

LABORATORNÍ PŘÍSTROJE A POSTUPY

NÁSTROJE PRO DIAGNOSTIKU SPEKTROMETRU S INDUKČNĚ VÁZANÝM PLAZMATEM

DANIELA ŠVEJCAROVÁ^a
a MIROSLAV FIŠERA^b

^a Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí, Fakulta chemická, Vysoké učení technické v Brně, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, ^b Ústav biochemie a analýzy potravin, Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, nám. T. G. Masaryka 275, 762 72 Zlín
daniela.svejcarova@email.cz, fisera@ft.utb.cz

Došlo 12.6.07, přepracováno 6.8.08, přijato 25.8.08.

Klíčová slova: diagnostika spektrometru, ICP-OES, axiální plazma

Úvod

Hlavními součástmi emisního spektrometru s indukčně vázaným plazmatem jsou generátor, plazmová hlavička, dávkovací zařízení, optický systém a detektor. Každá z těchto součástí přístroje ovlivňuje analytické výsledky. Například nestabilita generátoru zhoršuje přesnost, změny podmínek ve zmlžovači ovlivňují správnost (způsobují systematickou chybu), selektivita se může postupně zhoršovat změnami v optice, např. vlivem vibrací atd. Všechny tyto procesy mohou být příčinou zhoršování dlouhodobé opakovatelnosti. Odpovídajících mezí detekce lze dosáhnout jedině tehdy, jestliže všechny části ICP systému pracují optimálně. Před vlastním měřením by měla proběhnout krátká diagnostika systému, aby bylo možné včas odhalit chybu a zabránit tak znehodnocení výsledků práce. Poussel¹ a Mermet² uvádějí několik jednoduchých měření, kterými lze otestovat jednotlivé součásti systému a odhalit možnou příčinu zhoršování výsledků. K diagnostice jsou potřeba standardní roztoky pouze tří prvků: Ba, Mg a Zn. Pro měření se využívají čáry Ba II 233 nm, Ba II 455 nm, Mg I 285 nm, Mg II 280 nm a Zn II 206 nm. Kromě nich se ještě využívá čára Ar I 404 nm a Ar kontinua. I z takto relativně malého množství měřených čar prvků lze zjistit poměrně velké množství informací.

K měření praktického rozlišení v UV oblasti se používá čára Ba II 233 nm, jejíž fyzikální šířka je přibližně 1,5 pm, pro rozlišení ve viditelné oblasti je to čára

Ba II 455 nm (3,6 pm). Účinnost atomizace a ionizace v plazmatu se testuje poměrem intenzit čar Mg II 280 nm a Mg I 285 nm, podobně změny v excitaci se sledují poměrem intenzit čar Zn II 206 nm a Ba II 455 nm. Pokud se vzhledem k danému poměru Mg II/Mg I mění hodnota intenzity čáry Ar I 404 nm, hodnota poměru Zn II/Ba II a poměr pozadí při 400 nm a při 200 nm, tak nastávají v systému změny, které nesouvisí s přenosem energie, ale které mají příčinu v degradaci kolimačního systému. Změny v účinnosti zmlžovače lze sledovat jednoduše na změnách v intenzitě měřených čar. Pokud se nemění podmínky v plazmatu, poměr intenzity čáry Mg I 285 nm k pozadí je rovněž úměrný účinnosti zmlžovače. Stabilita a přesnost zmlžovače je testována měřením relativní směrodatné odchylky čáry Mg I 285 nm. Sledováním směrodatné odchylky signálu pozadí při 190 nm a signálu při vypnutém plazmatu se testuje úroveň šumu na detektoru. Iontové čáry Ba II 233 nm a Zn II 206 nm slouží k porovnávání detekčních limitů různých ICP systémů. Dlouhodobá stabilita systému (vyhodnocovaná na základě driftu, tj. pomalé časové změny signálu) se sleduje pomocí čar Ar I 404 nm (změny v intenzitě), Zn II 206 nm (přenos energie na vzorek) a Ba II 455 nm (drift zmlžovacího systému). Přehled všech testovaných parametrů je uveden v tab. I.

Výběr výše uvedených prvků a čar pro diagnostiku vyplývá především z hodnot excitační a ionizační energie (a jejich součtu) u těchto atomových a iontových čar (tab. II). Například je využito velkého rozdílu mezi ionizačními energiemi čar Zn II 206 nm (9,39 eV) a Ba II 455 nm (5,21 eV) při diagnostice účinnosti přenosu energie z plazmatu na vzorek.

