



Výstupy vědecké činnosti za uplynulých 10 let:

Počet článků v impaktovaných časopisech:	431
Počet knih a kapitol v knihách:	35
Počet konferenčních příspěvků:	959
Celkový počet aplikovaných výsledků:	19
Počet udělených patentů:	12
Počet uspořádaných mezinárodních konferencí:	15
Počet řešených národních výzkumných projektů:	95
Počet řešených projektů podpořených Evropskou unií:	3
Celkový počet výsledků:	1 580
Počet Ph.D. studentů:	38

Základní údaje o počtu zaměstnanců:

Průměrný počet úvazků výzkumných pracovníků v posledních deseti letech:	43,5
---	------

KONTAKTY:

**Ústav
analytické chemie
AV ČR, v. v. i.**

**Veveří 97
602 00 Brno**

tel.: +420-532 290 182

fax: +420-541 212 113

e-mail: uiach@iach.cz

HISTORIE

1. dubna 1956 byla založena Laboratoř pro analýzu plynů Československé akademie věd se sídlem v Mozartově ulici v Brně. Vedením byl pověřen Jaroslav Janák, autor prvního patentu plynového chromatografu uděleného na světě (CZ Patent 83991-1952) a výzkumná činnost byla logicky zaměřena na chromatografickou analýzu plynů. V roce 1966 byl změněn statut Laboratoře na Ústav instrumentální analytické chemie ÚIACH ČSAV a pracoviště přesídlilo do budovy na Kounicově ulici. Výzkum se rozšiřoval do oblastí dalších, především separačních metod analytické chemie: kapalinové chromatografie, elektromigračních metod, frakcionace tokem v silovém poli, separace pomocí tekutin v nadkritickém stavu a vývoje instrumentace pro zachycování a analýzu stopových množství polutantů v životním prostředí. V roce 1974 byl z názvu ústavu vypuštěn termín „instrumentální“, ale zkratka ústavu, UIACH, byla ponechána pro odlišení od dalšího chemického ústavu Československé akademie věd, Ústavu anorganické chemie, UACH. V roce 1991 se ústav přestěhoval do nové budovy na Veverčí ulici a zaměření ústavu se rozšířilo o spektrální metody. Po rozdělení Čes-



Vývoj detektoru pro kapalinovou chromatografii v 60. letech 20. století.



Prof. Ing. Jaroslav Janák, DrSc., dr. h. c., před prototypem patentovaného plynového chromatografu.

koslovenska a vzniku Akademie věd České republiky se ze zanikajícího pražského Ústavu nukleární biologie a radiochemie připojila k Ústavu analytické chemie skupina orientovaná na problematiku stopové prvkové analýzy. Přibýly směry výzkumu orientované na vývoj bioanalytické instrumentace, proteomiku a glykomiku. V čele ústavu stál od založení až do roku 1980 prof. Ing. Jaroslav Janák, DrSc., dr. h. c., vystřídan byl Ing. Josefem Jančou, DrSc., a vedení se znovu ujal v letech 1990–1993. Ředitelem v období 1993–2001 byl prof. RNDr. Petr Boček, DrSc., po něm v letech 2001–2005 RNDr. Josef Chmelík, CSc., a od roku 2005 stojí v čele ústavu prof. RNDr. Ludmila Křivánková, CSc.

VÝZNAMNÉ OSOBNOSTI ÚSTAVU

Prof. Ing. Jaroslav Janák, DrSc. dr. h. c. (1924–)

Originální Janákova myšlenka analýzy plynů na chromatografické koloně s oxidem uhlíčitým jako mobilní fází vedla k sestrojení přístroje vlastní konstrukce. Přístroj byl patentován v Československu v roce 1952 a s odstupem času se ukázal být prvním patentem plynového chromatografu uděleným na světě. Janák se podílel na vzniku a profilování mezinárodních oborových časopisů a byl členem jejich edičních rad. Publikoval přes 300 vědeckých článků, 12 patentů a 7 odborných knih. Za své celoživotní dílo byl oceněn řadou medailí a dalších poct.



Prof. RNDr. Petr Boček, DrSc. (1941–)

Stal se průkopníkem analytických elektroforetických metod v celosvětovém měřítku. Byl členem redakčních rad významných oborových světových časopisů, je autorem a spoluautorem více než 250 vědeckých prací a řadí se k nejcitovanějším českým chemikům. Je rovněž spoluautorem dvou monografií o analytické izotachofóře a analytické elektroforéze a dalších knih a kompendií zahrnujících elektromigrační techniky.



Prof. RNDr. Miloš Vlastislav Novotný, DrSc., dr. h. c. (1942–)

je světově uznávanou autoritou v oblastech bioanalytické chemie, glykobiologie a chemické ekologie. Jeho práce o kapilární plynové chromatografii publikované v roce 1968 se zařadily mezi nejvíce citované práce ústavu v tehdejší době. Zkonstruoval mikrochromatografické zařízení, které bylo vyneseno americkou kosmickou sondou Viking na Mars (Viking Mars Lander 1975) a mělo ověřit, zda na této planetě existuje nějaká forma života. Je autorem nebo spoluautorem více než 500 vědeckých publikací a 4 knih a jedním z 500 nejvíce citovaných chemiků ve světě. Získal čestná mezinárodní uznání včetně prestižního ocenění časopisu Research and Development Magazine - Scientist of the Year.



Ing. Josef Novák, CSc. (1932–1986)

Za svého působení na ústavu se orientoval na kvantitativní analýzu plynovou chromatografií se zvláštním zřetelem na stopovou analýzu, fyzikálně-chemickou podstatu chromatografických detektorů, relace mezi analytickým signálem separovaných látek a odezvou detektoru. Jeho metody byly a stále jsou ve světě používány. Uplatnění našly např. i při výzkumu horních vrstev atmosféry v průběhu letu Apolla 12. V roce 1992 mu byla „in memoriam“ udělena zlatá medaile J. Heyrovského za zásluhy v chemických vědách.

SOUČASNOST

Vyvíjíme nejmodernější metody a instrumentace analytické chemie použitelné v dalších vědeckých oblastech, týkajících se především biologie, medicíny, ochrany zdraví člověka a životního prostředí. Základní výzkum je zaměřen na separační a spektrální metody, systémovou miniaturizaci a nanotechnologie, analytické problémy v oblasti proteomiky, genomiky, vývoje a monitorování léčiv, tělních tekutin

a životního prostředí. Od roku 2004 ústav každoročně pořádá mezinárodní konferenci Central European Capillary Electrophoresis (CECE), v roce 2010 organizoval významnou mezinárodní konferenci MicroScale Bioseparations MSB 2010, v roce 2017 bude organizovat další významnou konferenci HPLC. Od roku 2014 uděluje Cenu Jaroslava Janáka za rozvoj analytické chemie.

VÝHLED DO BUDOUCNOSTI

Více než polovina výzkumných pracovníků ještě nepřesáhla věk 40 let a ústav jim vytváří velmi dobré podmínky pro kariérní postup. Jsou vysíláni do zahraničí na pracovní stáže, výměnné pobyty a konference.

Ústav je vybaven nejmodernějšími přístroji, což spolu s dobrým vědeckým zázemím tvořeným zkušenými staršími výzkumníky umožňuje produkovat trvale výsledky na čele světového vývoje analytické chemie.



„Analytická chemie je nezbytným nástrojem poznání světa“

Prof. RNDr. Ludmila Křivánková, CSc.
ředitelka Ústavu analytické chemie
Akademie věd České republiky, v. v. i.

Ludmila Křivánková vystudovala obor biochemie na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity v Brně a do roku 1983 pracovala na katedře biochemie jako odborná vědecká pracovníce. Titul docentky a poté profesorky získala na Masarykově univerzitě v Brně v oboru analytická chemie. Vyučovala a vedla studenty na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity, Univerzitě Pardubice, Mendelově univerzitě v Brně a VUT v Brně.

