovený vo vzorkách štítnej žľazy, moču, morských rias a v rádioaktívnom odpade pomocou HPGe detektora. Pri meraní  $^{129}\text{I}$  bola získaná vysoká minimálna detekovateľná aktivita 20-200 mBq, pričom účinnosť gama detektora dosahovala  $<2$  %. Bola zistená nízka početnosť röntgenového žiarenia (7,5 %), avšak pri použití LSC a dôkladnej separácie  $^{129}\text{I}$  sa môže zlepšiť minimálna detekovateľná aktivita na 10 mBq [12,22]. Pri stanovení  $^{129}\text{I}$  je vyššia efektivita merania dosiahnutá s LSC (60-95 %) v porovnaní s gama a röntgenovou detekciou ( $<5$  %) [2].

Rádionuklid  $^{135}\text{Cs}$  je čistý beta žiarič ( $E_{\max}=894$  keV) s dobou polpremeny  $2,3 \cdot 10^6$  roka.  $^{137}\text{Cs}$  sa spolu s  $^{90}\text{Sr}$  považujú za hlavných predstaviteľov rádiokontaminácie biosféry, čiže momentálne sa tento rádioizotop cézia nepovažuje za rádiologicky

významný. Avšak pomer  $^{135}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$  je dôležitý geochemický indikátor.  $^{135}\text{Cs}$  a  $^{137}\text{Cs}$  majú relatívne vysoký štiepny výťažok (6,58 % a 6,22 %) pri štiepení uránu v aktívnej zóne reaktora. Vznikajú antropogénnou činnosťou, jadrovou-energetickou činnosťou alebo testami jadrových zbraní. Sú produktmi aktivácie  $^{134}\text{Cs}$  a  $^{136}\text{Cs}$ . Rádionuklid  $^{135}\text{Cs}$  môže byť meraný pomocou GM a LSC, ale nízka špecifická aktivita ( $43$  mBq  $\text{ng}^{-1}$ ) a nízka účinnosť gama spektrometrie pre  $^{135}\text{Cs}$  robí jeho stanovenie pomocou rádiometrických metód veľmi náročným [16].

#### 4. Neutrónová aktivačná analýza

Na stanovenie dlhožijúcich štiepných produktov uránu sa v laboratórnej praxi používa aj aktivačná analýza. Pri tejto metóde je analyzovaná vzorka aktivovaná prúdom častíc, zvyčajne neutrónmi (neutrónová aktivačná analýza). Základom tejto techniky sú jadrové reakcie, vyvolané priamym pôsobením neutrónov, pričom vznikajú nové (dcérske) jadrá. Vzniknuté produkty sú vo väčšine prípadov nestabilné a po aktivácii sa merajú rádiometrickou metódou, na základe čoho sa stanoví aktivita pôvodného (materského) jadra. Citlivosť tejto metódy je limitovaná schopnosťou merať nízke aktivity, použitím neutrónových zdrojov s vysokým neutrónovým tokom a dostatočnou veľkosťou účinného prierezu aktivačnej reakcie. Pre rôzne prvky je teda citlivosť tejto metódy odlišná.

Neutrónovou aktivačnou analýzou sa z dlhožijúcich štiepných produktov uránu dajú konkrétne stanoviť  $^{99}\text{Tc}$ ,  $^{129}\text{I}$  a  $^{135}\text{Cs}$ .  $^{99}\text{Tc}$  sa môže stanoviť použitím reakcií  $^{99}\text{Tc}(n, \gamma)^{100}\text{Tc}$  a následnou beta mínus premenou na  $^{100}\text{Ru}$  alebo reakciou  $^{99}\text{Tc}(n, n')^{99\text{m}}\text{Tc}$  s následným izomérnym prechodom na  $^{99}\text{Tc}$ .  $^{129}\text{I}$  sa stanovuje použitím reakcie  $^{129}\text{I}(n, \gamma)^{130}\text{I}$  s následnou beta mínus premenou na výsledný  $^{130}\text{Xe}$ . Pre stanovenie  $^{135}\text{Cs}$  sa používa reakcia  $^{135}\text{Cs}(n, \gamma)^{136}\text{Cs}$  s následnou beta premenou na  $^{136}\text{Ba}$  [26].

#### 5. Záver

Meranie beta žiarenia dlhožijúcich štiepných produktov uránu rádiometrickými metódami je časovo náročné a vyžaduje dôkladnú chemickú separáciu od potenciálnych interferentov, prevažne iných beta žiaričov, a zároveň sa

vyžaduje dosiahnutie vysokých dekontaminačných faktorov (>99 %).

Menšia doba polpremeny znamená vyššiu hodnotu špecifickej aktivity, a tým pádom so zvyšujúcou sa dobou polpremeny citlivosť stanovenia rádiometrickými metódami úmerne tomu klesá. A ako už bolo uvedené, bežné rádiochemické metódy vyžadujú vysoko efektívnu separáciu, čím sa predlžuje čas celkového stanovenia.

Aj meranie beta žiarenia si vyžaduje určitý čas a násobnosť a tým sa zvyšuje tiež objem použitých chemikálií. V prípade stanovovaných rádionuklidov so sprievodným žiarením gama je meranie relatívne nenáročné a bez potreby špeciálnej chemickej separácie interferentov vo väčšine uskutočnených analýz, avšak chemická separácia je vhodná aj pri vysoko aktívnych vzorkách kvôli bezpečnosti.

Aj keď sú rádiometrické techniky stále jedinečnými metódami stanovenia rádionuklidov v životnom prostredí a rádioaktívnom odpade, vzhľadom na ich nízke koncentrácie v analyzovaných vzorkách a nízke hodnoty energií je v niektorých prípadoch (rádioizotopy s veľmi nízkou špecifickou aktivitou, napr.  $^{129}\text{I}$  a  $^{135}\text{Cs}$ ) vhodnejšie použiť metódy hmotnostnej spektrometrie.