Experimentální část

Instrumentace

Měření probíhalo na optickém emisním spektrometru s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES) firmy Thermo Jarrell Ash, model IRIS/AP (s axiálním pozorováním plazmatu), vybaveném detektorem na principu přenosu náboje – charge injection device (CID). Parametry přístroje jsou uvedeny v tabulce III.

Výběr prvků, čar a řádu spektra

Testovací prvky i vlnové délky byly dány výše uvedenou metodikou (tab. III), ale protože byl ICP systém vybaven plošným CID detektorem, bylo nejprve nutné u jednotlivých čar prvků vybrat vhodný řád spektra a také zvolit vhodnou koncentraci jednotlivých prvků pro další testování. Proto bylo potřeba nejprve nasnímat celé spektrum

Tabulka I
Testovací ukazatele pro diagnostiku ICP spektrometru

Testovací ukazatel ^{a, b, c, d}	Sledovaná vlastnost	Testovaná část systému
Ba II 233 nm – profil čáry	rozlišení v UV oblasti	disperzní systém
Ba II 455 nm – profil čáry	rozlišení ve VIS oblasti	disperzní systém
poměr Mg II 280/Mg I 285	atomizace a ionizace	generátor
poměr Zn II 206/Ba II 233	excitace	generátor
Ar I 404 nm	ztráty absorpce	kolimátor
BKGD 400 nm/200 nm	degradace čoček a zrcadel	kolimátor
BKGD 235 nm/236 nm	degradace optických vláken	kolimátor
SBR Mg I 285 nm	účinnost zmlžovače	zmlž. a transportní systém
Intenzita všech čar	účinnost zmlžovače	zmlž. a transportní systém
RSD Mg I 285 nm	přesnost zmlžovače	zmlž. a transportní systém
SD BKGD 190 nm	šum pozadí	detekční systém
SD signálu (vypnuté plazma)	šum detektoru	detekční systém
Ba II 233 nm	mez detekce	ICP systém jako celek
Zn II 206 nm	mez detekce	ICP systém jako celek
RSD Ar I 404 nm	drift	stabilita systému
RSD Zn II 206 nm	drift	stabilita systému
RSD Ba II 455 nm	drift	stabilita systému

^a BKGD – pozadí, ^b SBR – poměr intenzit signál/pozadí, ^c RSD – relativní směrodatná odchylka, ^d SD – směrodatná odchylka

Tabulka II
Excitační (E_{exc}), ionizační (E_{ion}) a celkové (E_{sum}) energie pro čáry použité v diagnostice plazmatu

Čára ve spektru	E_{exc} [eV]	E_{ion} [eV]	E_{sum} [eV]
Ar I 404 nm	14,69	–	–
Ba II 455 nm	2,72	5,21	7,93
Ba II 233 nm	6,01	5,21	11,22
Mg I 285 nm	4,35	–	–
Mg II 280 nm	4,42	7,65	12,07
Zn II 206 nm	6,01	9,39	15,40

a lokalizovat příslušné čáry. Pro lokalizaci čar byl připraven roztok Ba, Mg a Zn o koncentraci 1 ppm každého prvku, spektrum bylo snímáno po dobu 10 s. Podle intenzit byly ze spektra vybrány vhodné řády čar (tab. IV).

Ukázalo se ale, že zvolené čáry jsou velice intenzivní (zvláště čára Mg II 280), a tak bylo nutné pro další experimenty upravit koncentraci testovacího roztoku. Koncentrace byla z původní hodnoty 1 ppm snížena až na 0,1 ppm každého prvku, čas načítání signálu byl snížen na 1 s.

Časové rozvržení experimentů

Záměrem bylo sledovat změny v charakteristikách jednotlivých částí ICP spektrometru během delší doby

a bylo proto zvoleno časové rozmezí jednoho měsíce. Po skončení experimentu (stanoviště I) bylo o několik měsíců později provedeno ještě opakované měření stejných parametrů po zprovoznění přístroje v nové laboratoři (stanoviště II). Cílem bylo zjistit, jak stěhování ovlivní přesnost, opakovatelnost a dlouhodobou stabilitu přístroje.

Experimenty měly následující časové rozvržení: 4× týdně měření profilů čar Ba II 233 a Ba II 455, poměrů intenzit čar Mg II/Mg I a Zn II/Ba II, SBR Mg I a RSD Mg I, 2× týdně měření intenzity Ar I 404, poměru BKGD 400/BKGD 200, směrodatné odchylky pozadí při 190 nm a směrodatné odchylky signálu při vypnutém plazmatu a 1× za celé období měření mezi detekce (Ba II 233 a Zn II 206) a měření dlouhodobého driftu.

