

## STANOVENIE ARZÉNU V BIOLOGICKOM MATERIÁLI A VO VZORKÁCH ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA TECHNIKAMI ATÓMOVEJ ABSORPČNEJ SPEKTROMETRIE

INGRID HAGAROVÁ a MÁRIA ŽEMBERYOVÁ

*Katedra analytickej chémie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského, Mlynská dolina CH-2, 842 15 Bratislava, Slovenská republika  
hagarova@fns.uniba.sk*

Došlo 8.4.04, prijaté 23.6.04.

**Kľúčové slová:** arzén, technika elektrotermickej atomizácie, technika generovania hydridov, AAS

### Obsah

1. Úvod
2. Stanovenie arzénu technikou elektrotermickej atomizácie (ETAAS)  
2.1. Priama analýza tuhých vzoriek v ETAAS
3. Stanovenie arzénu technikou generovania hydridov (HGAAS)
4. Stanovenie arzénu technikou generovania hydridov s následnou atomizáciou hydridov v elektrotermickom atomizátore (HG-ETAAS)

### 1. Úvod

Arzén je toxický prvok, vyskytujúci sa väčšinou v ložiskách niektorých sulfidov kovov. Jeho koncentrácia v zemskej kôre sa odhaduje v priemere na  $3 \text{ mg kg}^{-1}$  (cit.<sup>1</sup>).

Môže sa vyskytovať vo forme anorganických aj organických zlúčenín. V anorganických zlúčeninách sú prevládajúce oxidačné stupne +III a +V. V organických zlúčeninách ide predovšetkým o metylované formy.

Do životného prostredia sa dostáva jednak z prírodných zdrojov (vulkanická činnosť, zvetrávanie hornín), ale najmä z priemyselných činností (spaľovanie fosílnych palív, ťažba uhlia a nerastných surovín, výroba olova, medi). Koncentrácie arzénu zistené v okolí baní a závodov taviacich olovenú a medenú rudu sú niekoľkonásobne vyššie ako na územiach, kde nedošlo k výraznému zásahu ľudskej činnosti do životného prostredia. Obsah arzénu v prírodných vodách sa pohybuje medzi  $0,15\text{--}0,45 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ , pričom v minerálnych vodách môže byť tento obsah zvýšený až 50násobne a v termálnych vodách až 300násobne. Priemerný obsah arzénu v pôdach sa uvádza okolo  $7 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ . Obsah arzénu v atmosfére závisí od lokality, v ktorej je meraný. V mestách je to okolo  $20 \text{ ng m}^{-3}$  a na vidieku medzi  $1\text{--}10 \text{ ng m}^{-3}$  (cit.<sup>1</sup>). V literatúre možno nájsť tiež priemerný obsah arzénu zis-

tený v ľudských tkanivách a tekutinách, a to v obličkách  $0,01 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ , v pečeni  $0,03 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ , vo vlasoch  $0,1 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ , v mlieku  $0,5 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$  a v krvnom sére  $1 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$  (cit.<sup>2</sup>).

Arzén a jeho zlúčeniny našli značné využitie v mnohých oblastiach priemyslu, v poľnohospodárstve, ale aj v medicíne, či už ľudskej alebo veterinárnej. Treba si však uvedomiť, že aj tieto činnosti sú zdrojom arzénu, ktorý sa dostáva do životného prostredia, a tým aj do potravinového reťazca, čo môže mať v konečnom dôsledku dopad na ľudské zdravie. Toxicita arzénu závisí od chemických foriem a oxidačného stavu, v ktorom sa arzén nachádza. As(III) je toxickjší ako As(V) a metylované formy arzénu sú menej toxické ako anorganické soli<sup>3</sup>. Symptómy, ktoré sa prejavujú pri otrave arzénom možno rozdeliť na počiatočné, ktoré sú: podráždená sliznica, tráviace problémy a črevné poruchy, nespavosť, bolesť hlavy, nevoľnosť a zvracanie, závraty, malátnosť; a symptómy spojené s chronickým štádiom, ktoré sú: zápal kože, trvalé tráviace problémy, asplatická anémia a poškodenie nervového systému, čo sa prejavuje okrem iného aj trpnutím končatín<sup>3</sup>. Mnohé práce poukazujú na to, že zlúčeniny arzénu pôsobia nielen toxicky, ale vykazujú aj karcinogénne, mutagénne a teratogénne účinky<sup>1</sup>.

Pre stanovenie arzénu možno použiť rôzne analytické metódy<sup>4</sup>, z ktorých k najpoužívanejším patria techniky atómovej absorpčnej spektrometrie (AAS), a to technika generovania hydridov (HGAAS), technika elektrotermickej atomizácie (ETAAS) a v poslednom období aj spojenie techniky generovania hydridov s následnou atomizáciou hydridov v elektrotermickom atomizátore (HG-ETAAS).

### 2. Stanovenie arzénu technikou elektrotermickej atomizácie (ETAAS)

Elektrotermická atomizácia sa najčastejšie uskutočňuje v grafitovej kyvete. K stratám arzénu z grafitovej kyvety môže dôjsť pri relatívne nízkej teplote. Na jeho zadržanie v atomizátore v priebehu pyrolýzy je potrebná tzv. „modifikácia matrice“. Ide o postup úpravy matrice vzorky, ktorý po prvý krát použil Ediger<sup>5</sup> v roku 1975. Analyt, v tomto prípade arzén, ktorý je pôvodne prchavejší ako matrica, v ktorej sa nachádza, je chemicky a tým aj teplotne stabilizovaný a zadržiavaný v atomizátore v priebehu pyrolýzy, pri ktorej dochádza k odstráneniu rušivej matrice. Prvým chemickým modifikátorom pri stanovení As technikou ETAAS použitým v uvedenej práci<sup>5</sup> bol dusičnan nikelnatý. Odvtedy bolo pre termickú stabilizáciu arzénu opísaných mnoho ďalších chemických modifikátorov. V poslednom období patrí k najčastejšie používaným paládium, najbežnejšie vo forme dusičnanu paládnateho<sup>6–8</sup>, ale možno sa stretnúť aj s použitím chloridu paládnateho<sup>8,9</sup>. Koloidné paládium bolo po prvý krát použité

ako modifikátor pri stanovení selénu<sup>10</sup>. Pri stanovení As, ale aj Sb a Pb v morskej vode použili koloidné paládium vo svojej práci Volynsky a spol.<sup>11</sup>. Rýchly teplotný program s konvenčne používaným teplotným programom pri použití paládia ako chemického modifikátora porovnal vo svojej práci Larsen<sup>12</sup>.