*Práca vznikla v rámci riešenia projektu Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR a Slovenskej akadémie vied VEGA 1/0164/17 a Grantov Univerzity Komenského v Bratislave UK/224/2020 a UK/226/2020.*

## Literatúra

1. P. Dixon, D.B. Curtis, J. Musgrave, F. Roensch, J. Roach, D. Rokop, *Anal. Chem.* 69 (1997) 1692-1699
2. X. Hou, V. Hansen, A. Aldahan, G. Possnert, O.C. Lind, G. Lujanienė, *Anal. Chim. Acta* 632 (2009) 181-196
3. C. Briançon, J. Jeusset, C. Francese, F. Omri, S. Halpern P. Fragu, *Biol. Cell* 74 (1992) 75-80
4. A.E. Eroglu, C.W. Mcleod, K.S. Leonard, D. McCubbin, *J. Anal. At. Spectrom.* 13 (1998) 875-878
5. B.C. Russell, I.W. Croudace, P.E. Warwick, J.A. Milton, *Anal. Chem.* 86 (2014) 8719-8726
6. J. Zheng, L. Cao, K. Tagami, S. Uchida, *Anal. Chem.* 88 (2016) 8772-8779
7. S. Dulanská, J. Bilohuščin, B. Remenec, E. Mátel, V. Silliková, *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 309 (2016) 685-689
8. E. Nottoli, P. Bienvenu, D. Boursès, A. Labet, M. Arnold, M. Bertaux, Determination of long-lived radionuclide ( $^{10}\text{Be}$ ,  $^{41}\text{Ca}$ ,  $^{129}\text{I}$ ) concentrations in nuclear waste by accelerator mass spectrometry, *Proceedings of the ASME 15th International Conference on Environmental Remediation and Radioactive Waste Management, Volume 1: Low/Intermediate-Level Radioactive Waste Management; Spent Fuel, Fissile Material, Transuranic and High-Level Radioactive Waste Management*, Brussels, Belgium, September 8-12, 2013, American Society of Mechanical Engineers, New York, 2013, V001T01A008
9. S. Dulanská, B. Horváthová, B. Remenec, E. Mátel, *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 310 (2016) 645-650
10. B. Andris, M. Pražský, F. Šebesta, *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 340 (2015) 123-126
11. B. Remenec, S. Dulanská, V. Paučová, E. Mátel, *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 290 (2011) 403-407
12. J.A. Suárez, A.G. Espartero, M. Rodríguez, *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A* 369 (1996) 407-410
13. S. Asai, M. Ohata, T. Yomogida, M. Saeki, H. Ohba, Y. Hanzawa, T. Horita, Y. Kitatsuji, *Anal. Bioanal. Chem.* 411 (2019) 973-983
14. N.E. Bibler, W.T. Boyce, C.J. Coleman, W.F. Kinard, *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 234 (1998) 159-163
15. N. Alkhomashi, M.H.E. Monged, *J. Environ. Radioact.* 144 (2015) 52-56
16. X. Hou, P. Roos, *Anal. Chim. Acta* 608 (2008) 105-139
17. S. Dulanská, B. Remenec, J. Bilohuščin, E. Mátel, M. Bujdoš, *Appl. Radiat. Isot.* 123 (2017) 128-132
18. A.G. Espartero, J.A. Suárez, M. Rodríguez, G. Piña, *Appl. Radiat. Isot.* 56 (2002) 41-46
19. S. Dulanská, B. Horváthová, B. Remenec, E. Mátel, *Appl. Radiat. Isot.* 148 (2019) 35-39
20. G. Jörg, R. Bühnmann, S. Hollas, N. Kivel, K. Kossert, S. Van Winckel, C.L.V. Gostomski, *Appl. Radiat. Isot.* 68 (2010) 2339-2351
21. E. Mátel, S. Dulanská, *Základy jadrovej chémie, Univerzita Komenského v Bratislave, Bratislava, 2013*
22. C. Frechou, Optimisation of the measurement protocols of  $^{129}\text{I}$  and  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ . Methodology establishment for the measurement in environmental matrices. Technical report, Gif-sur-Yvette, France, 2000
23. L. Dou, S. Jiang, X.-B. Wang, K.-J. Dong, S.-Y. Wu, X.-R. Yang, X.-M. Wang, X.-X. Lan, Q.-L. Xia, M. He, *Chin. Phys. C* 38 (2014) 106204
24. P. Cassette, F. Chartier, H. Isnard, C. Fréchou, I. Laszak, J.P. Degros, M.M. Bé, M.C. Lépy, I. Tartes, *Appl. Radiat. Isot.* 68 (2010) 122-130
25. P. Ashcheulov, R. Škoda, J. Škarohlíd, A. Taylor, F. Fendrych, I. Kratochvílová, *Recent Pat. Nanotechnol.* 10 (2016) 59-65
26. X. Hou, Activation analysis for the determination of long-lived radionuclides, v: P.P. Povinec (Ed.), *Radioactivity in the Environment, Vol. 11, Analysis of Environmental Radionuclides*, Elsevier, Amsterdam, 2008, 371-405

## DUÁLNA EXTRAKCIA S VYUŽITÍM TEPLoty ZÁKALU MICELÁRNYCH ROZTOKOV V ULTRASTOPOVOM STANOVENÍ PRVKOV

**Ingrid Hagarová a Eva Duborská**

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

### Abstrakt

Cieľom príspevku je uviesť príklady spojenia duálnej extrakcie s využitím teploty zákalu micelárnych roztokov (d-CPE) so spektrometrickými metódami, ktoré viedli k spoľahlivej kvantifikácii ultrastopových prvkov v rôznych komplexných maticiach. V tomto prevedení nasledujú dva CPE postupy za sebou a analyt je spätne extrahovaný do vodnej fázy. Čas extrakcie sa tak zdvojnásobí, ale dochádza tu k vynechaniu organických činidiel, ktoré sa bežne používajú na riedenie tenzidom obohatenej fázy. Postupy d-CPE boli vyvinuté predovšetkým pre detekčné metódy využívajúce indukčne viazanú plazmu, avšak v publikovanej literatúre možno nájsť spojenia uvedenej extrakcie aj s ostatnými spektrometrickými metódami, čo bude zdokumentované príkladmi v nasledujúcom príspevku.