Výsledky a diskuse

Disperzní systém

Výsledky měření profilů čar v UV a viditelné oblasti jsou znázorněny na obr. 1 a obr. 2. Zajímavé je, že hodnoty profilů čáry Ba II 455 (tedy ukazatel pro viditelnou oblast) se po přestěhování na stanoviště II výrazně stabilizovaly.

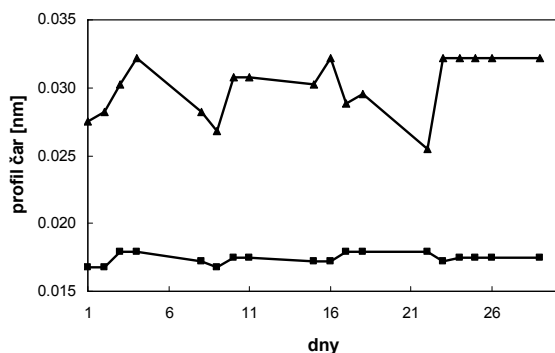
V tab. V jsou shrnuty výsledky z obou předcházejících grafů: z naměřených dat byl vypočten aritmetický průměr (celkem 18 měření v obou případech) a stanovena

Tabulka III

Parametry přístroje IRIS/AP (Thermo Jarrel Ash) použitého pro diagnostické testy

Parametr	Hodnota
Transport vzorku do zmlžovače	peristaltické čerpadlo, průtok 1,8–2,4 ml min ⁻¹
Zmlžovač	stopový Burgnerův zmlžovač podle Babingtona
Tlak ve zmlžovači	2·10 ⁵ Pa
Mlžná komora	cyklónová
Plazmová hlavice	uspořádání TraceTech Axial Plasma (argonové indukčně vázané plazma v axiálním provedení)
Příkon do plazmatu	550–1 350 W
Frekvence generátoru	27,12 MHz
Spotřeba argonu	16–18 ml min ⁻¹
Typ optiky	echelle polychromátor prostor optiky temperován na 37 °C a vyplněn argonem
Difrakční prvek	mřížka echelle (54,5 vrypů/mm)
Ohnisková vzdálenost	0,381 m
Vstupní štěrbina	50 μm
Rozlišení	< 10 pm při 200 nm < 20 pm při 400 nm < 40 pm při 600 nm
Detektor	dvourozměrný polovodičový detektor typu CID, rozměr aktivní plochy čipu 14 × 14 mm, 512 × 512 (tj. 262 144) fotocitlivých míst (každé o rozměru 25 × 25 μm, pracovní teplota –80 °C)
Rozsah vlnových délek	simultánní registrace celého spektra v rozsahu 170–900 nm, simultánní měření pozadí, kompenzace matrice
Kalibrace vlnové délky	rtuťová výbojka
Program pro měření a zpracování dat	ThermoSPEC/CID

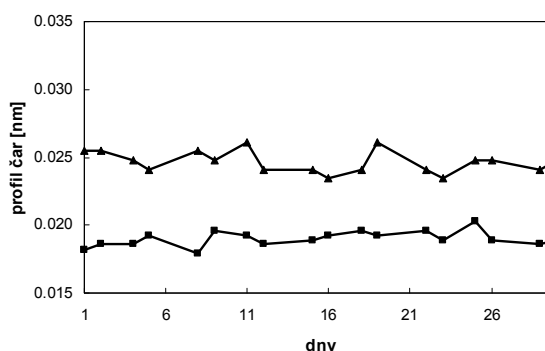
směrodatná odchylka. Zatímco v případě čáry Ba II 233 nedošlo k žádné výrazné změně (rozdíl v profilu čáry 0,0016 nm, rozdíl ve směrodatné odchylce 0,0002 nm), tak u čáry Ba II 455 došlo k mírnému zúžení čáry (o 0,0054 nm) a také ke zlepšení směrodatné odchylky (o 0,0014 nm).