Zmesí paládia a niektorých ďalších kovov (Mg, Cu, Ni) patria tiež medzi často používané modifikátory a považujú sa za univerzálne chemické modifikátory pri stabilizácii As v mnohých typoch matric<sup>13,14</sup>. Zmes Pd a Mg umožňuje použiť teplotu termického rozkladu 1300 až 1400 °C (cit.<sup>15–17</sup>). Ďalšie chemické modifikátory, ako napr. Rh (cit.<sup>18</sup>), umožňujú použiť teplotu termického rozkladu 1450 °C. Deaker a Maher<sup>19</sup> zhodnotili vplyv jednoduchých modifikátorov (Pd, Cu a Ni) ako aj zmesných modifikátorov (Pd-Mg, Pd-Cu a Pd-Ni vo forme dusičnanov) na signál arzenu pri jeho stanovení v tkanivách morských živočíchov. Platina a vanád vo forme V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> boli použité ako modifikátory pri stanovení As technikou ETAAS v práci Tsaleva a spol.<sup>20</sup>. Styris a spol.<sup>21</sup> a Hirano a spol.<sup>22</sup> prispeli k objasneniu mechanizmu atomizácie As v prítomnosti paládia. Vplyv modifikátorov na stanovenie As v prostredí HCl bol študovaný v práci Pszonickiho a Dudeka<sup>23</sup>. Zmesný modifikátor Pd-Mg v prostredí vysokých koncentrácií síranu sodného a chloridu sodného použili Bermejo-Barrera a spol.<sup>24</sup>. Účinnosť Pd, Rh a Ru ako modifikátorov v ETAAS pri stanovení As, Se a In v prostredí síranu sodného porovnali Volynsky a Wennrich<sup>25</sup>. Účinnosť Pt a Ir pri tom istom stanovení porovnali uvedení autori v ďalšej práci<sup>26</sup>. Castro a spol.<sup>27</sup> porovnali Th, Zr a V ako chemické modifikátory pri atomizácii arzenu zo steny grafitovej kyvety a z platformy, pričom vzorky dávkovali klasickou kvapkovou metódou ako aj vo forme aerosolu. Mechanistickú štúdiu vplyvu vysokých obsahov Al na stanovenie As pri použití atomizácie zo steny elektrotermického atomizátora ako aj z platformy a dávkovanie vzorky oboma už spomenutými spôsobmi opisali Castro a Aller v ďalšej práci<sup>28</sup>. Zhodnotenie rôznych jednoduchých permanentných modifikátorov (Rh, Ir a Ru) ako aj ich zmesí s wolfrámom (W-Rh, W-Ir a W-Ru) pri stanovení As v pôdach, sedimentoch, kaloch, uhlí, popolčekoch a vodách uviedli vo svojej práci Lima a spol.<sup>29,30</sup>. Pre stanovenie As(III), As(V), Bi(III), Sb(III), Sb(V), Se(IV), Se(VI), Sn(IV) a Te(IV) ako aj pre niektoré alkylované druhy As a Sn testovali Tsalev a spol.<sup>31</sup> platformy upravené zmesou Ir-W a Ir-Zr. Volfrám, ale aj NaNO<sub>3</sub> použili ako chemické modifikátory Väisänen a spol.<sup>32</sup>. Koncentrácie As vo vzorkách povrchových pôd stanovené po rozklade zmesou kyselín HCl-HNO<sub>3</sub>-HF sledovali Chen a spol.<sup>33</sup>. Rôzne extrakčné postupy pre stanovenie As, ale aj Cd a Cu v kontaminovaných pôdach porovnali Väisänen a Suontamo<sup>34</sup>. Porovnanie dvoch rozkladných postupov vzoriek rastlín s použitím rôznych zmesí kyselín s rozkladom po spopolnení vzoriek pred stanovením As a Se technikou ETAAS opisali vo svojej práci Vassileva a spol.<sup>35</sup>. Koncentrácie As, ale aj Cd, Pb a Ni stanovené vo vzorkách vzduchu po celkovom rozklade filtrov boli uvedené v práci Thomaidisa a spol.<sup>36</sup>. Priame stanovenie As

v moči, krvi a krvnom sére opisali Campillo a spol.<sup>37</sup>. Stanovenie As v tkanivách morských živočíchov uviedli Ybáñez a spol.<sup>38</sup>. V práci Tsaleva a spol.<sup>39</sup> bola študovaná termická stabilita niektorých prchavých prvkov (medzi nimi aj As) v rozkladoch biologických materiálov, v rozložených vlasoch a v zriedenom moči za použitia zmesných modifikátorov obsahujúcich volfrám. Mikrovlnný rozklad použili pre stanovenie stopových prvkov (As, Hg, Zn, Pb a Se) v moči Horng a Lin<sup>40</sup>. Kildhal a Lund<sup>41</sup> stanovovali As a Sb vo víne analyzovanom priamo aj po rozklade so zmesou HNO<sub>3</sub> a H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

Vo vodách, ale aj v iných typoch matric sa arzén často nachádza na nízkych koncentračných úrovniach, a preto je potrebné pred samotným stanovením zaradiť stupeň spojený s jeho nakoncentrovaním. Je možné použiť kvapalinovú extrakciu (LE), extrakciu tuhú fázou (SPE), spoluzrážanie alebo flotáciu. Extrakciu tuhú fázou za použitia dietiokarbamatovej polyuretánovej peny použili vo svojej práci Arpadjan a spol.<sup>42</sup> na preconcentráciu stopových množstiev As, Bi, Hg, Sb, Se a Sn z vodných vzoriek pred ich stanovením ETAAS a atómovou emisnou spektrometriou s indukčne viazanou plazmou (ICP-AES). Meranie ETAAS bolo robené po rozpustení sorbovaných analytov v izobutylmetylketóne. Sella a spol.<sup>43</sup> použili ako preconcentračnú techniku zrážanie s Fe(OH)<sub>3</sub> pre stanovenie As, Ag, Bi, Cd, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb a Tl v morskej vode. Zrážanie so slabokyslým roztokom obsahujúcim Ag<sup>+</sup> ióny použili González a spol.<sup>44</sup> pre nakoncentrovanie As z rozložených vzoriek pšeničnej múky.