Od roku 1983 pracuje na Ústavu analytické chemie AV ČR a zabývá se vývojem elektromigračních metod, především kombinací jednotlivých technik zaměřených na stanovení stopových množství analytů ve složitých vzorcích biologického i průmyslového původu. Přednáší na mezinárodních vědeckých konferencích (90 příspěvků), je autorkou nebo spoluautorkou 6 pedagogických materiálů, 9 monografií nebo příspěvků do monografií, 53 článků v impaktovaných odborných časopisech s celkovým počtem 1477 citací a h-indexem 21. Řešila řadu výzkumných projektů, je členkou řady odborných komisí a rad výzkumných institucí. Je editorkou časopisu ELECTROPHORESIS (Wiley). V roce 2005 byla jmenována ředitelkou ústavu.



Cena Jaroslava Janáka
za rozvoj analytické chemie.

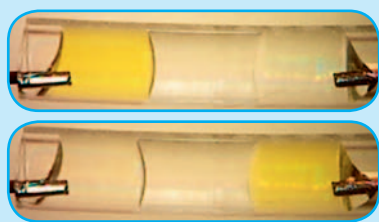
BRNĚNSKÁ
ELEKTROFRETICKÁ ŠKOLA

Je již dlouho známo, že se nabitě částice látek v toku působením elektrického pole pohybují a že různé látky přitom putují různou rychlostí. Provádět však toto v kapiláře o průměru desetiny milimetru, vnášet do ní vzorky o objemu milióntiny litru a užitím vhodných čidel změřit stopové látky přítomné ve vzorku v poměru jedna ku miliónu nebo ještě nižší, to je předmětem analytické elektroforezy. Vědecké oddělení založené prof. RNDr. Petrem Bočkem, DrSc., se výzkumu elektroforetických metod na Ústavu analytické chemie věnuje od roku 1972. Nevelké oddělení se vždy nacházelo na špičce světového výzkumu a za více než 40 let jím prošla řada dnes již renomovaných tuzemských i zahraničních vědců a pojem „brněnská elektroforetická škola“ znají odborníci na celém světě.

SOUČASNÉ SMĚRY
VÝZKUMU

V současné době se oddělení elektromigračních metod zabývá výzkumem a vývojem elektricky indukovaných separačních procesů, které mohou být využity při úpravě a analýze vzorků s komplexními maticemi. Jedná se především o elektricky indukované selektivní obohacení analytů přechodem přes fázová rozhraní a separaci analytů kapilární elektroforezou, nepřímé i přímé spojení těchto dvou technik a optimalizaci separačních systémů pro dosažení maximální účinnosti, selektivity a citlivosti.

- Vývoj předkoncentračních a předseparačních postupů v oblasti analýz vzorků se složitými maticemi
- Metodologie pro porozumění a pochopení vlastností separačních systémů, vzorků, matic
- Vývoj metodologie s cílem dosažení maximální separační účinnosti a citlivosti
- Vývoj a aplikace mikroextračních technik využívajících fázová rozhraní pro analýzu vzorků se složitými maticemi.

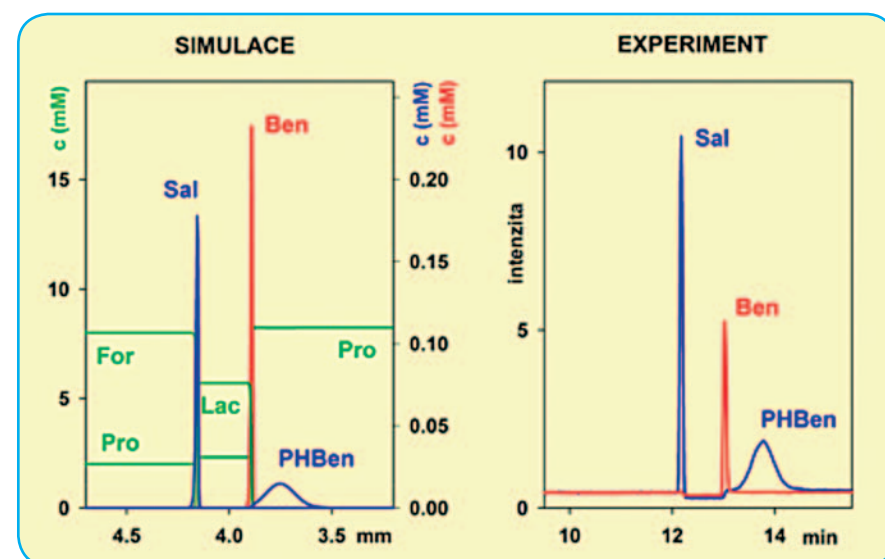


Vizualizace elektricky indukovaného přenosu iontů přes fázové rozhraní.

CITLIVÉ ELEKTROFRETICKÉ ANALÝZY – EFEKTIVNÍ
ARCHITEKTURA ELEKTROLYTŮ

Klasickým polem výzkumu oddělení je teorie, metodologie a vývoj nových postupů založených zejména na zakoncentrovacích vlastnostech elektroforetických technik. Tyto vlastnosti jsou založeny na tvorbě migrujících elektroforetických rozhraní, která se udržují trvale ostrá a jsou schopna ze vzorku nasbírat a zaostřit do úzké zóny stopové látky, nebo na tvorbě migrujících gradientů, které jsou rovněž schopné zachytit, rozdělit a zaostřit stopové látky. V obou těchto případech je výsledkem vysoká citlivost metody při detekci analyzovaných stopových látek.

Vyvíjené postupy se opírají o teoretické zpracování a poznání studovaných jevů, což dále umožňuje jejich optimální aplikace na konkrétní analytický problém. V poslední dekádě byly takto objeveny a popsány dosud neznámé druhy migrujících rozhraní, tzv. hybridní a násobná hybridní rozhraní, objeven a popsán nový elektroforetický separační princip fokuse látek na migrujícím inverzním gradientu, nebo vypracována strategie volby elektrolytových systémů pro izotachoforézu s hmotnostní spektrometrií, založená na rozšíření teoretického



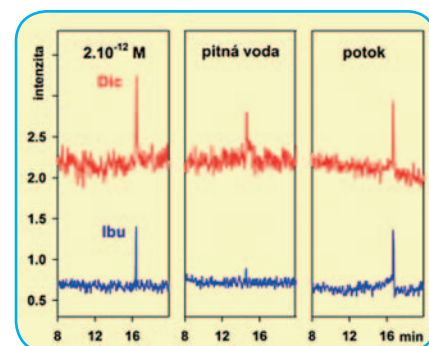
Simulace a experiment: podobné k nerozeznání.

modelu izotachoforézy na systémy s více-komponentním vedoucím a koncovým elektrolytem.

Velmi užitečné je využití počítačových simulací elektroforetických separací, které výborně pomáhají předpovídat chování analytů, elektrolytového systému a jejich interakce.

Elektroforetické systémy pro analýzy stopových látek využívají tvorby trvale ostrých pohyblivých rozhraní, na kterých se tyto látky mohou selektivně koncentrovat. Pokročilou architekturu elektrolytových systémů lze výhodně uplatnit v kombinaci s hmotnostní spektrometrií, kde je možno dosáhnout vysoké citlivosti i selektivity. Příkladem je stanovení léčiv ve vodách, kde

byly úspěšně analyzovány diklofenak (Dic) a ibuprofen (Ibu) v koncentracích kolem 500 fg/ml.