### Kľúčové slová

Duálna extrakcia s využitím teploty zákalu micelárnych roztokov (d-CPE), ultrastopová analýza prvkov, spektrometrické metódy.

### 1. Úvod

Aj napriek stále napredujúcemu vývoju vedúcemu k zavádzaniu nových, vysokoselektívnych a vysokocitlivých metód vhodných na kvantifikáciu mnohých (ultra)stopových analytov v rôznych typoch matic, zameranie analytických chemikov na validáciu spoľahlivých separačno-prekoncentračných postupov má nepochybne narastajúcu tendenciu. Vhodne navrhnutý a vypracovaný postup vedie k zníženiu alebo dokonca až k úplnej eliminácii interferencií, ktoré môžu znemožniť spoľahlivo kvantifikovať ultrastopový analyt v

komplexných maticiach. Úprava vzorky pred samotnou analýzou tak zostáva v analytickom procese nepochybne nenahraditeľným krokom. V súčasnosti je možné použiť mnoho separačných techník, pričom medzi najpoužívanejšie patria techniky extrakčné. Každá z doteraz publikovaných metód má svoje výhody, ale aj obmedzenia. Nevýhody samozrejme vedú k neustálemu vývoju nových a účinnejších techník, ale aj k modifikáciám už existujúcich. Pri vypracovávaní takýchto postupov je potrebné zohľadniť nielen ich spoľahlivosť, ale aj bezpečnosť, rýchlosť, finančné nároky a v neposlednom rade sa v súčasnosti dostávajú do popredia kritériá zohľadňujúce princípy zelenej chémie. Tento fakt neobišiel ani analytickú chémiu [1]. V tejto vednej oblasti je hlavná pozornosť zameraná na redukciu používania koncentrovaných kyselín a organických rozpúšťadiel, minimalizáciu času potrebného na úpravu vzorky a efektívne využitie energie. V prípade extrakčných techník je hlavná pozornosť zameraná na ich miniaturizáciu ako aj snahu vynechať organické činidlá v postupoch úplne [2]. Jednou z alternatív, kde sú organické činidlá nahradené netoxickými a neprchavými tenzidmi je extrakcia s využitím teploty zákalu micelárnych roztokov (*Cloud point extraction*, CPE) [3]. V týchto typoch extrakcií je využitá schopnosť neiónových tenzidov tvoriť micely; pričom k preskupeniu micelotvorných zložiek a vzniku ďalšej fázy (čo sa prejaví vznikom zákalu) dochádza po zahriatí nad určitú teplotu (*Cloud point temperature*, CPT). Nasleduje separácia fáz, urýchlená centrifugáciou. Získavajú sa dve fázy, tenzidom obohatená fáza (*Surfactant-rich phase*, SRP) a vodná fáza. Snahou vypracovaného postupu je odseparovať a nakoncentrovať sledovaný analyt práve v tenzidom obohatenej fáze.

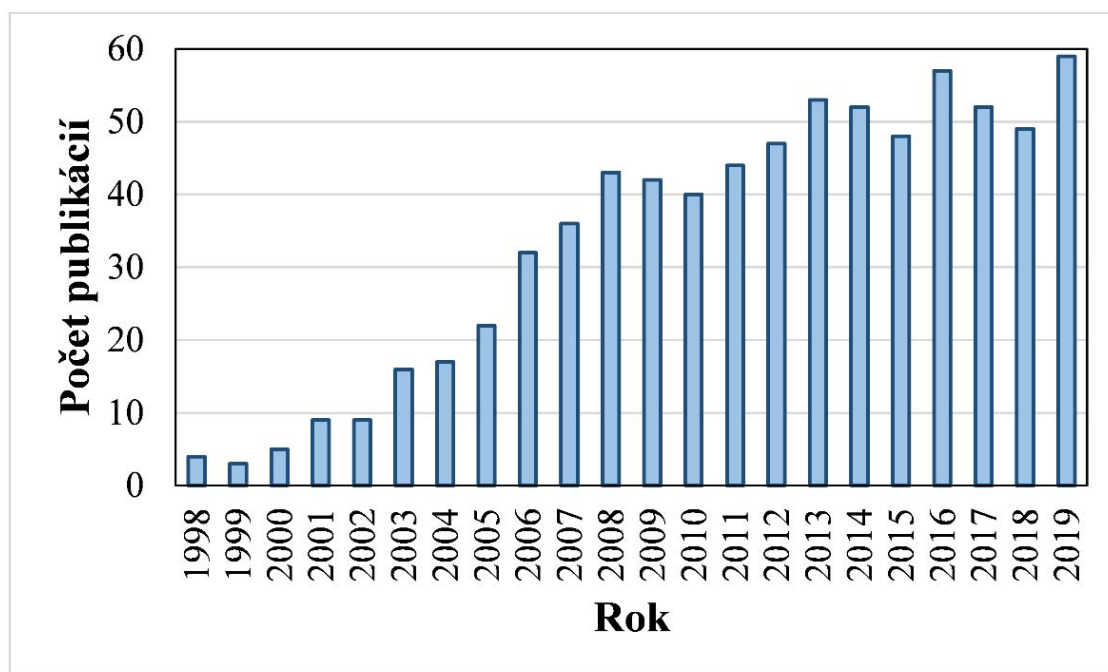
Klasický CPE postup sa skladá z niekoľkých krokov, ktoré nasledujú za sebou, a zvyčajne trvá 30-40 minút. Získava sa vysokoviskózna SRP, ktorú je potrebné pred samotným injektovaním vhodne nariediť. Najčastejšie sa na tento účel používajú metanolické roztoky zriadených minerálnych kyselín. V tu uvedenom sú načrtnuté úskalia klasického CPE postupu. Snaha urýchliť celý postup ako aj snaha vynechať metanolické roztoky viedla k návrhu modifikovaných CPE postupov [4].