## 2.1. Priama analýza tuhých vzoriek v ETAAS

Pri väčšine analytických techník je potrebné pri analýze tuhých vzoriek použiť pred samotným stanovením rozklad. Rozklad vo väčšine prípadov kyselinou alebo určitou zmesou kyselín však vedie k zvýšenému riziku strát analytu počas rozkladu alebo k zvýšenému riziku kontaminácie. Rozklad je častokrát jeden z časovo najnáročnejších stupňov celého analytického postupu. V niektorých prípadoch použitie náročných rozkladných postupov vedie k vysokým hodnotám slepých pokusov.

Techniky umožňujúce stanovenie stopových obsahov priamo v tuhých vzorkách majú niekoľko výhod oproti bežne používaným postupom: 1) zjednodušenie predúpravy vzorky (kratší čas, menej náročný postup); 2) zníženie rizika kontaminácie (malý objem použitých činidiel a krátky čas „pobytu“ vzorky v prostredí laboratória); 3) minimalizácia strát analytu spôsobených postupmi použitými pri predúprave vzorky alebo nedokonalým uvoľnením analytu z matrice vzorky; 4) nepoužívanie nebezpečných a korozívnych činidiel; 5) možnosť analyzovať anorganické aj organické vzorky<sup>45</sup>.

Ak hovoríme o analýze tuhých vzoriek v ETAAS, musíme rozlišovať tzv. „slurry sampling“ (SL-ETAAS), kde ide o dávkovanie suspenzií tuhých vzoriek do elektrotermického atomizátora a „solid sampling“ (SS-ETAAS), kde sa tuhá vzorka navažuje na určitú podložku, ktorá sa vkladá do elektrotermického atomizátora. Výhody aj nevý-

hody obidvoch spôsobov dávkovania sú podrobne opísané v prehľadných článkoch venovaných atómovej spektrometrii<sup>45–48</sup>.

„Solid sampling“ bolo po prvý krát použité v komerčne dostupnom atomizátore v roku 1971 (cit.<sup>49</sup>), odvtedy sa prednostne používa na analýzu materiálov, ktoré nevytvárajú vhodné suspenzie a nie je ich možné dostupnými postupmi rozložiť. Ako príklad možno uviesť zliatiny niklu<sup>50</sup>. S uvedenou technikou sa však možno stretnúť aj pri analýze biologických vzoriek<sup>51,52</sup>, anorganických vzoriek<sup>53</sup>, geologických materiálov<sup>54</sup>, rastlín a pôd<sup>55</sup>, sedimentov<sup>56</sup>, ale aj morskej vody po prekoncentracii As s 8-hydroxychinolínom<sup>57</sup> alebo po vyzrážaní s Ni-pyrolidinditiokarbamátom<sup>58</sup>.

Dávkovanie suspenzie (slurry sampling) bolo po prvý krát uvedené v roku 1974 (cit.<sup>59,60</sup>). Keďže spája výhody priamej analýzy tuhých vzoriek s výhodami kvapalného dávkovania, jej popularita postupne narastá<sup>47</sup>. V poslednom období bola SL-ETAAS použitá pri stanovení As v detskej výžive<sup>61</sup>, pričom sa ako chemické modifikátory porovnali Mg, Ni a Pd. Pri stanovení As v pive<sup>62</sup> bol použitý ako modifikátor dusičnan nikelnatý sám, alebo v kombinácii s kyselinou askorbovou. Rovnaký zmesný modifikátor Pd-Mg použili pri stanovení As technikou SL-ETAAS v rastlinách<sup>63</sup>, v tkanivách morských živočíchov<sup>64</sup>, v riečnych sedimentoch<sup>65</sup>, v morských sedimentoch<sup>66</sup>, ale aj v kontaminovaných sedimentoch a pôdach<sup>67</sup>. Ďalší zmesný modifikátor W-Rh pri stanovení As v sedimentoch a pôdach použili Barbosa a spol.<sup>68</sup>. Skúšku rýchleho teplotného programu pri analýze rovnakých matric uvádzajú Hoeng a Cilissen<sup>69</sup>. Stanovenie As, ale aj Sb v pôdach a sedimentoch použijúc SL-ETAAS opisali aj López-García a spol.<sup>70</sup>. Stanovenie As v prírodných vodách po jeho nakoncentrovaní na aktívnom uhlí opisali Kubota a spol.<sup>71</sup>. Viñas a spol.<sup>72</sup> navrhli postupy pre stanovenie As, Cd a Pb technikou SL-ETAAS v potravinárskych farbivách.

### 3. Stanovenie arzenu technikou generovania hydridov (HGAAS)

Technika generovania hydridov bola prvý krát opísaná Holakom v roku 1969 (cit.<sup>73</sup>). Vyznačuje sa pomerne vysokou citlivosťou a jednoduchou inštrumentáciou. Je založená na tvorbe kovalentného hydridu, ktorý je z roztoku analyzovanej vzorky vedený do atomizátora (najčastejšie kremenná kyveta). Z mnohých techník je pre generovanie prchavých hydridov najpoužívanejšia redukcia s NaBH<sub>4</sub>, o čom svedčia prehľadné články Nakaharu<sup>74</sup>, Campella<sup>75</sup> a Yana a Nia<sup>76</sup>. Hydrid vzniká v zmesi okysleného roztoku analytu s alkalickým roztokom NaBH<sub>4</sub>. Arzenovodík vzniká z obidvoch iónových foriem arzenu (As(III) aj As(V)), avšak z As (III) vzniká rýchlejšie. Preto sa odporúča zredukovať As(V) na As(III), pričom sa používajú rôzne redukčné roztoky ako aj rôzne postupy. K najpoužívanejším patrí redukcia s KI a kyselinou askor-

bovou. Štúdium tvorby hydridov As, ale aj Sb a Se, bolo opísané v práci Narsita a spol.<sup>77</sup>.

Separácia analytu od matrice znižuje riziko interferencií, čo je hlavnou výhodou HGAAS (cit.<sup>78,79</sup>). Problémom v uvedenom systéme však ostávajú interferencie kovov skupín VIII.B a I.B periodického systému<sup>80–83</sup> a vzájomné interferencie hydridotvorných prvkov<sup>84–90</sup>. Štúdium vplyvu kademnatých a zinočnatých solí na stanovenie As, ale aj Sb, Bi, Se, Sn, Te a Hg bolo opísané v práci Alexandrova a spol.<sup>91</sup>.