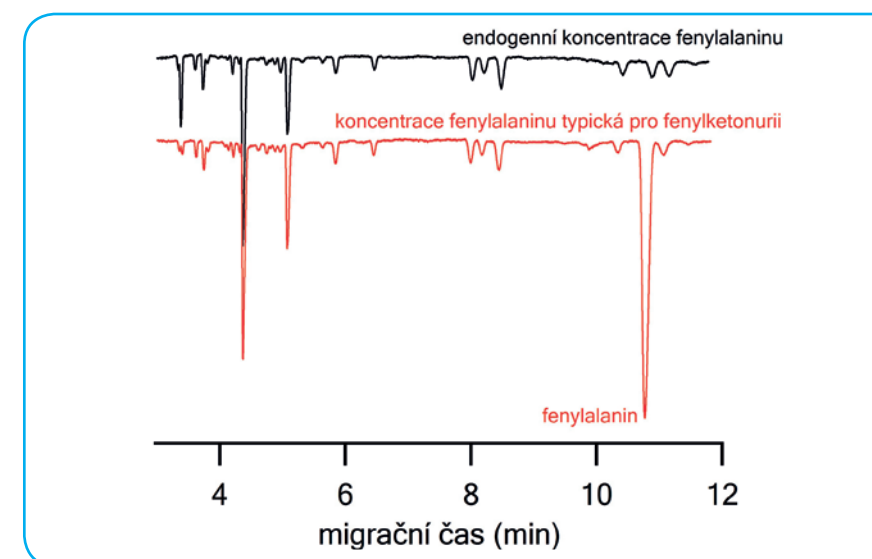


Léčiva ve vodách lze stanovit i v nepatrných množstvích.

MIKROEXTRAKCE NA FÁZOVÝCH ROZHRAŇÍCH –
PŘÍMÉ ANALÝZY BIOLOGICKÝCH VZORKŮ

Biologické vzorky, jako jsou například lidské tělní tekutiny, jsou často analyzovány v klinických a toxikologických laboratořích. Tyto vzorky obvykle obsahují stopová množství sledovaných analytů, ale také mnohonásobně vyšší koncentrace maticních látek (jako jsou například soli, proteiny, tuky atd.), které mohou při analýzách standardními separačními technikami způsobovat interference. Tyto maticní látky mohou být z biologických vzorků efektivně

odstraněny pomocí fázových rozhraní na bázi kapalných membrán. Tato a mnohá další fázová rozhraní, která jsou na oddělení elektromigračních metod intenzivně vyvíjena a studována, umožňují selektivní mikroextrakce mnoha analytů ze surových biologických vzorků. Mikroextrakce ionizovatelných analytů mohou být navíc výrazně urychleny účinkem elektrického pole a tyto, tzv. elektromembránové extrakce, se často využívají v klinických, potravinářských



Monitoring fenylketonurie ve vzorcích plné krve.

a environmentálních aplikacích. Příkladem využití elektromembránových extrakcí v klinické praxi může být monitoring vrozených metabolických poruch, jako například fenylketonurie, ve vzorcích krve.

Mikroextrakce na fázových rozhraních mohou být také spojeny přímo s analytickými přístroji. Takové uspořádání umožňuje plnou automatizaci extrakčního i analytického protokolu a může být velice atraktivní pro klinické a toxikologické laboratoře. Výzkum a vývoj extrakčních zařízení vhodných pro přímé spojení mikroextrakcí přes kapalná, polymerní a porézní fázová rozhraní s komerčními přístroji pro kapilární elektroforezu je jedním z aktuálních směrů výzkumu oddělení elektromigračních me-

tod. Přímé spojení mikroextrakcí s kapilární elektroforezou umožňuje například extrémně rychlou diagnostiku otravy metanolem pomocí přesného stanovení obsahu kyseliny mravenčí (hlavního metabolitu metanolu v lidském organismu) v krvi.



Otravu metanolem lze stanovit přímou analýzou jediné kapky krve za méně než 5 minut.



RNDr. Pavel Kubáň, Ph.D., DSc., vystudoval obor chemie a matematika na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity v Brně a titul Ph.D. získal na Agronomické fakultě Mendelovy univerzity v Brně. Tituly RNDr. a DSc. v oboru analytická chemie mu byly uděleny na Přírodovědecké fakultě Univerzity Palackého v Olomouci a Akademii věd České republiky. Absolvoval několik dlouhodobých studijních a pracovních stáží na renomovaných zahraničních pracovištích (Nizozemí, Skotsko, Švýcarsko, Austrálie) a od roku 2006 pracuje na Ústavu analytické chemie AV ČR, kde se zabývá výzkumem a vývojem elektromigračních a předseparačních technik pro analýzy komplexních vzorků. V roce 2007 mu byla udělena Prémie Otto Wichterleho (Akademii věd České republiky) pro vynikající mladé vědecké pracovníky. Je autorem nebo spoluautorem 74 vědeckých článků a příspěvků do monografií a 40 příspěvků na mezinárodních konferencích s celkovým počtem téměř 2 300 citací a h-indexem 31.

KONTAKTY:
Ústav analytické chemie
AV ČR, v. v. i.
Oddělení
elektromigračních metod

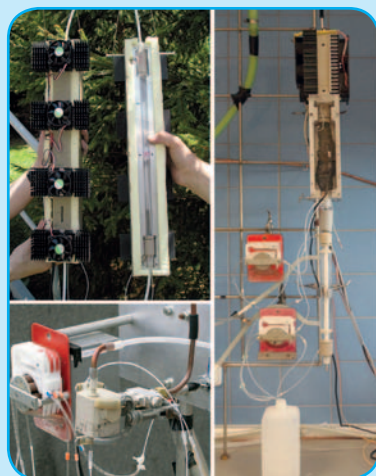
Veveří 97
602 00 Brno

tel.: +420 532 290 140
E-mail: kuban@iach.cz



SOUČASNÉ SMĚRY VÝZKUMU

Klíčové aktivity oddělení jsou zaměřeny na výzkum a vývoj nových metod a instrumentace pro chemickou analýzu ve všech složkách životního prostředí. Zvláštní důraz je kladen na analýzu stopových a ultrastopových koncentrací plynů, par a aerosolů v ovzduší, a zejména jemných částí aerosolů – nanočástic. V oddělení jsou vyvíjeny metody zaměřené na chemickou anorganickou a organickou analýzu ve vodních ekosystémech, v půdě a v sedimentech, metody ke sledování transportu polutantů v rostlinách a živých organismech i v potravním řetězci člověka v souvislosti s ochranou prostředí a ochranou zdraví lidí. Při chemických analýzách jsou využívány předkoncentrační techniky ve spojení s nově vyvinutými specifickými detektory. Část aktivity oddělení je orientována na studium vlivu dlouhodobé inhalace nanočástic malými zvířaty a sledování transportu a alokace nanočástic v orgánech těchto zvířat.

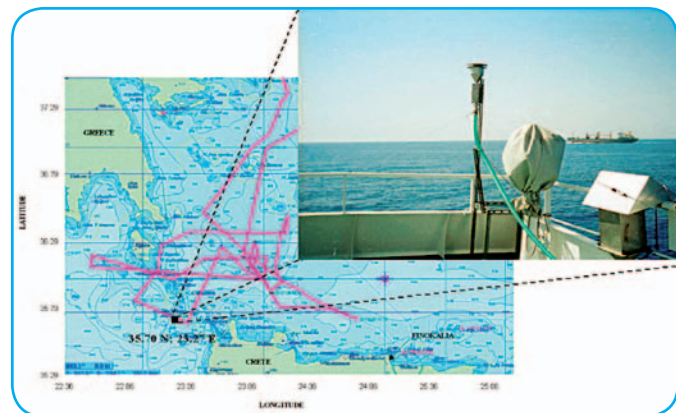


Zařízení na předkoncentraci stopových a ultrastopových koncentrací plynů, par a aerosolů v ovzduší.