Značnú úsporu času možno vyzdvihnúť v prípade rýchlo synergetickej CPE (RS-CPE) a CPE v prietokovom usporiadaní (*Flow-based CPE*). Využitie ultrazvuku alebo mikrovlnného žiarenia v CPE postupoch (US-CPE a MW-CPE) vedie k urýchleniu tvorby zákalu, čo taktiež prispieva k úspore času. Spomenuté modifikácie možno zaradiť medzi nové trendy v smerovaní CPE [4].

Väčšina publikovaných prác, v ktorých je využitá CPE pri analýze ultrastopových prvkov, je spojená so spektrometrickými metódami; z nich predovšetkým s plameňovou atómovou absorpčnou spektrometriou (FAAS), elektrotermickou atómovou absorpčnou spektrometriou (ETAAS) a optickou emisnou spektrometriou

s indukčne viazanou plazmou (ICP-OES). Je to predovšetkým vďaka vysokej selektivitve týchto detektorov, ktoré sú schopné spoľahlivo stanoviť sledovaný analyt aj v prípadoch menej účinných separácií [5]. Zaujímavým zistením však je, že narastá počet prác, v ktorých je pre spoľahlivú kvantifikáciu sledovaného analytu použitá spektrofotometrická detekcia. Narastajúci trend využitia CPE postupov v spojení so spektrometrickými metódami možno vidieť na Obr. 1.

Cieľom tohoto príspevku je uviesť príklady spojenia duálnej CPE (d-CPE) so spektrometrickými metódami, ktoré viedli k spoľahlivej kvantifikácii ultrastopových prvkov v rôznych typoch matric.



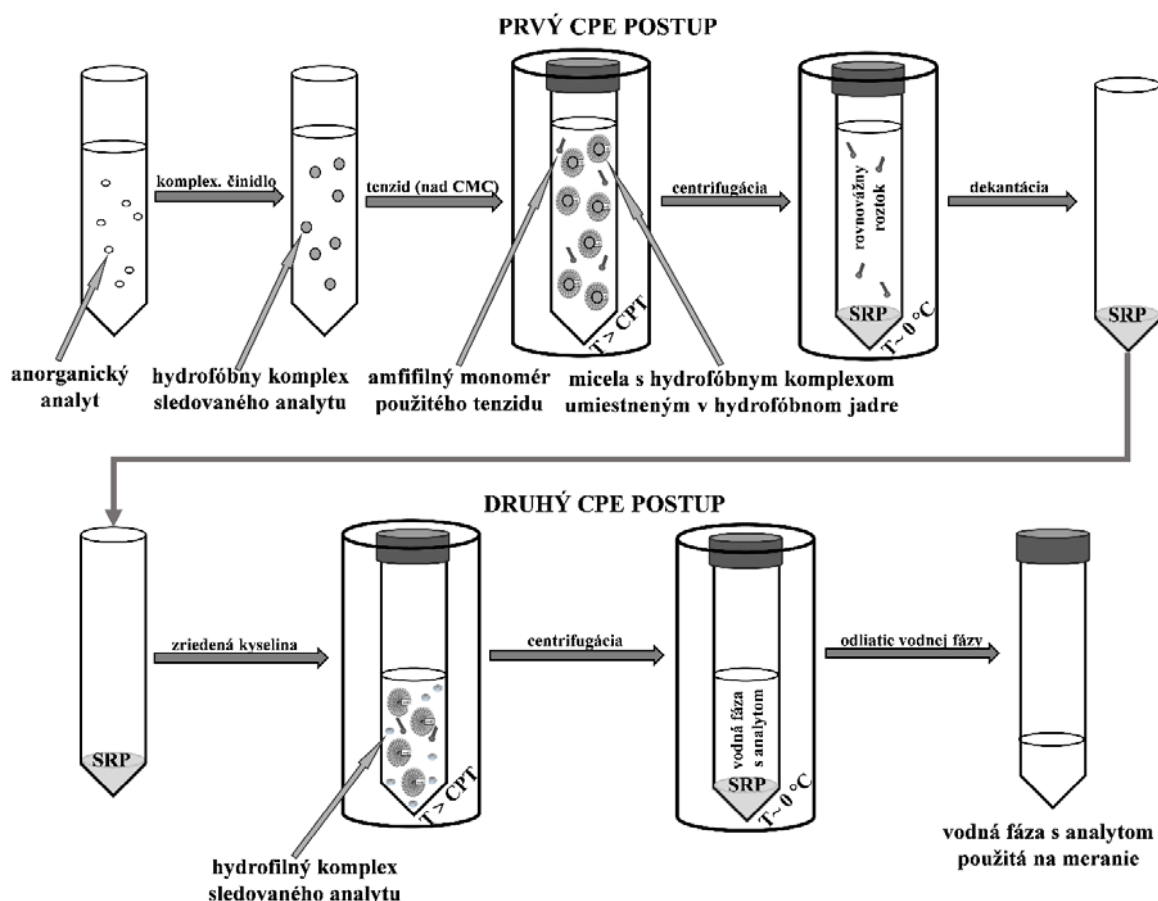
Obr. 1. Počty publikácií venované využitiu CPE postupov pri separácii a prekoncentracii (ultra)stopových prvkov; databáza *Web of Science*, apríl 2020

## 2. Duálna CPE

Dvojnásobne dlhé postupy v d-CPE, ktoré však vedú k vynechaniu metanolických roztokov, boli navrhnuté v snahe využiť spektrometrické metódy detekcie využívajúce indukčne viazanú plazmu [6]. V tomto prípade sa používajú dva klasické CPE postupy za sebou, kde je analyt spätne extrahovaný do vodnej fázy [7]. Prvý CPE postup je klasický a po prídavku tenzidu a zahriatí nad CPT sa v tenzidom obohatenej fáze nachádzajú rôzne hydrofóbne zlúčeniny

ako aj hydrofóbne komplexy sledovaných analytov. Po centrifugácii sa odstráni vodná fáza najčastejšie dekantáciou. K získanej SRP sa nepridáva zried'ovacie činidlo, ale nasleduje druhý CPE postup, v ktorom sa pridáva špecifický ligand, ktorý vytvorí hydrofílny komplex so sledovaným analytom. Po inkubácii v termostatovanom vodnom kúpeli a po následnej centrifugácii sa sledovaný analyt nachádza vo vodnej fáze (schématicky znázornené na Obr. 2). Takto pripravený extrakt je injektovaný do spektrometra.