Existujú dva spôsoby generovania hydridov, a to priamy prenos, alebo kolekcia. Pri priamom prenose, pri ktorom je hydrid uvoľnený z kvapalnej fázy a prúdom nosného plynu je vedený do atomizátora, môže byť usporiadanie kontinuálne prietokové (HG-cont.-AAS), môže ísť o dávkovanie vzorky do prúdu kyseliny alebo NaBH<sub>4</sub> (prútokové injekčné dávkovanie FI-HGAAS), alebo možno použiť zredukované obmedzeného objemu vzorky v dávkovom generátore (HG-batch-AAS). HG-cont.-AAS a HG-batch-AAS porovnali Ay a Henden<sup>92</sup> pri štúdiu interferencií niektorých kovov (Ni, Au, Pd a Cr) ako aj vzájomných interferencií As a Sb pri tvorbe hydridov aj pri ich atomizácii. HG-cont.-AAS použili pre stanovenie As v moči po predchádzajúcom rozklade s HNO<sub>3</sub> v termostatovanom mineralizačnom bloku Ruiz-Navarro a spol.<sup>93</sup>. Tento postup porovnali s mikrovlnným rozkladom. Mikrovlnný rozklad bol použitý pri stanovení As v moči technikou HGAAS aj v ďalšej práci<sup>94</sup>, pri stanovení As v rastlinách<sup>95</sup>, pri stanovení As v tkanivách morských živočíchov<sup>96</sup> aj pri stanovení As v pôdach a sedimentoch<sup>97</sup>. Rôzne rozkladné postupy a rôzne zmesi kyselín pre vzorky vlasov pri stanovení As technikou HG-batch-AAS porovnali de Moraes Flores a spol.<sup>98,99</sup>. Na odstránenie interferencií spôsobených prchavými oxidmi dusíka použili kyselinu amidosírovú. Rôzne rozkladné postupy biologických materiálov pred samotným stanovením As a Se technikou HG-cont.-AAS opísal Rejnek<sup>100</sup>.

V poslednom období k najčastejšie používaným technikám HGAAS patrí dávkovanie vzorky do prúdu kyseliny alebo NaBH<sub>4</sub>, hovoríme o tzv. prietokovej injekčnej analýze (FIA). FI-HGAAS použili pre stanovenie As v kontaminovaných vodách Chatterjee a spol.<sup>101</sup>, v kontaminovaných vodách a v rôznych kontaminovaných biologických materiáloch (vlasy, nechty, moč, koža, krv) Das a spol.<sup>102</sup> a Samanta a spol.<sup>103</sup>. Stanovenie As v prostredí s vysokým obsahom Cu, Pb, Fe a Ni opisali Schmidt a Bahadur<sup>104</sup>. Rôzne rozkladné postupy pre vzorky rastlín pre stanovenie As a Sb porovnali a zhodnotili Krachler a spol.<sup>105–111</sup>. FI-HGAAS použili pre stanovenie As, Sb a Se vo vodách s vysokým obsahom železa Näykki a spol.<sup>112</sup>. Na elimináciu jeho vplyvu použili tiomočovinu, L-cystein a roztok obsahujúci KI a kyselinu askorbovú. Mikrovlnný rozklad organozlúčenín As, ale aj Se a Hg, nachádzajúcich sa vo vodách použili pred samotným stanovením FI-HGAAS Harzdorf a spol.<sup>113</sup>. Prehľadný článok o používaní mikrovlnného rozkladu v prietokovej injekčnej analýze poskytli Burguerovci<sup>114</sup>. Päť rôznych mikrovlnných rozkladných postupov pre sedimenty použili pri stanovení As a Se

v sedimentoch Zhou a spol.<sup>115</sup>. Ako príklad alkalického rozkladu pôd s NaOBr pre stanovenie As a Se možno uviesť prácu Zhua a Tabatabaia<sup>116</sup>. On-line spojenie mikrovlnného rozkladu s technikou FI-HGAAS opísali pri stanovení As v moči a termálnych vodách Burguera a spol.<sup>117</sup> a v moči López-González a spol.<sup>118</sup>. Pre rozklad organických zlúčenín As a Sn opísali on-line spojenie UV-fotooxidácie a FI-HGAAS Tsalev a spol.<sup>119</sup>. Kremenná kyveta potiahnutá volfrámovou fóliou pre stanovenie As vo vodách, sedimentoch aj biologických materiáloch technikou FI-HGAAS bola opísaná v práci Ribeira a spol.<sup>120</sup>. Stanovenie As vo vodách po nakoncentrovaní na aktivovanom Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> opísali Karthikeyan a spol.<sup>121</sup>.

Pri použití kolekcie je hydrid zhromaždený v kolektore, ktorý je súčasťou generátora. Prevedenie hydridu do atomizátora prebehne v jednom stupni až po skončení jeho uvoľňovania z roztoku. Kolekcia môže byť tlaková<sup>122</sup> alebo vymrazovaním<sup>123,124</sup>. On-line spojenie mikrovlnného rozkladu s vymrazovaním (FI-HG-cryo trapping-AAS) pri stanovení As vo vodách opísali Burguera a spol.<sup>125</sup>. Kolekciu vymrazovaním použili pri stanovení As po jeho derivatizácii s rôznymi komplexmi tvoriacimi zlúčeninami obsahujúcimi síru aj Howard a Salou<sup>126</sup> a pri stanovení As v moči použili Ng a spol.<sup>127</sup>.

Hlavnou technikou, ktorá využíva dávkovanie suspenzie je ETAAS, no možno sa stretnúť s použitím suspenzie vzoriek aj v HGAAS. Medzi prvých, ktorí použili dávkovanie suspenzie pre stanovenie As technikou HGAAS patria Haswell a spol.<sup>128</sup>. Nerin a spol.<sup>129</sup> stanovovali As v popolčekom použijúc techniku „SL-HG-batch-AAS“ bez úpravy suspenzie vzoriek. Pri stanovení As v tabaku<sup>130</sup> a v sedimentoch<sup>131</sup> bola použitá SL-HG-batch-AAS, ale s úpravou suspenzie vzoriek mikrovlnným zahrievaním. Hoci sa prednostne používa spojenie prietokovej injekčnej analýzy s HGAAS, doteraz bola opísaná iba jedna práca, ktorá sa venuje stanoveniu As v pôdach používajúc techniku „FI-SL-HGAAS“, pričom aj v tomto prípade boli suspenzie vzorky upravované mikrovlnným zahrievaním<sup>132</sup>.