MĚŘÍME OBSAH POLUTANTŮ V OVZDUŠÍ NAD STŘEDOZEMNÍM MOŘEM

V rámci evropského programu INCO Copernicus byl měřen obsah polutantů (oxidu dusičitého, ozonu, kyseliny dusičné a kyseliny dusité) v ovzduší ve východní části Středozemního moře. Obsah polutantů byl měřen analyzátory umístěnými na výzkumné lodi Agaon. Zjistilo se, že se lokálně

zvyšuje obsah polutantů v ovzduší, což bylo způsobeno přítomností jiných plavidel v blízkosti trasy výzkumné lodi. Výsledky měření prokázaly, jak obsah polutantů v ovzduší v oblastech s cílým loďným provozem ovlivňuje transport „dusíku“ do mořské biosféry.



Trasa výzkumné lodi Agaon ve východní části Středozemního moře a pohled na loď způsobující zvýšenou koncentraci polutantů (O_3 , HNO_2 , HNO_3 a NO_2) v ovzduší.

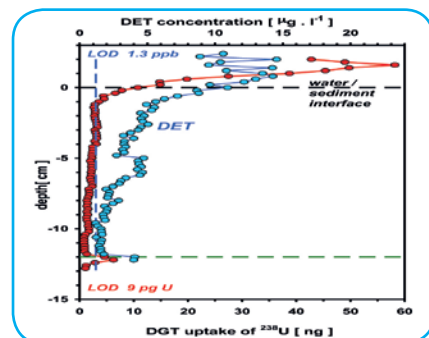
VÝVOJ A APLIKACE TECHNIKY ZALOŽENÉ NA DIFÚZNÍM GRADIENTU V TENKÉ VRSTVĚ

Část vědecké aktivity byla orientována na vývoj a aplikaci metod založených na difúzním gradientu v tenkém filmu při charakterizaci složek životního prostředí. Byly nalezeny nové možnosti pro speciální analýzu a sledování transportu kovů ve vodním ekosystému, sedimentech a v půdě pomocí speciálních sond, které jsou založeny na difúzních rovnázných technikách. Využití těchto sond bylo ověřováno také v souvislosti s transportem kovů do lidského potravního řetězce.

Technika difúzního gradientu v tenkém filmu a technika difúzní rovnováhy v kombinaci s detekční metodou hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem byla použita např. pro charakterizaci hloubkových profilů izotopů uranu $^{238}U/^{235}U$, železa a manganu v přírodních sedimentech s vysokým, až milimetrovým rozlišením, a ke studiu procesů zachytu a uvolňování uranu v sedimentech, popř. pro sledování původu znečištění uranem.



Sonda pro techniku difúzního gradientu v tenkém filmu (vlevo) a koncentrační profil uranu v sedimentu (vpravo) zjištěný touto sondou a technikou difúzní rovnováhy.



SLEDOVÁNÍ A VYHODNOCOVÁNÍ TOXICKÝCH VLASTNOSTÍ NANOČÁSTIC

V rámci studie toxických vlastností nanočástic bylo zkonstruováno unikátní zařízení k akutním a chronickým inhalačním experimentům s malými zvířaty. Inhalační zařízení se skládá ze čtyř klecí zhotovených ze skla a nerezového plechu, které jsou umístěny v buňce ze skla a nerezového materiálu, která je vzduchotěsně oddělena od

okolního prostředí. Inhalační zařízení umožňuje provádět za kontrolovaných podmínek (osvětlení, relativní vlhkost, teplota a koncentrace nanočástic až 10^7 částic/cm³) dlouhodobé inhalační experimenty po dobu několika měsíců s populacemi myši až 60 individuí v jedné kleci.



Ing. Zbyněk Večeřa, CSc., vystudoval obor organická chemie a technologie na Vysoké škole chemicko-technologické v Bratislavě. Od roku 1977 je zaměstnancem Ústavu analytické chemie AV ČR v Brně, kde v roce 1977 získal vědecký titul CSc. po obhájení doktorské práce „Současné stanovení C, H, N a S reakční plynovou chromatografií“. Od roku 1996 je vedoucím oddělení analytiky životního prostředí. Zabývá se dlouhodobě vývojem detektorů a nekonvenčních obohacovacích technik pro monitorování biogenních a biologicky aktivních látek v matricích životního prostředí. Zúčastnil se řady dlouhodobých stáží v zahraničí (USA, Holandsko, Belgie). Aktivně se účastní domácích a zahraničních vědeckých konferencí (176 příspěvků), publikuje v mezinárodně uznávaných vědeckých impaktovaných časopisech (73 článků, 799 citací). Je řešitelem nebo spoluřešitelem národních a mezinárodních vědeckých projektů, je členem národních odborných komisí, členem oborových rad VUT Brno, MU Brno a Univerzity obrany Brno, místopředsedou České aerosolové společnosti a školitelem studentů magisterského a doktorandského studia na VUT, MU a Univerzitě obrany.

KONTAKTY:

Ústav analytické chemie
AV ČR, v. v. i.

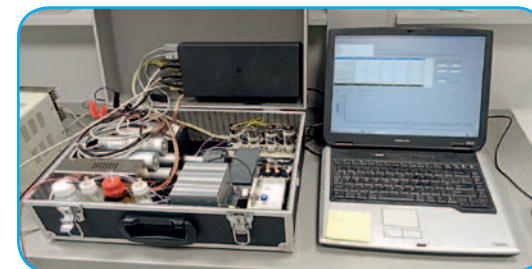
Oddělení analytické chemie
životního prostředí

Veveří 97
602 00 Brno

tel.: +420 532 290 168
E-mail: vecera@iach.cz

OCHRANA OBYVATELSTVA A KRITICKÉ INFRASTRUKTURY

Ve spolupráci s Univerzitou obrany v Brně byl vyvinut a zkonstruován přenosný analyzátor určený k rychlé a citlivé analýze výbušnin ve složkách životního prostředí. Unikátní analyzátor obsahuje miniaturizovaný kapalinový chromatograf, fotolytický konvertor a speciální detektor pracující na chemiluminiscenčním principu. Zařízení umožňuje automaticky v osmiminutových intervalech selektivně detegovat stopová



Analýzátor výbušnin.

množství převážně většiny látek nacházejících se ve výbušninách obsažených v různých vzorcích životního prostředí, např. v půdě nebo vodě.

ODSTRANĚNÍ INTERFERUJÍCÍCH SLOUČENIN PŘI STANOVENÍ ORGANICKÝCH LÁTEK V ATMOSFÉRIKÉM AEROSOLU

Výsledkem mezinárodní spolupráce s univerzitou v Ghentu bylo speciální zařízení (anulární difúzní denuder), které umožňuje vzorkování a stanovení „uhlíkatých“ aerosolů v ovzduší bez interferencí způsobených

oxidanty a těkavými organickými sloučeninami. Zařízení bylo optimalizováno pro průtok vzduchu 1 m³/hod a bylo dlouhodobě použito při sledování obsahu „uhlíkatých“ aerosolů v ovzduší evropských měst.



Anulární difúzní denuder.

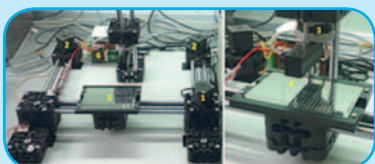
SOUČASNÉ SMĚRY
VÝZKUMU

- instrumentace a metody pro isoelektrickou fokusaci,
- využití superkritické vody jako činidla pro úpravy křemenných a skleněných povrchů analytických separačních zařízení,
- separace amfoterních biomolekul a mikroorganismů elektromigračními metodami,
- miniaturizace chromatografických přístrojů a vývoj technologie chromatografických kolon,
- chromatografické studium distribuce organických látek mezi iontové kapaliny a superkritický oxid uhličitý,
- extrakce rostlinných materiálů stlačenými tekutinami,
- měření rozpustnosti tuhých organických neelektrolytů ve stlačené horké vodě (včetně vývoje termodynamických modelů).

V naší práci se neobejdeme bez vlastního vývoje specializovaných přístrojů:



Přístroj pro leptání kapilár z taveného křemene superkritickou vodou.



Robotické zařízení pro off-line spojení kapalinové chromatografie a hmotnostní spektrometrie MALDI.