Obr. 2. Schématické znázornenie d-CPE postupu; CMC: kritická micelárna koncentrácia

Postup umožňujúci simultánne separovať a preconcentrovať Cd, Co, Ni, Pb, Zn a Cu pred ich kvantifikáciou metódou ICP-OES [6] alebo Cr, Ga, Ag, Cd, Mn, Fe, In, Cu, Ni, Co, Pb a Zn pred ich kvantifikáciou metódou hmotnostnej spektrometrie s indukčne viazanou plazmou (ICP-MS) [8] možno považovať za ideálne príklady vhodného využitia d-CPE postupu.

Práce využívajúce d-CPE postup na preconcentráciu As, Cd, Ni a Pb pred ich kvantifikáciou metódou ETAAS [9] alebo preconcentráciu stopovej Cu [10], stopového Pb [11] alebo stopového Mn [12] pred ich kvantifikáciou metódou FAAS možno považovať za zbytočne dlhé a to z toho dôvodu, že v prípade použitia uvedených detekčných metód neboli v literatúre opísané žiadne nežiadúce efekty pri injektovaní metanolických roztokov. V uvedených prácach [9-12] však možno vyzdvihnúť to, že vypracované postupy boli využité pri analýze zaujímavých, značne komplexných matric. Umelé sliny použité na extrakciu toxických prvkov z rôznych žuvacích tabakov boli reálnymi vzorkami pri d-CPE postupe pred

ETAAS kvantifikáciou nakoncentrovaných analytov [9]. Stopová Cu bola kvantifikovaná v krvnom sére pacientov s vírusovou hepatítidou [10]. Pre kvantifikáciu stopového Pb vo vzorkách potravín bol vypracovaný d-CPE postup bez použitia komplexotvorného činidla [11]. Spoľahlivý d-CPE postup v prípade stopového Mn bol použitý pri jeho kvantifikácii vo vzorkách vlasov pacientov s Parkinsonovou chorobou [12].

Negatívny vplyv tenzidov v prípade techniky generovania hydridov v spojení s atómovou fluorescenčnou spektrometriou (HG-AFS) viedol k optimalizácii d-CPE postupu pre kvantifikáciu stopového Se vo vzorkách potravín [13]. Nadmerné penenie spôsobené tenzidom bolo možné odstrániť prídavkom značného nadbytku antipeniaceho činidla, ale neúplná tvorba  $H_2Se$  z komplexu, ktorý bol vytvorený po reakcii Se(IV) s APDC (pyrolidinditiokarbamát amónny) predstavovala vážny problém. V tomto prípade boli spoľahlivé výsledky získané po spätnej extrakcii Se do vodnej fázy [13]. Analytické charakteristiky dosiahnuté v spojení d-CPE a spektrometrických metód vid' v Tab. 1.

Tab. 1. Niektoré analytické charakteristiky dosiahnuté v spojení d-CPE a spektrometrických metód pri stanovení (ultra)stopových prvkov

Analyt	Matrica	Tenzid	Komplex. činidlo	Detekčná metóda	RSD (%)	LOD ( $\mu\text{g.l}^{-1}$ )	Rec. (%)	EF	Lit.
Cd	vody	TX-114	8-HQ	ICP-OES	4,19	0,01	97-105	19,72	6
Co	vody	TX-114	8-HQ	ICP-OES	5,57	0,04	104-108	9,95	6
Ni	vody	TX-114	8-HQ	ICP-OES	4,93	0,01	94-108	19,97	6
Pb	vody	TX-114	8-HQ	ICP-OES	4,28	0,34	95-107	10,54	6
Zn	vody	TX-114	8-HQ	ICP-OES	5,13	0,05	95-104	18,85	6
Cu	vody	TX-114	8-HQ	ICP-OES	4,89	0,04	97-105	22,16	6
Cr	vody	TX-114	8-HQ	ICP-MS	1,82	0,32	92,4-104,3	14,23	8
Ga	vody	TX-114	8-HQ	ICP-MS	2,35	0,36	90,5-107,6	20,39	8
Ag	vody	TX-114	8-HQ	ICP-MS	3,12	0,014	97,5-105,0	10,59	8
Cd	vody	TX-114	8-HQ	ICP-MS	1,56	0,016	95,8-104,2	11,74	8
Mn	vody	TX-114	8-HQ	ICP-MS	2,42	0,26	93,4-96,7	13,28	8
Fe	vody	TX-114	8-HQ	ICP-MS	2,68	0,055	100,6-101,1	29,15	8
In	vody	TX-114	8-HQ	ICP-MS	3,37	0,059	90,6-10,31	12,08	8
Ni	vody	TX-114	8-HQ	ICP-MS	5,18	0,086	97,6-104,9	13,16	8
Co	vody	TX-114	8-HQ	ICP-MS	5,56	0,064	98,8-109,1	11,28	8
Pb	vody	TX-114	8-HQ	ICP-MS	2,09	0,17	92,86-107,1	9,85	8
Zn	vody	TX-114	8-HQ	ICP-MS	1,62	0,077	96,2-107,7	16,04	8
Cu	vody	TX-114	8-HQ	ICP-MS	1,29	0,12	93,9-97,3	35,98	8
As	sliny	TX-114	APDC	ETAAS	5,00	0,021	98,7-99,1	52	9
Cd	sliny	TX-114	APDC	ETAAS	7,85	0,22	98,9-99,4	58	9
Ni	sliny	TX-114	APDC	ETAAS	9,87	0,47	98,7-99,5	48	9
Pb	sliny	TX-114	APDC	ETAAS	3,72	1,04	98,4-99,0	44	9
Cu	sérum	TX-114	PAN	FAAS	3,50	0,046	98,8-99,4	78	10
Pb	potraviny	L44	žiadne	FAAS	3,20	1,90	94,0-101,2	30	11
Mn	vlasý	TX-114	PAN	FAAS	2,30	0,097	99,2-99,4	46	12
Se	potraviny	TX-114	APDC	HG-AFS	4,04	0,023	95,6-105,2	11,8	13