Obr. 1. Disperzní systém (rozlišení v UV a VIS oblasti – stanoviště I); profily čar Ba II 233 ■ a Ba II 455 ▲

Generátor

Zatímco z výsledků předchozí části experimentu vyplývá, že stěhování přístroje nemělo žádný negativní vliv na disperzní systém, u generátoru došlo ke zcela výraznému zhoršení. Zahájení experimentů v nové laboratoři mu-



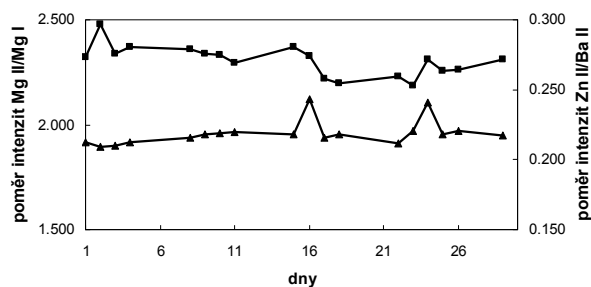
Obr. 2. Disperzní systém (rozlišení v UV a VIS oblasti – stanoviště II); profily čar Ba II 233 ■ a Ba II 455 ▲

Tabulka IV
Vybrané řady spektra prvků Ba, Mg a Zn pro diagnostiku ICP

Diagnostická čára	Vlnová délka {řád spektra}
Ba II 233	233,527 {111}
Ba II 455	455,403 {57}
Mg II 280	280,270 {93}
Mg I 285	285,213 {91}
Zn II 206	206,200 {126}

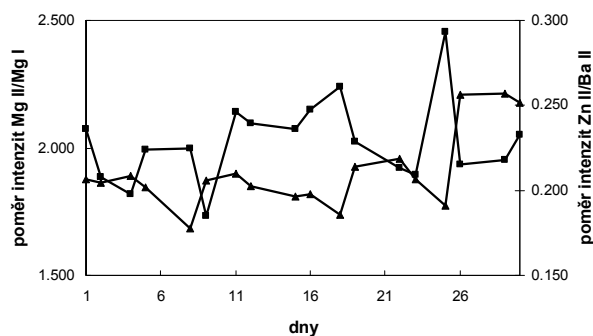
Tabulka V
Profily čar v UV a VIS oblasti – aritmetický průměr a směrodatná odchylka všech měření ($n = 18$)

Čára / Oblast	Profil čáry stanoviště I [nm]	Profil čáry stanoviště II [nm]
Ba II 233 / UV oblast	$0,0174 \pm 0,0004$	$0,0190 \pm 0,0006$
Ba II 455 / VIS oblast	$0,0301 \pm 0,0022$	$0,0247 \pm 0,0008$



Obr. 3. **Generátor** (atomizace/ionizace a excitace v plazmatu) **stanoviště I - stabilita výkonu generátoru**; na hlavní ose y je poměr intenzit Mg II/Mg I ■, na vedlejší ose y poměr intenzit Zn II/Ba II ▲

selo být delší čas odkládáno, protože se vyskytly problémy se stabilitou plazmatu (plazma nešlo zažehnout a často zhasínalo). Problémy s nestabilitou generátoru dokumentují i následující obrázky – poměry čar Mg II/Mg I i Zn II/Ba II byly na stanovišti I (obr. 3) poměrně stabilní, zatímco při experimentech na stanovišti II byly odchylky velké (obr. 4). Například 25. den vidíme na grafu prudké zvýšení poměru intenzit Mg II/Mg I. Týž den nastaly problémy s generátorem: plazma nejprve dlouho nešlo zažehnout, pak po zážehu zhaslo a po opětovném nastartování bylo i nadále nestabilní. Čáry prvků byly posunuté a musely být znovu lokalizovány. Problém se zhášením plazmatu nastal i 29. den měření, ale po opětovném nastartování bylo plazma již stabilní (naměřené hodnoty z toho dne potvrzují stabilitu generátoru).

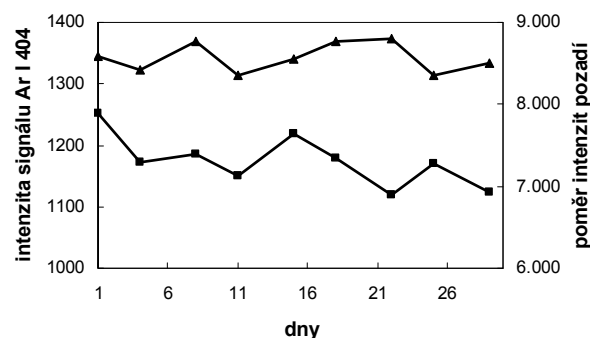


Obr. 4. **Generátor** (atomizace/ionizace a excitace v plazmatu) **stanoviště II - stabilita výkonu generátoru**; na hlavní ose y je poměr intenzit Mg II/Mg I ■, na vedlejší ose y poměr intenzit Zn II/Ba II ▲