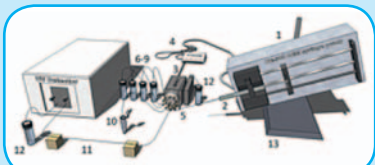
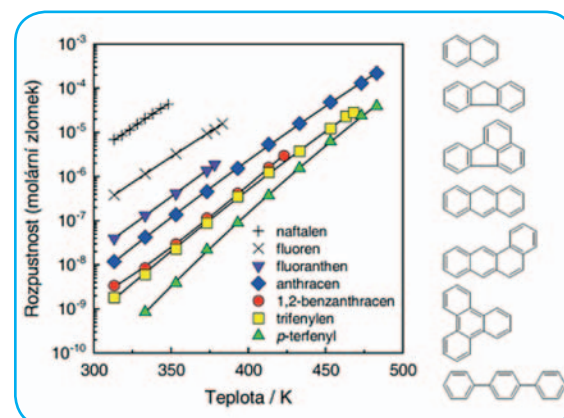


Schéma gradientového nanokolonového kapalinového chromatografu.

PROMĚNLIVOST VLASTNOSTÍ VODY

Vlastnosti vody jako rozpouštědla se výrazně mění s pracovní teplotou a tlakem a můžeme říci, že u žádné jiné látky nejsou příslušné změny solvatačních schopností tak dramatické, jako právě u vody. Pro ilustraci, při teplotě 25 °C a normálním tlaku je chlorid sodný dobře rozpustný, zatímco benzen se s vodou téměř nemísí. Naproti tomu při teplotě 500 °C a tlaku 30 MPa klesne rozpustnost chloridu sodného zhruba o tři dekadické řády (proti zmíněným normálním



podmínkám) a benzen se s vodou mísí v každém poměru na homogenní směs. Proměnlivosti solvatačních vlastností vody v našem oddělení využíváme k extrakcím biologicky aktivních látek z rostlinných materiálů a také při měřeních vodné rozpustnosti organických látek v širokém oboru teplot. Například rozpustnost vícejaderných aromatických uhlovodíků ve stlačené kapalně vodě je za pokojové teploty velmi nízká, ale není zanedbatelná a s rostoucí teplotou rychle narůstá (povšimněte si logaritmické škály na svislé ose).

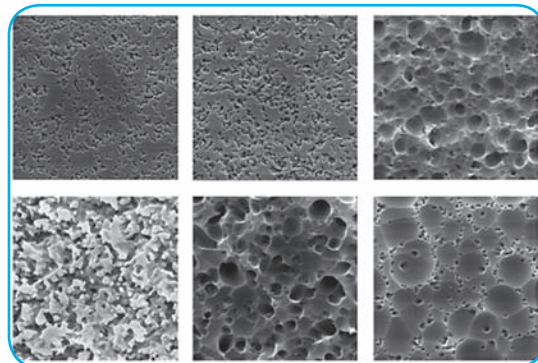
Za vysokých teplot a tlaků voda také rozpouští oxid křemičitý v jeho krystalických i amorfních formách (i když zde samozřejmě nejde o pouhé rozpouštění v rigorózním smyslu). Krystaly křemene, které vidáme v geologických expozicích, obvykle vznikají právě krystalizací z horkých vodných roztoků.

VYUŽITÍ SUPERKRITICKÉ VODY V ANALYTICKÉ CHEMII

Schopnost vody rozpouštět oxid křemičitý má zajímavé využití i v soudobé analytické chemii, kde analyzované látky často separujeme v kapilárách z taveného křemene o vnitřním průměru 5–700 mikronů. Před vlastním provedením separace, ať už pomocí elektromigračních nebo chromatografických metod, je obvykle z různých důvodů nutno vnitřní povrch kapiláry upravit, např. zvýšit jeho drsnost nebo změnit jeho chemické složení. Ke zdrsnění povrchu se dosud využívá leptání taveného křemene působením kapalných či plynných směsí s obsahem fluorovodíku; účinky těchto směsí se někdy obtížně kontrolují. Naproti tomu použití vody za teplot a tlaků poblíž kritického bodu (374 °C, 22.1 MPa) umožňuje poměrně přesně „ladit“ výsledný účinek na strukturu vnitřní-

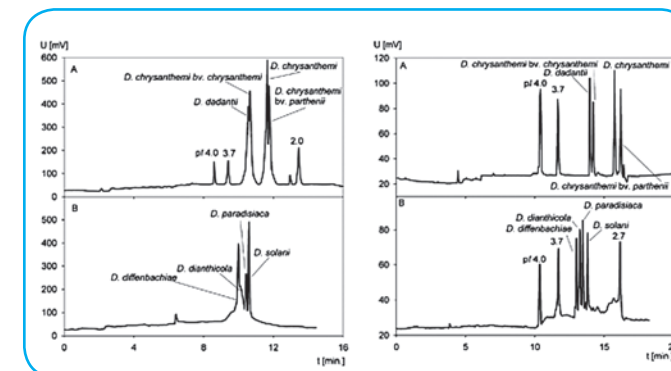
ho povrchu kapiláry s možností cílených úprav jeho morfologie.

Vhodné použití superkritické vody dovoluje vedle úprav drsnosti a struktury vnitřního povrchu také změny vnitřního průměru kapiláry, a to oběma směry, směrem k vyšším i nižším hodnotám ve srovnání s původním průměrem. Těchto značných možností se snažíme využívat ke zvyšování účinnosti analytických separací.



SEPARACE MIKROORGANISMŮ

Zatím největší část našich aplikací kapilár upravených horkou vodou směřovala do oblasti elektromigračních metod s tím, že v různých elektromigračních metodách se optimálně uplatňovaly různé typy úprav.



Jednou z technik, kde upravené kapiláry užíváme, je kapilární isoelektrická fokusace. Tato metoda využívá toho, že působením elektrického pole v gradientu pH mají látky amfoterní povahy tendenci migrovat do pozice, kde se lokální pH shoduje s hodnotou isoelektrického bodu (pI) příslušné látky. Isoelektrická fokusace je především vhodná k separacím peptidů a proteinů, ale v důsledku amfoterní povahy buněčných membrán se hodí i k separacím mikroorganismů. Před 20 lety jsme teoreticky ukázali, že účinnost isoelektrické fokusace v zužujících se kapiláře může být výrazně vyšší než v kapiláře konstantního průměru. Vhodná technika přípravy zužujících se kapilár tehdy ale nebyla k dispozici. K důkladnějšímu experimentálnímu ověření teoretické predikce jsme proto nedávno využili kapilár, které jsme působením superkritické vody upravili tak, aby podélný profil jejich vnitřního průměru odpovídal teoretickým požadavkům. Ve výsledné zužující se kapiláře jsme pak separovali bakterie rodu *Dickeya*, jejichž některé druhy jsou hospodářsky významnými fytopatogeny, a bakterie rodu *Lactobacillus*, významné v potravinářství. Jak je vidět, separace v zužující se kapiláře (vpravo) jsou pod-

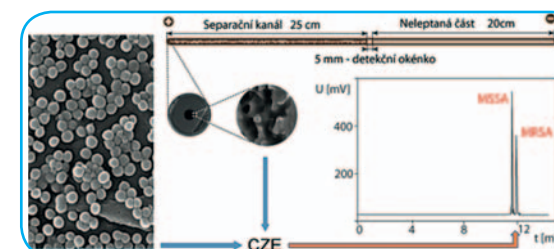
statně účinnější než separace v kapiláře o konstantním průměru (vlevo).

Mikroorganismy je možno separovat i kapilární zónovou elektroforézou (CZE). Pro tyto separace jsme působením superkritické vody připravili kapiláry s uniformním vnitřním průměrem a vhodně zkorodovaným vnitřním povrchem. V těchto kapilárách se nám podařilo provést některé náročné separace, zejména rozlišení methicilin-rezistentních

a methicilin-senzitivních bakterií *Staphylococcus aureus* (MRSA a MSSA).