#### 4. Stanovenie arzenu technikou generovania hydridov s následnou atomizáciou hydridov v elektrotermickom atomizátore (HG-ETAAS)

Elektrotermické atomizátory sú používané pre atomizáciu hydridov takmer od uvedenia hydridovej techniky. Sú tri možnosti ich použitia, a to *in situ* zachytenie hydridov, ktoré využíva elektrotermický atomizátor pre zber hydridu aj pre jeho atomizáciu<sup>133–135</sup>, on-line atomizácia<sup>136–138</sup> a atomizácia z absorpčných roztokov obsahujúcich zachytené hydridy<sup>139</sup>. *In situ* zber a nakoncentrovanie hydridu zlepšuje detekčné limity oproti priamemu zavedeniu hydridu do atomizátora<sup>140</sup>. Podmienky pre simultánne stanovenie As a Se technikou HGAAS s *in situ* zachytením hydridov a ich atomizáciou v grafitovej kyvete pokrytej zirkónom opísali Gabros a spol.<sup>141</sup>. Účinnosť tvorby hydridov As, Sb a Se, *in situ* zachytenia uvedených hydridov v grafitovej

kyvete a použitie Pd ako chemického modifikátora je opísané v práci Dočekala a spol.<sup>142</sup>. Tsalev a spol.<sup>143</sup> použili vo svojej práci platformy potiahnuté zmesnými modifikátormi Ir-W a Ir-Zr pri stanovení väčšiny hydridotvorných prvkov pri použití FI-HG-ETAAS ako aj pri ETAAS. Pri stanovení As vo vodách použili tvorbu hydridu a následnú elektrotermickú atomizáciu na paládiom pokrytých platformách Liang a spol.<sup>144</sup>. *In situ* prekoncentráciu a stanovenie As vo vzorkách rastlín technikou HG-ETAAS so zmesným modifikátorom Pd-Zr opísali Yang a Zhang<sup>145</sup>. Stanovenie As, Sb, Se a Sn v pive a slade technikou HG-ETAAS s *in situ* nakoncentrovaním hydridov v Pd pokrytej grafitovej kyvete opísali Matusiewicz a Mikołajczak<sup>146</sup>. Stanovenie As vo vodách po jeho nakoncentrovaní používajúc kvapalinovú extrakciu opísali Chamsaz a spol.<sup>147</sup>. Grafitové kyvety pokryté Ir použili Murphy a spol.<sup>148</sup> a pokryté Ir a Rh da Silva a spol.<sup>149</sup>. Mikrovlnný rozklad pre organické zlúčeniny arzenu a následné stanovenie celkového arzenu vo vodách, biologických vzorkách a sedimentoch s použitím FI-HG-ETAAS opísali Ringmann a spol.<sup>150</sup>. Vplyv vysokých koncentrácií chloridu sodného na stanovenie As a Se v HG-ETAAS študovali Ellis a spol.<sup>151</sup>. Optimalizáciu rôznych parametrov pri stanovení As, Cd, Sb a Se vo vodách technikou HG-ETAAS opísali Moreda-Piñeiro a spol.<sup>152</sup>. Dusičnan horečnatý, dusičnan paládnatý a dusičnan nikelnatý porovnali vo svojej práci Niedzelski a spol.<sup>153</sup> pri stanovení As, Sb a Se v ETAAS, ale aj v spojení HG-ETAAS.

K najnovším spojeniam techník AAS patrí tvorba hydridu zo suspenzie vzoriek s následnou atomizáciou hydridov v grafitovej kyvete (SL-HG-ETAAS). Zatiaľ bolo opísaných iba pár prác venovaných optimalizácii stanovenia As uvedenou technikou. Moreda-Piñeiro a spol. stanovovali As, Bi, Ge, Hg a Se v popolčekom<sup>154</sup> a As, Bi, a Se v morských sedimentoch, pôdach a uhlí<sup>155</sup>. Stanovenie As v suspenziách vzoriek sedimentov a popolčekom technikou SL-HG-ETAAS, pričom hydridy boli zachytené v grafitových kyvetách potiahnutých Ir opísali aj Vieira a spol.<sup>156</sup>. SL-HG-ETAAS použili tiež Matusiewicz a Mroczkowska pre stanovenie As v rôznych environmentálnych aj biologických vzorkách<sup>157</sup>.

#### LITERATÚRA

1. Léonard A., v knihe: *Metals and Their Compounds in the Environment* (Merian E., ed.). VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim 1991.
2. Ward N. I., v knihe: *Environmental Analytical Chemistry* (Fifield F. W., Haines P.J., ed). Blackie Academic and Professional, Glasgow 1996.
3. Kafka Z., Punčochářová J.: Chem. Listy 96, 611 (2002).
4. Száková J., Mader P.: Chem. Listy 88, 164 (1994).
5. Ediger R. D.: At. Absorpt. Newslett. 14, 127 (1975).
6. Tsalev D. L., Tserovski E. I., Raicheva A. G., Barzev A. I., Georgieva R. G., Zaprianov Z. K.: Spectrosc. Lett. 26, 331 (1993).