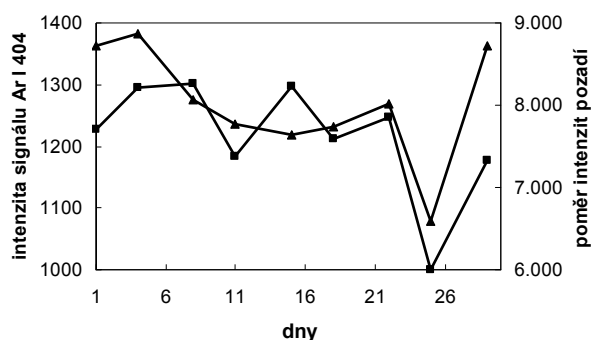
Pro diagnostiku generátoru ICP systému lze používat poměr čar Mg II/Mg I jen u konkrétního uspořádání detektoru (fotonásobič nebo polovodičové detektory) a nelze navzájem porovnávat poměry těchto čar pro různé detektory. Souvisí to s úrovní pozadí, která je u fotonásobiče zjišťována z jednoho měřicího prvku, kdežto u polovodičových detektorů založených na přenosu náboje je velké množství (zde celkem 262 144) fotocitlivých míst (tzv. pixelů), které tvoří samostatné obvody s různou hladinou šumu podle spektrální oblasti, ve které se nacházejí.

Kolimační systém

Danému poměru intenzit Mg II/Mg I z předcházejícího měření by měly odpovídat určité intenzity čáry Ar I 404 a poměry intenzit na pozadí ve viditelné a v ultrafialové oblasti. Pokud tedy poměr Mg II/Mg I zůstává přibližně stejný, ale intenzita Ar I 404 výrazně poklesne, jde o vliv absorpce světla na částicích, které



Obr. 5. **Změny na kolimačním systému** (ztráty absorpce, degradace čoček a zrcadel) **stanoviště I**; na hlavní ose y intenzita čáry Ar I 404 ■, na vedlejší ose y poměr pozadí při 400 a při 200 nm ▲



Obr. 6. Změny na kolimačním systému (ztráty absorpcí, degradace čoček a zrcadel) stanoviště II; na hlavní ose y intenzita čáry Ar I 404 ■, na vedlejší ose y poměr pozadí při 400 a při 200 nm ▲

zanášejí kolimátor. Usazování prachu na optických prvcích ovlivňuje více absorpci v UV oblasti, proto byl sledován i poměr intenzity na pozadí při 400 a při 200 nm.

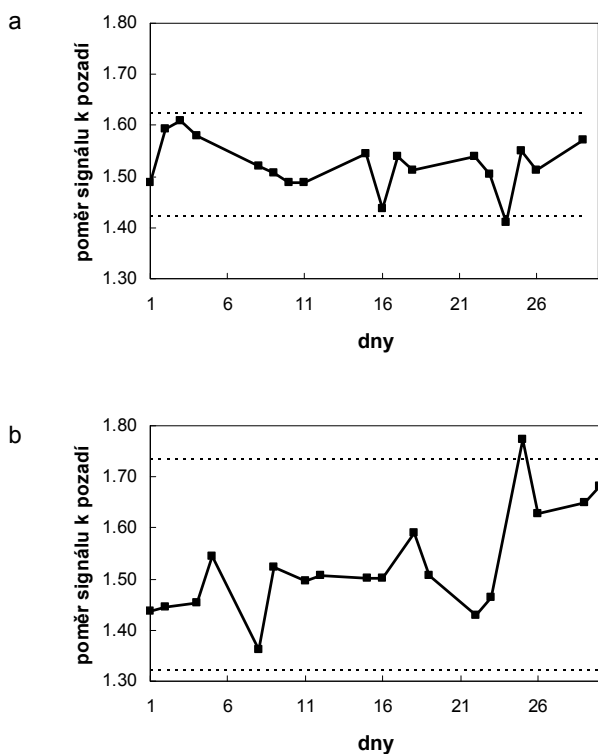
Na stanovišti I se zřejmě neusazoval prach na optickém systému, protože tendence mírného poklesu Ar I 404

odpovídá tendenci poklesu Mg II/Mg I. Na obrázku ze stanoviště II (obr. 6) je vidět prudký pokles v 25. dni měření, ale ten odpovídá poklesu energie generátoru z předchozího experimentu.