Methicilin-rezistentní *Staphylococcus aureus* je častým původcem tzv. nemocničních infekcí, takže jeho včasná a rychlá identifikace a kvantifikace je z pohledu klinické mikrobiologie velmi důležitá.

Využití křemenných kapilár naleptaných superkritickou vodou se neomezuje jen na elektromigrační metody, ale mají potenciál i pro kapilární chromatografii, například pro přípravu robustnějších monolitických kapilárních kolon na bázi silikagelu pro kapalinovou chromatografii, kde může předběžná úprava superkritickou vodou



zlepšit vazbu mezi monolitem a stěnou kapiláry.

Uvedli jsme zde jen několik z řady možností a směrů, jak mohou fascinující vlastnosti superkritické vody přispět ke zdokonalení analytických separací. Na dalších možnostech pracujeme.



Doc. RNDr. Michal Roth, CSc., vystudoval obor fyzikální chemie na Přírodovědecké fakultě MU v Brně. Po obhajobě titulu CSc. v roce 1984 odjel na postdoktorandský pobyt na Indiana University v Bloomingtonu a později absolvoval několik kratších studijních a pracovních stáží v Německu, Jižní Koreji a USA. Během těchto stáží i ve své práci v Ústavu analytické chemie AV ČR se věnoval hlavně fyzikálně chemickému využití a modelování chromatografických retenčních veličin, tedy oblasti na pomezí analytické chemie, fyzikální chemie a chemického inženýrství. Je autorem nebo spoluautorem 90 publikací v časopisech, 3 knižních kapitol a 90 konferenčních příspěvků s celkovým počtem zhruba 1000 citací. Později k jeho výzkumným zájmům přibyla superkritická fluidní chromatografie a další analytické využití stlačených tekutin a iontových kapalin.



KONTAKTY:
Ústav analytické chemie
AV ČR, v. v. i.
Oddělení separací
v tekutých fázích

**Veveří 97
602 00 Brno**

**tel.: +420 532 290 171
E-mail: roth@iach.cz**

BIOANALYTICKÁ
INSTRUMENTACE

Po úspěšném ukončení projektu sekvenování lidského genomu se rozvinula řada navazujících nových výzkumných směrů které spojuje společná koncovka -omics. Kromě genomiky (genomics), která zahrnuje analýzu a interpretaci DNA sekvencí, je to například proteomika (proteomics), zaměřená na analýzu a interakce proteinů, glykomika (glycomics), zaměřená na analýzu glykanů, nebo metabolomika (metabolomics), zaměřená na analýzu metabolitů. Vzhledem ke komplexnosti vzorků (množství složek, koncentrační rozsah), se kterými je třeba pracovat, je stále zřetelnější potřeba vývoje nových postupů a instrumentace pro jejich analýzu. Bioanalýza se stává jednou z klíčových složek pro poznání v biologii a medicíně a bez nadsázky lze říci, že pokroky bioanalytické instrumentace pokračují rychlostí srovnatelnou s nejrýchleji se rozvíjejícími vědeckými směry.

SOUČASNÉ SMĚRY
VÝZKUMU

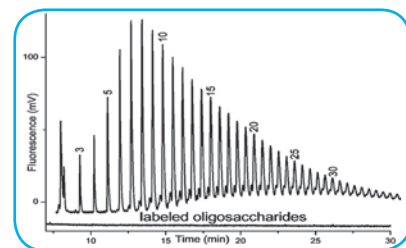
Oddělení bioanalytické instrumentace (OBI) se zaměřuje na výzkum nových metod a instrumentace pro využití v moderní bioanalýze. v oblasti kapilární separací, spojení s hmotnostní spektrometrií, miniaturizace a nanotechnologií pro analýzu omezených množství vzorků až na úrovni jednotlivých buněk. Výzkum zahrnuje jak počítačové modelování zvolených procesů, tak i konstrukci funkčních jednotek a praktické ověření funkcí. Práce probíhá v týmu složeném z velké části ze studentů a doktorandů vysokých škol pod vedením zkušených pracovníků oddělení. Samozřejmostí je široká mezinárodní spolupráce s častou účastí na vědeckých konferencích i vlastní pořádání vědeckých konferencí.



DETEKCE PRO MIKROSEPARACE

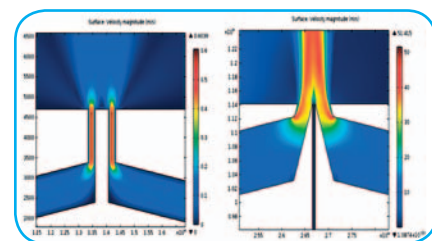
Biologické vzorky obsahují velké množství složek, které, zatím, nelze analyzovat současně. Proto se v prvním kroku analýzy snažíme jednotlivé složky navzájem separovat na základě jejich fyzikálně-chemických rozdílů. Jde například o rozdíly v interakci s povrchem vybraného sorbentu (chromatografie), nebo rychlosti pohybu v elektrickém poli (elektroforéza). Důležitým prvkem bioanalytické instrumentace je detektor, který umožňuje zaznamenat přítomnost a koncentraci složek vzorku na základě měření některé z charakteristických fyzikálně-chemických vlastností. Lze například monitorovat změnu vodivosti (konduktometrická detekce), změnu absorpce světla (UV-VIS absorpční detekce), nebo změnu indexu lomu (refraktometrická detekce). Pro nejcitlivější měření se často používá luminiscenční detekce, kdy je monitorována emise záření vybra-

Fluorescenční detektor vytištěný na 3D tiskárně - vlevo. V popředí separační kapilára o průměru 50 mikrometrů. Excitační záření je přiváděno/odváděno pomocí optických vláken. Vpravo detekční signál elektroforetické separace. Čísla nad jednotlivými píky označují počet cukerných jednotek v detekovaném oligosacharidu.



SPOJENÍ S HMOTNOSTNÍ SPEKTROMETRIÍ

Na rozdíl od výše uvedených detekčních principů, s minimální možností identifikace separovaných molekul, hmotnostní spektrometrie umožňuje změřit hmotnost a často i strukturu analyzovaných látek. Pro spojení se separačními technikami je potřeba použít vhodné rozhraní, které vzorek převede z kapalné do plynné fáze a ionizuje analyzované molekuly. Pro spojení se separací se nejčastěji používá elektrospřej, kdy je kapalná vzorek při toku z kapiláry rozprašován a ionizován pod vlivem velmi vysokého elektrického pole. Vývoj vhodných rozhraní probíhá na řadě světových pracovištích. Práce na OBI využívá jak počítačových simulací, tak experimentálních zařízení, o které projevují zájem i světoví výrobci analytické instrumentace.



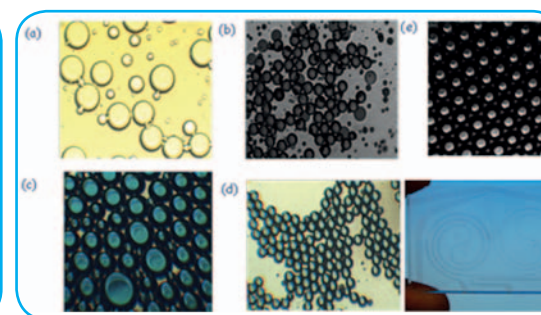
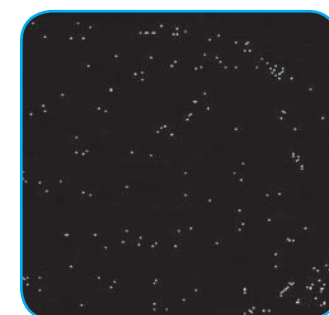
Elektrospřejové rozhraní pro kapilární separace. Nahoře počítačová simulace proudu iontů z kanálků různých geometrií. Dole laserem ozářený obláček elektrospřejem ionizovaného vzorku.

ných složek vzorku po energetické excitaci. Sem patří například chemiluminiscenční detekce, kdy je detekované záření generováno chemickou reakcí, nebo nejčastěji používaná fluorescenční detekce, kdy jsou detekované molekuly nejprve excitovány silným zdrojem záření a měří se intenzita záření, které následně excitované molekuly vyzařují. Nejčastěji se excitace provádí pomocí laserů – laserem indukovaná fluorescence (LIF). Nejcitlivější LIF může detekovat i jednotlivé molekuly. Vzhledem k tomu, že na OBI nejčastěji používáme separace v kapilárách o průměru 10-100 mikrometrů, jsou tomu přizpůsobené i detektory, které vyvíjíme. Na obrázku 1 je vlevo příklad detektoru, jehož hlavní části byly vytištěny na 3D tiskárně. V pravé části je pak záznam změn fluorescence během elektroforetické separace fluorescenčně značených oligosacharidů.