RSD: relatívna smerodajná odchýlka; LOD: medza dôkazu; Rec.: extrakčná výtťažnosť; EF: obohacovací faktor; Lit.: literatúra; 8-HQ: 8-hydroxychinolín; APDC: pyrolidinditiokarbamát amónny; PAN: 1-2(pyridylazo)-2-naftol; L44: kopolymér [(PEO)<sub>10</sub>(PPO)<sub>23</sub>(PEO)<sub>10</sub>]

### 3. Záver

Tak ako v prípade klasických CPE techník, aj v prípade d-CPE postupov je najpoužívanejším tenzidom Triton X-114. Vďaka za to svojim optimálnym fyzikálno-chemickým vlastnostiam, ktorými sú nízka teplota potrebná na vytvorenie zázalu (23-25 °C; čo je zvlášť dôležité pri extrakcii termálne nestabilných komplexov) a vysoká hustota (1,052 g.ml<sup>-1</sup>; čo výrazne uľahčuje fázovú separáciu).

Optimalizácia extrakčného postupu v prípade d-CPE trvá o niečo dlhšie z dôvodu optimalizácie druhej, spätnej extrakcie sledovaného analytu do vodnej fázy. Po optimalizácii experimentálnych podmienok a vypracovaní spoľahlivých d-CPE postupov je však tieto možné využiť na separáciu a prekoncentráciu (ultra)stopových prvkov z rôznych typov matric, čo bolo zdokumentované príkladmi uvedenými v tomto príspevku.

Dosiahnuté hodnoty relatívnych štandardných odchýlok, medzi dôkazu, extrakčných

výtťažností a obohacovacích faktorov vedú k záveru, že spojenie d-CPE a spektrometrických metód má analytický potenciál využiteľný pri kvantifikácii (ultra)stopových prvkov v environmentálnych a biologických vzorkách, ako aj vo vzorkách potravín.

*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

1. A. Gałuszka, Z. Migaszewski, J. Namieśnik, Trends Anal. Chem. 50 (2013) 78-84
2. S. Armenta, S. Garrigues, M. de la Guardia, Trends Anal. Chem. 71 (2015) 2-8
3. A. Melnyk, J. Namieśnik, L. Woska, Trends Anal. Chem. 71 (2015) 282-292
4. I. Hagarová, M. Urik, Curr. Anal. Chem. 12 (2016) 87-93
5. I. Hagarová, Chem. Listy 103 (2009) 712-720
6. L.L. Zhao, S.X. Zhong, K.M. Fang, Z.S. Qian, J.R. Chen, J. Hazard. Mater. 239-240 (2012) 206-212
7. X.B. Yin, J. Chromatogr. A 1154 (2007) 437-443
8. G.L. Peng, Q. He, G.M. Zhou, Y. Li, X.X. Su, M.Z. Liu, L.L. Fan, Anal. Methods 7 (2015) 6732-6739

9. S.S. Arain, T.G. Kazi, J.B. Arain, H.I. Afridi, K.D. Brahman, K. Naemullah, Microchem. J. 112 (2014) 42-49
10. S.A. Arain, T.G. Kazi, H.I. Afridi, A.R. Abbasi, A.H. Panhwar, Naemullah, B. Shanker, M.B. Arain, Spectrochim. Acta A Mol. Biomol. Spectrosc. 133 (2014) 651-656
11. Y. Wang, J. Han, Y.Y. Liu, L. Wang, L. Ni, X. Tang, Food Chem. 190 (2016) 1130-1136
12. M.S. Arain, T.G. Kazi, H.I. Afridi, S.A. Arain, J. Ali, Naemullah, S.S. Arain, A.H. Panhwar, B. Shanker, J. Anal. Atom. Spectrom. 29 (2014) 2349-2355
13. M. Wang, Y.Z. Zhong, J.P. Qin, Z.H. Zhang, S. Li, B.Y. Yang, Food Chem. 227 (2017) 329-334

## BUDÚCE ODBORNÉ AKCIE

### SLOVENSKO A ČESKÁ REPUBLIKA

**Webinář Infračervená a Ramanova spektroskopie ve farmacii 2/2 – Verifikace a vstupní kontrola kvality surovin**  
2. září 2020, 13:00  
<https://www.optikinstruments.cz>

**72. sjezd chemiků**  
6.-9. září 2020  
Praha, ČR  
<http://sjezd72.csch.cz>

**International Symposium on the Industrial Applications of the Mössbauer Effect**  
6-11 September 2020  
Olomouc, Czech Republic  
<http://isiame2020.upol.cz>

**Kurz Odběry vzorků**  
7.-10. září 2020  
Lednice, ČR  
<http://www.2theta.cz>

**21. Škola hmotnostní spektrometrie**  
13.-18. září 2020  
Srní, ČR  
<http://skolams2020.spektroskopie.cz>

**Webinář Analýza plynů pomocí infračervené spektroskopie**  
1. říjen 2020, 10:00  
<https://www.optikinstruments.cz>

**Kurz Analýza anorganických látek 2020**  
5.-7. říjen 2020  
Lednice, ČR  
<http://www.2theta.cz>

**Webinář Analýza barev pomocí infračervené a Ramanovy spektroskopie**  
20. říjen 2020, 10:00  
<https://www.optikinstruments.cz>