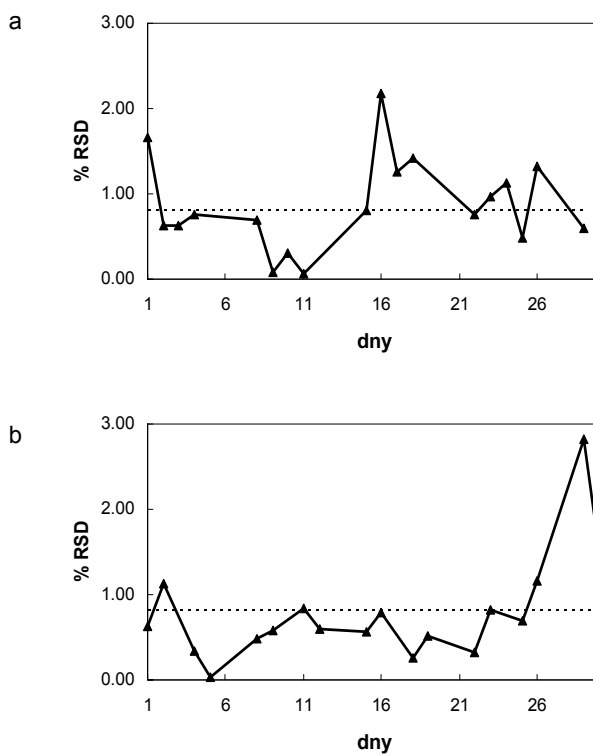
Zmlžovací systém

Účinnost zmlžovače byla sledována ukazatelem SBR (poměru signálu k šumu) u čáry Mg I 285 (obr. 7). Na stanovišti I byl poměr signál/šum poměrně stabilní ($1,52 \pm 0,05$ jednotek), zatímco na stanovišti II mají hodnoty dvakrát větší rozptyl ($1,53 \pm 0,10$ jednotek). Na obrázku jsou vyznačeny čárkovanou čarou meze v hodnotách dvojnásobku směrodatné odchylky. Na zvýšení rozptylu hodnot na stanovišti II má určité podíl nestabilita generátoru. Pokud by se tento test prováděl až po úplné stabilizaci systému, lze předpokládat dosažení lepších výsledků.

Přesnost zmlžovače byla diagnostikována pomocí RSD (relativní směrodatná odchylka v procentech) čáry Mg I 285 (obr. 8). Tady je naopak vidět výrazné zlepšení u série měření ze stanoviště II – téměř všechna stanovení intenzity čáry Mg I 285 mají RSD pod hranici 0,8 %, což lze přičíst generální údržbě přístroje po instalaci v nové laboratoři. Pouze 29. den byla zaznamenána velká odchyl-



Obr. 7. Změny v účinnosti zmlžovače vyjádřené jako časová závislost SBR (signal to background ratio – poměr signálu k pozadí) čáry Mg I 285 (čárkovaně jsou vyznačeny meze $\pm 2\sigma$); a) výsledky ze stanoviště I, b) výsledky ze stanoviště II



Obr. 8. Relativní směrodatná odchylka (% RSD, $n = 3$) intenzity čáry Mg I 285 jako funkce času (čárkovaně vyznačena hranice 0,8 % RSD); a) výsledky ze stanoviště I, b) výsledky ze stanoviště II

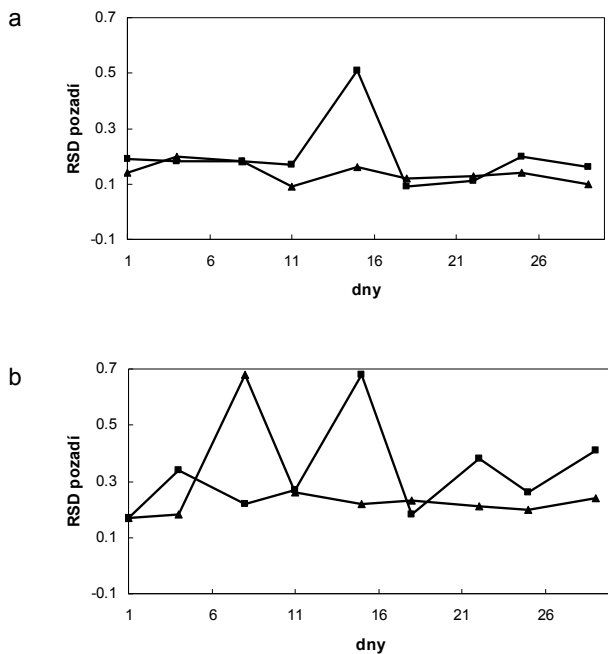
ka. Týž den se před měřením měnila argonová tlaková láhev a nastaly určité problémy s nastavením průtoku argonu. Tlak argonu zřejmě kolísal, plazma též zhasínalo, a to zřejmě ovlivnilo i činnost zmlžovače.