MIKROFLUIDIKA

Při konstrukci analytické instrumentace je třeba spojovat řadu bloků s různou funkcí, jako je dávkovací zařízení, separační kolona, přírady elektrolytů, elektrody, detekční cely, atd. Pro každý spoj se obvykle používá šroubení, v principu podobné tomu, které se používá např. ve vodovodních instalacích. Vzhledem k velmi malým objemům, které zpracovávají moderní bio-

analýzátory (nanolitry) se ukazuje, že podstatnou část zařízení lze vytvořit ve formě integrovaného mikrofluidického zařízení, podobně jako v mikroelektronických čipech. Výzkum na OBI využívá moderní fofolitografické vybavení pro vývoj mikrofluidických zařízení vhodných pro detekci, separaci, nebo enkapsulaci biologických vzorků.



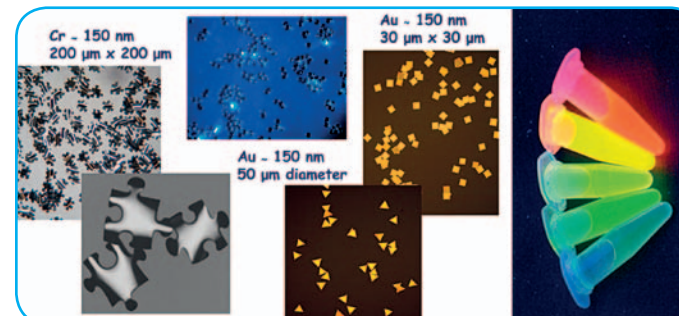
Mikrofluidický „čip“ pro selektivní detekci látek s volnou -SH skupinou - vlevo. Vpravo - mikrokapky (20-50 mikrometrů) vzorku emulgovaném v (a) minerálním oleji; (b) silikonovém oleji; (c) dekanu; (d) dodekanu; (e) dekalinu. V pravém dolním rohu je příklad mikrofluidického „čipu“ se separačními kanálky.

NANOTECHNOLOGIE

Nanotechnologie využívají objekty s rozměry menšími než 1 mikrometr, často menšími než 100 nm. Při těchto rozměrech se začínají uplatňovat jevy, které jsou v makrosvětě nepostřehnutelné (např. interakce s proteiny), nebo jsou přímo závislé na velikosti (například emise viditelného světla u kvantových teček. K praktickému využití těchto jevů již dochází v elektronice – zobrazovací panely, fotovoltaika. Studována jsou však i potenciální

zdravotní rizika nanočástic vznikajících v přírodě nebo jako složka průmyslového znečištění. Očekává se, že některé typy nanomateriálů najdou významné uplatnění i v bioanalýze. Na OBI jsou připravovány zejména nanomateriály ve formě strukturovaných tenkých vrstev, nebo ve formě polovodičových nanokrystalů (kvantových teček). V obou případech je studováno potenciální využití pro analýzy jednotlivých buněk.

Ukázky nanomateriálů připravovaných na OBI. Vlevo - tenkovrstvé strukturované částice. Vpravo - rozpustné polovodičové nanokrystaly - kvantové tečky teluridu kadmia s rozměry 2-6 nm emitují při excitaci ultrafialovým zářením ve viditelné oblasti s vlnovou délkou závislou na jejich velikosti.



Ing. František Foret, CSc., vystudoval ChTF SVŠT v Bratislavě obor anorganická a fyzikální chemie. Po obhajobě CSc. v roce 1991 odjel na postdoktorandský pobyt na Northeastern University v Bostonu, kde pak v letech 1992-2001 pracoval, jako vedoucí výzkumné skupiny na Barnett Institute. Po návratu v roce 2001 založil oddělení bioanalytické instrumentace na Ústavu analytické chemie, které vede dosud. Od roku 2011 je také vedoucím skupiny v centru CEITEC MU. Je autorem a spoluautorem více než 150 publikací, monografie o kapilární elektroforéze, 12 knižních kapitol, a 15 patentů. Kromě členství v edičních radách mezinárodních časopisů (Electrophoresis, J. Sep. Sci., Current Anal. Chem.) pracuje také jako přidružený ředitel CASSS, USA, a je členem Učené společnosti České republiky. Hlavní výzkumné zájmy zahrnují kapilární separace, mikrofluidiku a spojení s hmotnostní spektrometrií pro bioanalýzu. Pro studenty škol, kteří zvažují svoji budoucí kariéru, má vzkaz: „Studujte, co vás baví - jeďte do zahraničí - vraťte se zkušenější“.



KONTAKTY:

Ústav analytické chemie
AV ČR, v. v. i.
Oddělení bioanalytické
instrumentace

Veverí 97
602 00 Brno

tel.: + 420 532 290 242
E-mail: foret@iach.cz

KDO JSME
A CO JE NAŠÍM POSLÁNÍM?

Oddělení vzniklo z pracovníků zaměřených na vývoj atomové absorpční spektrometrie (AAS) a nukleárních i radiometrických metod pro stopovou prvkovou analýzu působících v Praze. Od roku 1993 je detašovaným pracovištěm Ústavu a sídlí v areálu biologických a lékařských pracovišť AV ČR v Praze-Krči. K nejvýznamnějším výsledkům patří nyní již obecně přijímaná radikálová teorie atomizace hydridů a rozvoj metodologie neutronové aktivační analýzy, který vedl i k analýze měsíčních hornin získaných misemí Apollo.

Současná doba klade na analytickou chemii vysoké nároky, stopovou prvkovou analýzu nevyjímá. Jsou vyžadovány informace o složení vzorku na stále nižších koncentračních úrovních. Avšak jednotlivé formy (specie) stanoveného prvku se často diametrálně liší v toxicitě, mobilitě apod. Proto je vedle stanovení celkové koncentrace daného prvku kladen důraz i na stanovení jeho jednotlivých specií – speciální analýzy.



Areál biologických a lékařských pracovišť AV ČR v Praze-Krči.

SOUČASNÉ SMĚRY
VÝZKUMU

Našimi obecnými cíli jsou: (1) vývoj slibných aspektů generování, prekoncentrace a atomizace těkavých sloučenin pro stopovou prvkovou a speciální analýzu pomocí AAS, atomové fluorescenční spektrometrie (AFS) a hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS) a (2) využití metod stopové prvkové a speciální analýzy založených na AAS, AFS a ICP-MS pro aplikace především v oblastech biomedicíny a životního prostředí.