**NANOCON 2020**  
21-23 October 2020  
Brno, Czech Republic  
<https://www.nanocon.eu>

**Webinář Infračervená spektroskopie pro bezpečnostní složky**  
10. listopad 2020, 10:00  
<https://www.optikinstruments.cz>

**Mezinárodní konference Příprava a užití referenčních materiálů a mezilaboratorního porovnávání IX.**  
23.-25. listopad 2020  
Moravskoslezský kraj, ČR  
<http://www.2theta.cz>

**XV. medzinárodná konferencia Súčasný stav a perspektívy analytickej chémie v praxi**  
24.-26. november 2020  
Bratislava  
<https://www.acp2020.sk>

## ZAHRANIČIE

### **17th Conference on Methods and Applications of Fluorescence**

6-9 September 2020

Göteborg, Sweden

<https://maf2020.org>

### **11th International Conference on Laser-Induced Breakdown Spectroscopy**

20-25 September 2020

Kyoto, Japan

<http://www.fm.ehcc.kyoto-u.ac.jp/Sakkalab/member/sakka/LIBS2020>

### **7th International Symposium on Microscopy and Spectroscopy**

14-20 October 2020

Oludeniz, Turkey

<http://www.intermcongress.org>

### **20th MESAEP International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region**

26-27 October 2020

Athens, Greece

<https://www.mesaep.org/symposia>

### **18th Asia Pacific International Symposium on Microscale Separations and Analyses and 17th International Interdisciplinary Meeting on Bioanalysis APCE & CECE**

1-5 November, 2020

Siem Reap (Angkor Wat), Cambodia

<http://www.ce-ce.org>

### **19th International Conference Laser Optics**

2-6 November 2020

St. Petersburg, Russia

<https://www.laseroptics.ru>

### **European Magnetic Resonance Meeting EUROMAR 2020**

6-10 December 2020

Bilbao, Spain

<http://www.euromar.org>

### **Pacificchem 2020**

15-20 December 2020

Honolulu, Hawaii, USA

<https://pacificchem.org>

### **European Winter Conference on Plasma Spectrochemistry**

31 January - 05. February 2021

Ljubljana, Slovenia

<https://ewcps2021.si>

### **Mezinárodní konference Hutní a průmyslová analytika 2020**

duben 2021

Ustroń, Polsko

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

### **Colloquium Spectroscopicum Internationale XLII**

20-25 June 2021

Gijon, Spain

<https://www.csi2021spain.com>

### **European Conference on X-Ray Spectrometry**

27 June - 2 July 2021

Bruges, Belgium

<https://www.uantwerpen.be/en/conferences/exr-s-2021>

### **XXVII International Conference on Raman Spectroscopy**

1-6 August 2021

Rome, Italy

<http://icors2020.com>

### **35th European Congress on Molecular Spectroscopy**

15-19 August 2021

Jyväskylä, Finland

<https://www.jyu.fi/en/congress/eucmos2020>

### **14th International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation**

30 August - 3 September 2021

Hamburg, Germany

<https://www.sri2021.eu>

### **22nd Polish-Slovak-Czech Optical Conference on Wave and Quantum Aspects of Contemporary Optics**

13-17 September 2021

Wajnow Palace, Poland

<https://psc2020.pwr.edu.pl>

SPOLOČENSKÁ RUBRIKA

**Významné životné jubileá členov Slovenskej spektroskopickkej spoločnosti v roku 2020**

**Päťdesiatroční jubilanti**

Ing. Iveta Chovancová  
Ing. Beáta Svetlíková  
Ing. Eva Valachovičová

**Päťdesiatpäťroční jubilanti**

Ing. Mária Mochacká  
doc. Ing. Dagmar Remeteiová, PhD.  
Ing. Henrieta Šoltýsová

**Šesťdesiatroční jubilanti**

Ing. Mária Janoštiaková  
RNDr. Margita Kirová  
RNDr. Ján Klimek  
Ing. Danica Krupová, PhD.  
Ing. Miroslav Majerík  
Mgr. Slávka Spišáková  
Ing. Jozef Stano  
Ing. Jaroslav Valko

**Šesťdesiatpäťroční jubilanti**

Ing. Margita Bistrická  
Ing. Vladimír Doboš  
Ing. Viera Širáňová

**Sedemdesiatroční jubilanti**

doc. RNDr. Bohumil Dočekal, CSc.

**Osemdesiatroční jubilanti**

prof. RNDr. Arpád Kecskés, CSc.

**Deväťdesiatroční jubilanti**

prof. Ing. Eduard Plško, DrSc.

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

*Redakčná rada Spravodaja SSS*

**prof. Ing. Eduard Plško, DrSc.  
90-ročný**

Medzinárodne rešpektovaná osobnosť v oblasti atómovej spektrometrie, významný vedec a vysokoškolský učiteľ oslávil 11. marca 2020 svoje životné jubileum – 90. narodeniny.

Narodil sa v Cerovej-Lieskovom. Po ukončení gymnázia v Trnave (1949) absolvoval v roku 1953 inžinierske štúdium na Chemickotechnologickej fakulte Slovenskej vysokej školy technickej (CHTF SVŠT) v Bratislave. Počas rokov 1953 až 1956 pracoval na svojej internej vedeckej ašpirantúre v odbore anorganická chémia na Slovenskej akadémii vied (SAV), v roku 1957 získal na CHTF SVŠT titul CSc. V rokoch 1956-1970 pôsobil ako vedecký pracovník, vedúci spektrochemického laboratória a

vedecký tajomník na Ústave anorganickej chémie SAV v Bratislave. V roku 1964 habilitoval v odbore analytická chémia na Prírodovedeckej fakulte Univerzity Komenského (PriF UK) v Bratislave. Po jednoročnom študijnom pobyte na Ústave spektrochémie a aplikovanej spektroskopie v Dortmunde ako štipendista A. von Humboldta obhájil v roku 1968 doktorskú dizertačnú prácu v odbore analytická chémia na Vysokej škole chemickotechnologickej v Prahe. V období rokov 1970 až 1990 pôsobil ako vedúci vedecký pracovník, pedagóg a zástupca riaditeľa na Geologickom ústave PriF UK v Bratislave. V roku 1977 bol menovaný profesorom v odbore analytická chémia.