Detektor

Diagnostika detektoru (fluktuační, šum) probíhala měřením směrodatné odchylky (SD) intenzity signálu pozadí v UV oblasti při vlnové délce 190 nm (pro tyto účely byla zvolena čára Sn 189,989 {136}), do plazmatu byl nasáván pouze vzduch. Intenzita byla změřena 10× za sebou nejprve při zapnutém plazmatu (šum pozadí) a pak 10× po zhasnutí plazmatu (šum detektoru). Maximální směrodatná odchylka pozadí u obou měření byla na stanovišti I 0,20 (s výjimkou 15. dne). Na stanovišti II se odchylka výrazně zhoršila (viz obr. 9).

ICP systém jako celek

Tento test spočívá ve sledování detekčních limitů s použitím dvou čar, jejichž vlnová délka je ve stejné oblasti (kolem 230 nm) a které mají rozdílnou sumu ionizační a excitační energie – v tomto případě je to Ba II 233 (11,22 eV) a Zn II 206 (15,40 eV). Protože suma energií je u čáry Zn mnohem větší, jsou změny detekčního limitu mnohem více závislé na změnách podmínek v plazmatu.



Obr. 9. Diagnostika detektoru: závislost směrodatné odchylky pozadí při zapnutém (■) a vypnutém plazmatu (▲); porovnáni výsledků ze stanoviště I a II

Tabulka VI

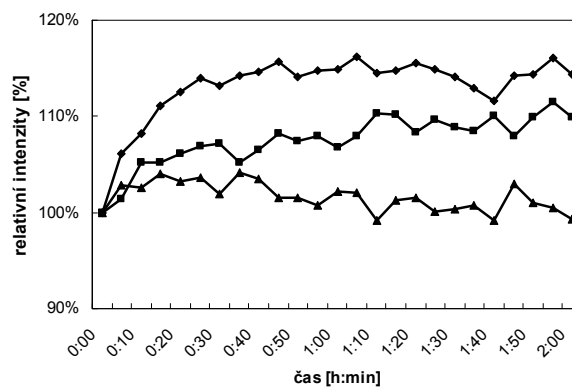
Zhoršení detekčních limitů u ICP spektrometru IRIS/AP po přestěhování

LOD [ppb]	Ba II 233	Zn II 206
Stanoviště I	7,1	9,2
Stanoviště II	12,3	21,4

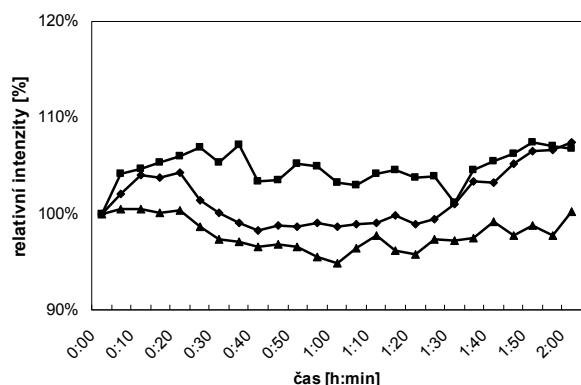
V tab. VI je vidět výsledek takového porovnání u testu provedeného na konci měsíčního testovacího období (před stěhování přístroje) a na začátku druhého období po přestěhování. Detekční limit byl vypočten jako trojnásobek směrodatné odchylky pozadí (nulový kalibrační roztok – blank – deionizovaná voda, 11 měření) lomeno směrnice kalibrační přímky pro danou čáru (dvoubodová kalibrace byla provedena stejným roztokem jako u všech předchozích experimentů s 0,1 ppm každého prvku). Z výsledků je vidět, že detekční limit se dramaticky zhoršil – u čáry Ba se zvýšil téměř dvojnásobně a u čáry Zn více než dvojnásobně.

Stabilita (drift)

Posledním experimentem bylo sledování stability intenzit vybraných čar (Ar I 404, Ba II 455 a Zn II 206) po delší dobu, tj. v rozmezí několika hodin (tzv. drift). Krátkodobá opakovatelnost (RSD) se v předchozích měřeních pohybovala v rozsahu 0,1–0,5 % u čáry Ba II 455 a v rozsahu 1,3–3,7 % u čáry Zn II 206. Úkolem bylo zjistit, jaká je dlouhodobá opakovatelnost. Měření proto probíhalo po dobu 2 h, intenzity čar byly zaznamenávány každých 5 min, čas nula byl 5 min po zážehu plazmatu. Na obr. 10 a obr. 11 jsou časové záznamy intenzit jednotlivých čar a také relativních intenzit (intenzita vztahena k hodnotě v čase nula).