V poslední době se především zabýváme:

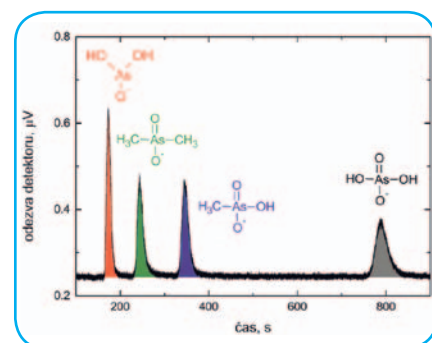
- (i) speciální analýzou toxikologicky důležitých metabolitů arsenu;
- (ii) jinými aplikacemi stopové prvkové a speciální analýzy pro biomedicínu a životní prostředí;
- (iii) vývojem nových atomizátorů těkavých sloučenin pro AAS a AFS;
- (iv) hledáním nových přístupů k prekoncentraci těkavých sloučenin;
- (v) generováním analyticky užitečných těkavých sloučenin přechodných prvků;
- (vi) přípravou radioindikátorů pro jejich využití ve vývoji nových analytických metod.

PO STOPÁCH ARSENU

I když si arsen v průběhu času vysloužil špatnou reputaci jako nástroj travičů, lze jej a jeho sloučeniny využívat i v náš prospěch. Dnes nám arsen slouží jako léčivo proti některým druhům leukémie a pomáhá šetřit energii v LED lampách. V životním prostředí se vyskytuje jak přirozeně, uvolněný z hornin, tak jako důsledek lidské činnosti při zpracování rud nebo z používání herbicidů. V jihovýchodní Asii, Mexiku, severní Číně i jinde žijí miliony lidí bez možnosti přístupu k vodě s nízkým obsahem arsenu. Výskyt arsenu ve vodě bývá řazen mezi deset největších světových environmentálních problémů.

Ne všechny sloučeniny arsenu jsou jedovaté. U environmentálních vzorků je většinou třeba určit poměr anorganických solí arseničnanu a arsenitanu, které se liší svou mobilitou. U potravin je důležité vědět, jaká část je přítomna jako toxické arseničnany a arsenitany, jaká jako jejich už méně toxické methylsubstituované deriváty a jaká část arsenu je vázána ve stabilních netoxických chemických formách, neboli speciích, jako jsou arsenocukry či arsenobetain. Například mořské produkty sice obsahují vysoké koncentrace arsenu, ale přes 90 procent je přítomno v neškodné formě, která není v těle metabolizována a je bez jakýchkoli škodlivých účinků tělem vyloučena. U biologických či klinických vzorků se stanovují všechny metabolity, které vznikají v organismu postupným přidáváním methylových skupin k původnímu arseničnanu, komplexy arsenu vázané na proteiny nebo exotičtější specie jako arsenocukry či arsenolipidy.

Dlouhodobě spolupracujeme s Gillings School of Medicine, University of North



Specie arsenu na chromatogramu.



Arsen jako minerál.

Carolina at Chapel Hill, kde se zabývají účinky a mechanismy působení chronických dávek arsenu na lidský organismus i vznikem arsenem indukovaného diabetu. Vyvinuli jsme pro ně ultracitlivou metodu stanovení všech toxikologicky významných specií arsenu založenou na selektivním generování methylsubstituovaných arsanů, jejich prekoncentraci pod kapalným dusíkem a separaci při postupném ohřevu s detekcí hmotnostní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS). Zároveň se snažíme ověřovat výsledky pomocí metod založených na jiném principu, například vysokou účinnou kapalinovou chromatografií (HPLC) spojenou s ICP-MS.

Ve spolupráci s National Research Council Canada v Ottawě, Kanada, významným světovým producentem certifikovaných referenčních materiálů, provádíme speciální analýzy arsenu v referenčních materiálech říční i mořské vody a v materiálech z mořských živočichů. Certifikované referenční materiály slouží všem analytickým laboratorům ke kontrole a zajištění kvality jejich výsledků.

Podíleli jsme se i na vývoji rychlé a jednoduché metody pro screening obsahu arseničnanů a arsenitanů v rýži, další potraviny s významným výskytem arsenu, ve spolupráci s laboratoří TESLA – Trace Element Speciation Laboratory, Department of Chemistry, University of Aberdeen, Skotsko. Pro geochemické studie uvolňování arsenu do životního prostředí také stanovujeme specie arsenu ve vzorcích vod ve spolupráci s Přírodovědeckou fakultou Univerzity Karlovy v Praze.

S KÝM SPOLUPRACUJEME?

Mezi nejvýznamnější a nejzajímavější příklady spolupráce v uplynulých letech patří:

- Studium mechanismu atomizace analyticky významných těkavých sloučenin ve vyhřívaných křemenných atomizátorech a plazmových atomizátorech. Spolupracujícími pracovišti jsou National Research Council Canada, Ottawa, Institute of Analytical Sciences, Dortmund, a Ústav fyzikální elektroniky Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity v Brně.
- Vývoj optické trasy atomového fluorescenčního spektrometru a pokročilých plamenových atomizátorů těkavých sloučenin. Spolupracujícím pracovištěm je Italian Natio-



Analýzy biologických a environmentálních vzorků.

PEDAGOGICKÁ A POPULARIZAČNÍ ČINNOST

Pro pregraduální i postgraduální studenty katedry analytické chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze zajišťujeme výuku pěti předmětů včetně výběrového cvičení z moderních metod instrumentální analýzy, které je realizováno částečně v našich laboratořích. Školíme studenty bakalářských, magisterských a doktorských studijních programů.

V rámci projektu „Otevřená věda“ se za posledních 5 let v naší laboratoři vystřídal pět studentů středních škol z celé ČR. Po dobu 8 až 16 měsíců u nás pracovali na projektu dle vlastního výběru. Nabyté zkušenosti a dosažené výsledky dokázali velmi dobře zúročit. Dva mladí stážisté jsou spoluautory dvou článků publikovaných v prestižních mezinárodních zahraničních časopisech. Jedna stážistka získala se svým projektem bronzovou medaili na mezinárodní soutěži vědeckých prací I-SWEEP

nal Research Council, Institute of Chemistry of Organometallic Compounds, Pisa.

- Stanovení vybraných kovových polutantů (Hg, Cd, Pb, Ni, Cu, Cr a As) v místě staré ekologické zátěže. Cílem spolupráce je zhodnocení úrovně kontaminace říčního ekosystému části toku Tiché Orlice a lokality staré skládky odpadů z průmyslových výrob v regionu Králicko v Pardubickém kraji. Projekt regionální spolupráce mezi AV ČR a Sdružením obcí Orlicko. Dalším spolupracujícím pracovištěm je Ústav biologie obratlovců AV ČR, v. v. i.
- Stanovení změn koncentrací draslíku a rubidia v buňkách. Spolupracujícími pracovišti jsou Mikrobiologický a Fyziologický ústav AV ČR, v. v. i.
- Stanovení gadolinia uvolňovaného z kontrastních látek pro magnetickou rezonanci. Spolupracujícím pracovištěm je Ústav organické chemie a biochemie AV ČR, v. v. i.
- Stanovení příměsí v čistých chemikáliích pro firmu Puralab, s.r.o.



Prof. RNDr. Jiří Dědina, CSc., DSc., je světově uznávaným odborníkem na poli generování, prekoncentrace i atomizace analyticky užitečných těkavých sloučenin. Je autorem všeobecně akceptované teorie radikálového mechanismu atomizace i doposud jediné monografie v oboru.



INSTRUMENTACE

- hmotnostní spektrometr s indukčně vázaným plazmatem
- atomové absorpční spektrometry (AAS)
- AAS s kontinuálním zdrojem záření a vysokým rozlišením (HR-CS AAS)
- jednoúčelový spektrometr pro stanovení Hg
- atomový fluorescenční spektrometr
- gama spektrometr
- vysokoučinná kapalinová chromatografie
- plynová chromatografie
- kryogenní separace těkavých specií
- vysokotlaký mikrovlnný mineralizátor
- zařízení pro lyofilizaci vzorků

KONTAKTY:

Ústav analytické chemie
AV ČR, v. v. i.

Oddělení stopové
prvkové analýzy

Detašované pracoviště
Vidaňská 1083, 142 20 Praha 4

tel.: + 420 296 442 490

E-mail: dedina@biomed.cas.cz



Studenti na soutěžích.