Prof. Ing. Eduard Plško, DrSc. sa vo svojej vedeckej práci venoval využitiu optických a iných metód pre štúdium vlastností rôznych komplexných zlúčenín, ale aj atómovej

spektrometrii, napr. pri štúdiu vlastností žiaruvzdorných sústav na báze magnezitov. Navrhol a vypracoval postupy hodnotenia vzťahových kriviek, umožňujúce kvantitatívne sledovanie vyparovania jednotlivých zložiek pri vysokých teplotách, výber vhodných homologických dvojíc spektrálnych čiar, rozšírenie podmienok homológie s uvažovaním vlastnej absorpcie spektrálnych čiar a modely štatistického rozloženia výsledkov.

Na Slovensku sa stal zakladateľom novej vednej disciplíny – analytickej geochemie. Vypracoval systém kvantitatívnej spektrochemickej analýzy geologických materiálov s osobitným dôrazom na hodnotenie metrologických parametrov (napr. správnosti výsledkov) systematickým využívaním certifikovaných referenčných materiálov. Metodicky sa venoval spôsobom korekcie pozadia a spektrálnych interferencií v optickej emisnej spektrometrii s indukčne viazanou plazmou, problematike analýzy minerálnych vôd Slovenska, náročnému stanoveniu prvkov vzácnych zemín a zlata v horninách a mineráloch. Aj po dobrovoľnom ukončení svojej akademickej kariéry sa venoval štatistickým postupom hodnotenia analytických výsledkov, vypracovaniu konceptu všeobecnej analytickej chémie a ďalším čínorodým aktivitám v rámci odborného života spektroskopikov a analytických chemikov na Slovensku a v Českej republike.

Je autorom viac ako 250 originálnych vedeckých prác, viacerých monografií a skrípt. Predniesol cca 100 vyzvaných prednášok na rôznych univerzitách a medzinárodných konferenciách v mnohých krajinách. V rokoch 1967-1984 bol členom Komisie pre spektrálne a iné optické metódy analýzy pri Medzinárodnej únii pre čistú a aplikovanú chémiu (IUPAC) a v rokoch 1967-1990 bol členom redakčných rád celosvetovo významných vedeckých časopisov *Spectrochimica Acta Part B* a *Journal of Analytical Atomic Spectroscopy*. V období rokov 1961 až 1990 zastával funkciu predsedu, resp. podpredsedu Československej

spektroskopickej spoločnosti pri ČSAV v Prahe.

Za významný prínos k rozvoju spektroskopie doma i v zahraničí bol menovaný čestným členom Slovenskej spektroskopickej spoločnosti, Spektroskopickej spoločnosti Jana Marka Marci a Srbskej chemickej spoločnosti a je držiteľom Medaily Jana Marka Marci z Kronlandu (SS JMM), Medaily Tibora Töröka (*Hungarian Spectrochemical Association*), Medaily Mikuláša Konkoly-Thege (SSS) a mnohých ďalších diplomov a ocenení rôznych inštitúcií (o.i. *Martin Luther University Halle-Wittenberg*, Univerzita Komenského v Bratislave, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Technická univerzita v Košiciach). Bol organizátorom mnohých odborných podujatí, ktoré významnou mierou prispeli k vybudovaniu domácich a zahraničných kontaktov a pri ktorých osobitnú úlohu okrem odborných kvalít zohrala aj jeho všestrannosť a charizma. Prednášal poslucháčom chémie a geológie, viedol diplomantov, bol školiteľom vedeckých aspirantov, predsedom Komisie pre obhajoby kandidátskych dizertačných prác v analytickej chémii a geochemii, ako aj členom Komisií pre obhajoby doktorských dizertačných prác v uvedených odboroch a oponentom mnohých vedeckých kvalifikačných prác. Hodnotenie jeho vedeckej a pedagogickej činnosti by mohlo byť témou pre samostatnú publikáciu, ktorá by v mnohom ohľade zdokumentovala aj vývoj československej atómovej spektroskopie a spektrometrie od roku 1954.

Vynikajúci prednášateľ v anglickom, nemeckom, francúzskom, ruskom a maďarskom jazyku nielen v jeho profesijnej oblasti, ale neprehliadnuteľný aj svojou všestrannosťou, počnúc hudbou, výtvarným umením, históriou, matematikou, astronómiou a končiac jeho originálnymi a neraz provokatívnymi filozofickými úvahami.

Vážený a milý pán profesor, v mene celej slovenskej a českej spektroskopickej obce Vám pri tejto príležitosti želáme pevné zdravie a všetko najlepšie do ďalších rokov.

*Jana Kubová a Peter Matúš*

**OZNAMY, PONUKY, POŽIADAVKY**

**ČLENSKÉ POPLATKY**

Členský poplatok za rok 2020 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**, IBAN: **SK701100000002921888728**, BIC/SWIFT: **TATRSKBX**. 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 4<sup>th</sup> European Furnace Symposium and XV<sup>th</sup> 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 (XVIII<sup>th</sup> 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 XVIII<sup>th</sup> 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. Medveď, 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 (XIX<sup>th</sup> 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 XIX<sup>th</sup> 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 / XX<sup>th</sup> 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 2019 a 2020

### 12. kolo

#### Súťaže vedeckých prác mladých spektroskopikov

Do súťaže môže byť poslaný článok alebo súbor článkov autora, ktorý v príslušnom roku 2019/2020 nepresiahne vek 35 rokov. Článok alebo súbory článkov na spektroskopickú tému publikované v období 2019-2020 treba poslať na adresu SSS do 30. septembra 2020. Akceptované sú experimentálne články, ktoré boli publikované alebo prijaté redakčnou radou niektorého vo *Web of Science Core Collection* 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 súťaže budú vyhlásené na príslušnom odbornom podujatí v roku 2020 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](mailto: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**