7. Slaveykova V. I., Rastegar F., Leroy M. J. F.: *J. Anal. At. Spectrom.* **11**, 997 (1996).
8. Cabon J. Y.: *Fresenius' J. Anal. Chem.* **367**, 714 (2000).
9. Rettberg T. M., Beach L. M.: *J. Anal. At. Spectrom.* **4**, 427 (1989).
10. Volynsky A. B., Krivan V.: *J. Anal. At. Spectrom.* **11**, 159 (1996).
11. Volynsky A. B., Akman S., Dogan C. E., Koklu U.: *Spectrochim. Acta, Part B* **56**, 2361 (2001).
12. Larsen E. H.: *J. Anal. At. Spectrom.* **6**, 375 (1991).
13. Shan X., Ni Z., Zhang L.: *Anal. Chim. Acta* **151**, 179 (1983).
14. Shan X., Ni Z., Zhang L.: *At. Spectrosc.* **5**, 1 (1984).
15. Welz B., Schlemmer G., Mudakavi J. R.: *J. Anal. At. Spectrom.* **3**, 93 (1988).
16. Welz B., Schlemmer G., Mudakavi J. R.: *J. Anal. At. Spectrom.* **3**, 695 (1988).
17. Welz B., Schlemmer G., Mudakavi J. R.: *J. Anal. At. Spectrom.* **7**, 1257 (1992).
18. Bulska E., Jedral W.: *J. Anal. At. Spectrom.* **7**, 1257 (1992).
19. Deaker M., Maher W.: *J. Anal. At. Spectrom.* **14**, 1193 (1999).
20. Tsalev D. L., Dimitrov T. A., Mandjukov P. B.: *J. Anal. At. Spectrom.* **5**, 189 (1990).
21. Styris D. L., Prell L. J., Redfield D. A.: *Anal. Chem.* **63**, 503 (1991).
22. Hirano Y., Yasuda K., Hirorawa K.: *Anal. Sci.* **10**, 481 (1994).
23. Pszonicki L., Dudek J.: *J. Anal. At. Spectrom.* **14**, 1755 (1999).
24. Bermejo-Barrera P., Moreda-Piñeiro J., Moreda-Piñeiro A., Bermejo-Barrera A.: *J. Anal. At. Spectrom.* **13**, 777 (1998).
25. Volynsky B., Wennrich R.: *J. Anal. At. Spectrom.* **16**, 179 (2001).
26. Volynsky B., Wennrich R.: *Talanta* **59**, 277 (2003).
27. Castro M. A., García-Olalla C., Robles L. C., Aller A. J.: *Spectrochim. Acta, Part B* **57**, 1 (2002).
28. Castro M. A., Aller A. J.: *Spectrochim. Acta, Part B* **58**, 901 (2003).
29. Lima É. C., Barbosa R. V., Brasil J. L., Santos A. H. D. P.: *J. Anal. At. Spectrom.* **17**, 1523 (2002).
30. Lima É. C., Brasil J. L., Vaggetti J. C. P.: *Talanta* **60**, 103 (2003).
31. Tsalev D. M., D'Ulivo A., Lampugnani I.: *J. Anal. At. Spectrom.* **11**, 979 (1996).
32. Väisänen A., Suontamo R., Rintala J.: *J. Anal. At. Spectrom.* **16**, 533 (2001).
33. Chen M., Ma L. Q., Harris W. G.: *Soil Sci. Soc. Am. J.* **66**, 632 (2002).
34. Väisänen A., Suontamo R.: *J. Anal. At. Spectrom.* **17**, 739 (2002).
35. Vassileva E., Dočekalová H., Baeten H., Vanhenten-rijck S., Hoenig M.: *Talanta* **54**, 187 (2001).
36. Thomaidis S. N., Bakeas E. B., Siskos P. A.: *Chemosphere* **52**, 959 (2003).
37. Campillo N., Viñas P., López-Garí I., Hernández-Córdoba M.: *Analyst* **125**, 313 (2000).
38. Ybáñez N., Cervera M. L., Montoro R., de la Guardia M.: *J. Anal. At. Spectrom.* **6**, 379 (1991).
39. Tsalev D. L., Slaveykova V. I., Georgieva R. B.: *Anal. Lett.* **29**, 73 (1996).
40. Horng C. J., Llin S. R.: *Talanta* **45**, 75 (1997).
41. Kildhal B. T., Lund W.: *Fresenius' J. Anal. Chem.* **345**, 93 (1996).
42. Arpadjan S., Vuchkova L., Kostadinova E.: *Analyst* **122**, 243 (1997).
43. Sella S., Sturgeon R. E., Willie S. N., Campos R. C.: *J. Anal. At. Spectrom.* **12**, 1281 (1997).
44. González M. M., Gallego M., Varcácel M.: *Talanta* **55**, 135 (2001).
45. Cal-Prieto M. J., Felipe-Sotelo M., Carlosena A., Andrade J. M., López-Mahía P., Muniategui S., Prada D.: *Talanta* **56**, 1 (2002).
46. de Benzo Z. A., Velosa M., Ceccarelli C., de la Guardia M., Salvador A.: *Fresenius' J. Anal. Chem.* **339**, 235 (1991).
47. Bendicho C., de Loos-Vollebregt M. T. C.: *J. Anal. At. Spectrom.* **6**, 353 (1991).
48. Hill S. J., Chenery S., Dawson J. B., Evans E. H., Fisher A., Price W. J., Smith C. M. M., Sutton K. L., Tyson J. F.: *J. Anal. At. Spectrom.* **15**, 769 (2000).
49. Kerber J. D.: *At. Spectrosc.* **10**, 104 (1971).
50. Headridge J. B., Riddington I. M.: *Analyst* **109**, 113 (1984).
51. Atsuya I., Itoh K., Akatsuka K.: *Fresenius' Z. Anal. Chem.* **328**, 338 (1987).
52. Atsuya I., Itoh K., Akatsuka K., Jin K.: *Fresenius' Z. Anal. Chem.* **326**, 53 (1987).
53. Esser P.: *Fresenius' Z. Anal. Chem.* **322**, 677 (1985).
54. de Kersabiec A. M., Benedetti M. F.: *Fresenius' Z. Anal. Chem.* **328**, 342 (1987).
55. Völlkopf U., Grobowski Z., Tamm R., Welz B.: *Analyst* **110**, 573 (1985).
56. Sahuquillo A., Rauret G., Rehnert A., Muntau H.: *Anal. Chim. Acta* **476**, 15 (2003).
57. Akatsuka K., Atsuya I.: *Fresenius' Z. Anal. Chem.* **329**, 453 (1987).
58. Zhang Q., Minami H., Inoue S., Atsuya I.: *Anal. Chim. Acta* **508**, 99 (2004).
59. Brady D. V., Montalvo J. G., Jung J., Curran R. A.: *At. Absorpt. Newslett.* **13**, 118 (1974).
60. Brady D. V., Montalvo J. G., Glowacki G., Pisciotta A.: *Anal. Chim. Acta* **70**, 448 (1974).
61. Viñas P., Pardo-Martínez M., Hernández-Córdoba M.: *J. Anal. At. Spectrom.* **14**, 1215 (1999).
62. Cervera M. L., Navarro A., Montoro R., de la Guardia M., Salvador A.: *J. Anal. At. Spectrom.* **6**, 477 (1991).
63. Kukier U., Summer M. E., Miller W. P.: *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* **25**, 1149 (1994).
64. Santos C., Alava-Moreno F., Lavilla I., Bendicho C.: *J. Anal. At. Spectrom.* **15**, 987 (2000).
65. van den Akker A. H., van den Heuvel H.: *At.*