Obr. 10. Drift – časová závislost relativních intenzit vybraných čar (stanoviště I); Ar I 404 (■), Ba II 455 (▲) a Zn II 206 (◆)



Obr. 11. Drift – časová závislost relativních intenzit vybraných čar (stanoviště II); Ar I 404 (■), Ba II 455 (▲) a Zn II 206 (◆)

Z obr. 10 je vidět, že u všech tří čar prudce narůstá v prvních 25–30 min jejich intenzita. V této době se zřejmě stabilizuje plazma – indukční cívka se zahřívá a mění tvar, zvyšuje se přenos energie na vzorek. Po uvedených 30 min se stabilizuje intenzita u Zn, u Ar zůstává mírný nárůst (způsobený zřejmě driftem optiky nebo detekčního systému), naopak u Ba klesá (způsobeno patrně driftem zmlžovacího systému). Pokud intenzity vyneseme do grafu v relativních hodnotách (vztažených na hodnoty v čase nula), všechny body se pohybují v rozmezí 99–116 % původní intenzity.

Test driftu na stanovišti II (obr. 11) vypadá ovšem zcela odlišně: počáteční nárůst intenzity způsobený stabilizací plazmatu trvá kratší dobu, jen asi 15–20 min. Poté intenzita u všech tří prvků výrazně klesá. U Ar a Zn se dokonce na 50 min dočasně stabilizuje, ale pak začínají hodnoty opět narůstat. Zřejmě zde jde o kombinaci více vlivů (kolísání průtoku argonu, drift ve zmlžovači a v optice atd.). Celkově však je rozptyl hodnot nižší, než v prvním testu, u Ar a Zn, kde se RSD mírně zlepšilo (tab. VII). Křivky relativních intenzit jsou oproti prvnímu testu posunuty směrem dolů a pohybují se v rozmezí 95 až 107 % původní intenzity.

Tabulka VII

Dlouhodobá opakovatelnost měření vyjádřená jako relativní směrodatná odchylka v procentech ze všech 25 hodnot naměřených po dobu dvouhodinového testu

RSD [%]	Ar I 404	Ba II 455	Zn II 206
Stanoviště I	2,5	1,5	3,2
Stanoviště II	1,7	1,7	2,9

Z výsledků je tedy zřejmé, že u čáry Ba II 455 je dlouhodobá opakovatelnost přibližně třikrát horší než krátkodobá. Toto zhoršení opakovatelnosti nelze podstatně snížit tím, že se měření zahájí až po stabilizaci plazmatu. Čára Zn II 206 je na změny podmínek v plazmatu mnohem citlivější (jak bylo uvedeno už u testu detekčních limitů), a je tedy pro přesná měření na čarách tohoto typu nutné dodržet určitý časový odstup po zážehu plazmatu.

Závěr

Důležitým aspektem použití každé instrumentální techniky je určení výkonnosti systému. Pravidelným použitím diagnostických nástrojů před vlastním měřením lze ověřit, zda následně získané výsledky budou správné a přesné, nebo i předejít případným vážnějším poruchám přístroje. Oblast výzkumu testovacích a diagnostických nástrojů pro ověření výkonnosti instrumentace je velmi aktuální, snahou výrobců je nyní zavádět tyto nástroje přímo do programového vybavení přístroje a umožnit tak uživateli průběžný přehled o stavu přístroje. Kontrola výkonnosti byla zvláště důležitá právě při stěhování přístroje na nové pracoviště, neboť byl použit přístroj s detekcí CID (první aplikace použita v ČR), přičemž bylo nutné zjistit, jak ovlivní jednotlivé parametry výkonnost přístroje a v jakých mezích se pohybují, při správném fungování přístroje.

LITERATURA

1. Poussel E., Mermet J. M., Samuel O.: *Spectrochim. Acta, Part B* 48, 743 (1993).
2. Mermet J. M.: *Anal. Chim. Acta* 250, 85 (1991).

D. Švejcarová^a and M. Fišera^b (^a*Institute of Chemistry and Technology of Environmental Protection, Faculty of Chemistry, Brno University of Technology,* ^b*Department of Food Biochemistry and Analysis, Faculty of Technology, Tomas Bata University in Zlín, Czech Republic*): **Tools for Diagnostics of Inductively Coupled Plasma Spectrometers**

This review deals with the diagnostics of inductively coupled plasma – optical emission spectrometers (ICP-OES). Based on several simple measurements, the performance, precision and reliability of all parts of the instrument (generator, nebulizer, optical parts, detector) and stability of the whole system were tested. The tests were performed within one month and repeated after some time. The two test series were compared and the influence of instrument handling on the analytical results was discussed.