- Spectrosc. 13, 72 (1992).
66. Bermejo-Barrera P., Barciela-Alonso M. C., Moreda-Piñeiro A., Gonzáles-Sixto C., Bermejo-Barrera A.: Spectrochim. Acta, Part B 51, 1235 (1996).
  67. Klemm W., Bombach G.: Fresenius' J. Anal. Chem. 353, 12 (1995).
  68. Barbosa F., Lima É. C., Krug F. J.: Analyst 125, 2079 (2000).
  69. Hoenig M., Cilissen A.: Spectrochim. Acta, Part B 48, 1003 (1993).
  70. López-García I., Sánchez-Merlos M., Henández-Córdoba M.: Spectrochim. Acta, Part B 52, 437 (1997).
  71. Kubota T., Yamaguchi T., Okutani T.: Talanta 46, 1311 (1998).
  72. Viñas P., Pardo-Martínez M., López-García I., Hernández-Córdoba M.: J. Anal. At. Spectrom. 16, 1202 (2001).
  73. Holak W.: Anal. Chem. 41, 1712 (1969).
  74. Nakahara T.: Anal. At. Spectrosc. 6, 163 (1983).
  75. Campbell A. D.: Pure Appl. Chem. 64, 227 (1992).
  76. Yan X. P., Ni Z. M.: Anal. Chim. Acta 291, 89 (1994).
  77. Narsito X., Agterdenbos J., Santosa S.: Anal. Chim. Acta 237, 189 (1990).
  78. Tsalev D. L.: Spectrochim. Acta, Part B 55, 917 (2000).
  79. Smichowski P., Fariás S.: Microchem. J. 67, 147 (2000).
  80. Welz B., Melcher M.: Analyst 109, 569 (1984).
  81. Welz B., Melcher M.: Anal. Chim. Acta 153, 297 (1983).
  82. Welz B., Schubert-Jacobs M.: J. Anal. At. Spectrom. 1, 23 (1986).
  83. Bax D., Agterdenbos J., Worrell E., Beneken-Kolmer J.: Spectrochim. Acta, Part B 43, 1349 (1988).
  84. Verlinden M., Deelstra H.: Fresenius' J. Anal. Chem. 296, 253 (1979).
  85. Dédina J.: Anal. Chem. 54, 2059 (1982).
  86. Walcerz M., Bulska E., Hulanicki A.: Fresenius' J. Anal. Chem. 346, 622 (1993).
  87. Krakovská E., Mackových D.: Chem. Pap. 50, 121 (1996).
  88. de la Calle-Guntiñas M. B., Torralba R., Madrid Y., Palacios M. A., Bonilla M., Cámara C.: Spectrochim. Acta, Part B 47, 1165 (1992).
  89. Welz B., Melcher M.: Anal. Chim. Acta 131, 17 (1981).
  90. Erdem N., Henden E.: Anal. Chim. Acta 505, 59 (2004).
  91. Alexandrov S., Gafur I., Mandjukov P., Nedeltchev O.: Fresenius' J. Anal. Chem. 347, 303 (1993).
  92. Ay Ü., Henden E.: Spectrochim. Acta, Part B 55, 951 (2000).
  93. Ruiz-Navarro M. L., Navarro-Alarcón M., Lopez H., de la Serrana G., Pérez-Valero V., López-Martínez M. C.: Sci. Total Environ. 216, 55 (1998).
  94. López-González M. A., Gómez M. M., Cámara C., Palacios M. A.: Mikrochim. Acta 120, 301 (1995).
  95. Navarro M., López M. C., López H., Sánchez M.: J. Assoc. Off. Anal. Chem. 75, 1029 (1992).
  96. Navarro M., López H., Sánchez M., López M. C.: J. Anal. Toxicol. 16, 169 (1992).
  97. Navarro M., Sánchez M., López H., López M. C.: Bull. Environ. Contam. Toxicol. 50, 356 (1993).
  98. de Moraes Flores É. M., Cirne da Silva L. L., Barin J. S., Fleig Saidelles P. F., Zanella R., Dressler V. L., Paniz J. N. G.: Spectrochim. Acta, Part B 56, 1883 (2001).
  99. de Moraes Flores É. M., Fleig Saidelles A. P., Barin J. S., Mortari S. R., Martins A. F.: J. Anal. At. Spectrom. 16, 1419 (2001).
  100. Rejnek J.: Chem. Listy 96, 1010 (2002).
  101. Chatterjee A., Das D., Mandal B. K., Chowdhury T. R., Samanta G., Chakraborti D.: Analyst 120, 643 (1995).
  102. Das D., Chatterjee A., Mandal B. K., Samanta G., Chakraborti D., Chana B.: Analyst 120, 917 (1995).
  103. Samanta G., Chowdhury T. R., Mandal B. K., Biswas B. K., Chowdhury U. K., Basu G. K., Chanda C. R., Lodh D., Chakraborti D.: Microchem. J. 62, 174 (1999).
  104. Schmidt C., Bahadir M.: Fresenius' J. Anal. Chem. 346, 683 (1993).
  105. Krachler M., Burow M., Emons H.: Analyst 124, 777 (1999).
  106. Krachler M., Burow M., Emons H.: Analyst 124, 923 (1999).
  107. Krachler M., Burow M., Emons H.: J. Environ. Monit. 1, 477 (1999).
  108. Krachler M., Emons H.: Fresenius' J. Anal. Chem. 368, 702 (2000).
  109. Krachler M., Emons H.: J. Anal. At. Spectrom. 15, 281 (2000).
  110. Krachler M., Shotyk W., Emons H.: Anal. Chim. Acta 432, 303 (2001).
  111. Krachler M., Emons H., Barbante C., Cozzi G., Cescon P., Shotyk W.: Anal. Chim. Acta 458, 387 (2002).
  112. Näykki T., Perämäki P., Kujala J., Mikkonen A.: Anal. Chim. Acta 439, 229 (2001).
  113. Harzdorf C., Jansen G., Rinne D., Rogge M.: Anal. Chim. Acta 374, 209 (1998).
  114. Burguera M., Burguera J. L.: Anal. Chim. Acta 366, 63 (1998).
  115. Zhou C. Y., Wong M. K., Koh L. L., Wee Y. C.: Mikrochim. Acta 127, 77 (1997).
  116. Zhu B., Tabatabai M. A.: Soil Sci. Soc. Am. J. 59, 1564 (1995).
  117. Burguera J. L., Burguera M., Danet A. F.: Rev. Roum. Chim. 43, 301 (1998).
  118. López-González M. A., Gómez M. M., Cámara C., Palacios M. A.: Mikrochim. Acta 120, 301 (1995).
  119. Tsalev D. L., Sperling M., Welz B.: Spectrochim. Acta, Part B 55, 339 (2000).
  120. Ribeiro A. S., Zezii Aruda M. A., Cadore S.: J. Anal.

- At. Spectrom. 17, 1516 (2002).
121. Karthikeyan S., Prasada R. T., Iyer C. S. P.: *Talanta* 49, 523 (1999).
  122. Zhang B. G., Wang Y., Wang X. S., Chen X. L., Feng J. X.: *Talanta* 42, 1095 (1995).
  123. Masscheleyn P. H., Delaune R. D., Patrick W. H.: *J. Environ. Qual.* 20, 96 (1991).
  124. Howard A. G., Comber S. D. W.: *Mikrochim. Acta* 109, 27 (1992).
  125. Burguera J. L., Burguera M., Rivas C., Carrero P.: *Talanta* 45, 431 (1998).
  126. Howard A. G., Salou C.: *J. Anal. At. Spectrom.* 13, 683 (1998).
  127. Ng J. C., Johnson D., Imray P., Chiswell B., Moore M. R.: *Analyst* 123, 929 (1998).
  128. Haswell S. J., Mendham J., Blutler M. J., Smith D. C.: *J. Anal. At. Spectrom.* 3, 731 (1988).
  129. Nerin C., Zufiaurre R., Cacho J.: *Mikrochim. Acta* 108, 241 (1992).
  130. Mierzwa J., Adeloju S. B., Dhindsa H. S.: *Analyst* 122, 539 (1997).
  131. Mierzwa J., Dobrowolski R.: *Spectrochim. Acta, Part B* 53, 117 (1998).
  132. Gürleyük H., Tyson J. F., Uden P. C.: *Spectrochim. Acta, Part B* 55, 935 (2000).
  133. Dědina J.: *Prog. Anal. Spectrosc.* 11, 251 (1988).
  134. Branch C. H., Hutchinson D.: *Analyst* 110, 163 (1985).
  135. Sturgeon R. E., Willie S. N., Sproule G. I., Berman S. S.: *J. Anal. At. Spectrom.* 2, 719 (1987).
  136. Dittrich K., Mandry R.: *Analyst* 111, 269 (1986).
  137. Dittrich K., Mandry R.: *Analyst* 111, 277 (1986).
  138. Sperling M., Yin X. F., Welz B.: *Spectrochim. Acta, Part B* 46, 1789 (1991).
  139. Fišera M., Hladký Z., Říšová J.: *Chem. Pap.* 50, 8 (1996).
  140. Matusiewicz H., Sturgeon R. E.: *Spectrochim. Acta, Part B* 51, 377 (1996).
  141. Gabros S., Walcerz M., Bulska E., Hulanicki A.: *Spectrochim. Acta, Part B* 50, 1669 (1995).
  142. Dočekal B., Dědina J., Krivan V.: *Spectrochim. Acta, Part B* 52, 787, (1997).
  143. Tsalev D. L., D'Ulivo A., Lampugnani L., di Marco M., Zamboni R.: *J. Anal. At. Spectrom.* 11, 979 (1996).
  144. Liang L., Lazoff S., Chan C., Horvat M., Woods J. S.: *Talanta* 47, 569 (1998).
  145. Yang L. L., Zhang D. Q.: *Anal. Chim. Acta* 491, 91 (2003).
  146. Matusiewicz H., Mikołajczak M.: *J. Anal. At. Spectrom.* 16, 652 (2001).
  147. Chamsaz M., Arbab-Zavar M. H., Nazari S.: *J. Anal. At. Spectrom.* 18, 1279 (2003).
  148. Murphy J., Schlemmer G., Shuttler I., Hill S. J.: *J. Anal. At. Spectrom.* 14, 1593 (1999).
  149. da Silva J. B. B., Giacomelli M. B., de Souza I. G., Curtius A. J.: *Microchem. J.* 60, 249 (1998).
  150. Ringmann S., Boch K., Marquardt W., Schuster M., Schlemmer G., Kainrath P.: *Anal. Chim. Acta* 425, 207 (2002).
  151. Ellis R. I., Sundin N. G., Tyson J. F., McInthosh S. A., Hanna C. P., Carnrick G.: *Analyst* 123, 1697 (1998).
  152. Moreda-Piñeiro J., Moscoso-Pérez C., López-Mahía P., Muniategui-Lorenzo S., Fernández-Fernández E., Prada-Rodríguez D.: *Talanta* 53, 871 (2001).
  153. Niedzelski P., Siepak M., Siepak J.: *Microchem. J.* 72, 137 (2002).
  154. Moreda-Piñeiro J., López-Mahía P., Muniategui-Lorenzo S., Fernández-Fernández E.: *Spectrochim. Acta, Part B* 57, 883 (2002).
  155. Moreda-Piñeiro J., López-Mahía P., Muniategui-Lorenzo S., Fernández-Fernández E., Prada-Rodríguez D.: *J. Anal. At. Spectrom.* 17, 721 (2002).
  156. Vieira M. A., Welz B., Curtius A.J.: *Spectrochim. Acta, Part B* 57, 2057 (2002).
  157. Matusiewicz H., Mroczkowska M.: *J. Anal. At. Spectrom.* 18, 751 (2003).

**I. Hagarová and M. Žemberyová** (*Department of Analytical Chemistry, Faculty of Natural Sciences, Comenius University, Bratislava, Slovak Republic*): **Determination of Arsenic in Biological and Environmental Samples by AAS techniques**

The highly toxic nature of arsenic has increased the importance of reliable determination of this element in biological and environmental samples. Electrothermal atomic absorption spectrometry (ETAAS) and hydride generation atomic absorption spectrometry (HGAAS) are the most powerful and well-established techniques for these determinations. In the present article, both the AAS techniques are reviewed.