

Senzory Část III

na bázi uhlíkové pasty



Univerzita
Pardubice

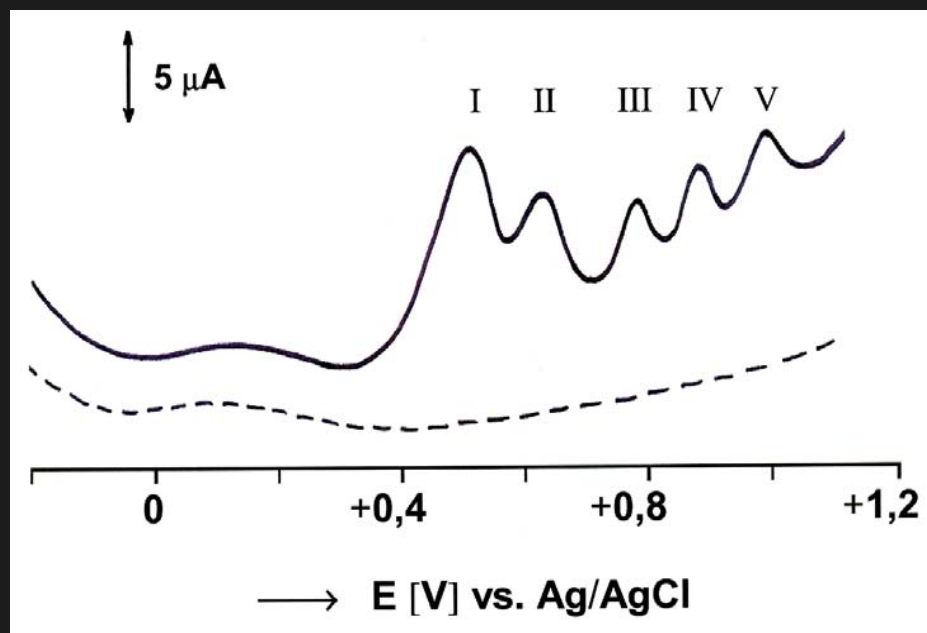
Ivan ŠVANCARA

Katedra analytické chemie,
Fakulta chemicko-technologická

Příklad 1: Studie elektrochemického chování fenothiazinů a jejich nitrovaných derivátů s uhlíkovou pastou, odolnou v prostředích s obsahem methanolu

■ Principy:

- **Odolnost uhlíkové pasty** na bázi vysoce viskózního silikonového oleje byla doložena na měřeních **v přítomnosti CH_3OH** , nezbytného k rozpuštění analyzovaných derivátů.
- **Studované deriváty** představovaly **výrazně elektroaktivní sloučeniny**, jejichž změny na elektrodě doprovázela řada vedlejších jevů: tvorba a rozpad radikálů, adsorpce popř. pozvolná hydrolyza.



Obr.: Anodická oxidace nitrovaného fenothiazinu v prostředí 30 % methanolu na uhlíkové pastě na bázi vysoce viskózního silikonového oleje (záznam v režimu DPV)

----- ... základní linie elektrolytu;

———— ... $c(\text{n-fen}) = 1 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$

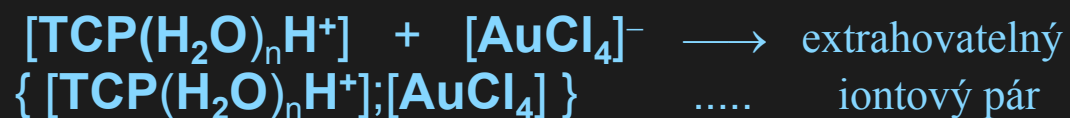
■ Literatura:

Švancara I., Vytřas K., Renger F., Smyth M. R.: "Application of Carbon Paste Electrodes in Highly Methanolic Solutions". *Electrochim.Acta* 37 (1992) 1355-1361.

Příklad 2: Prekoncentrace aniontů $[\text{AuX}_4]^-$ na uhlíkové pastě z trikresylfosfátu a stanovení zlata v pozlacených elektrotechnických součástkách

■ Principy a využití:

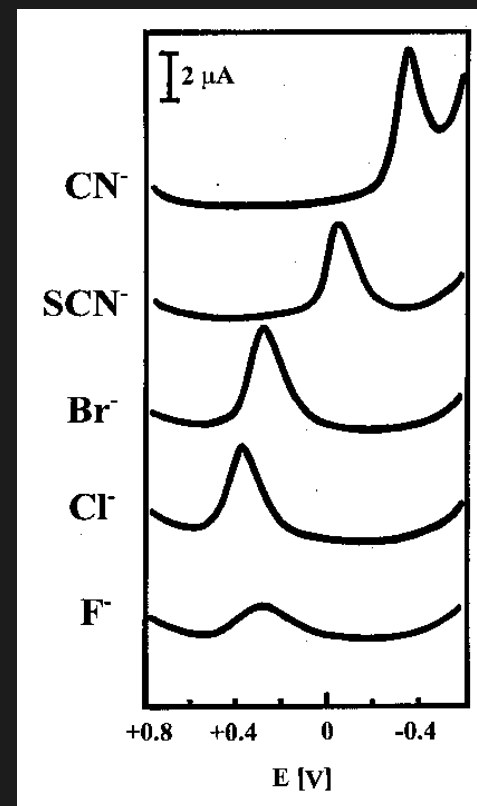
- Testování nového druhu CPE s kapalným organickým esterem jako pojivem se schopnostmi vytvářet iontové páry s některými anionty kovů a účinně je akumulovat:



- Detekována je pak redukce atomu kovu v režimu CSV.

Obr.: Proces prekoncentrace a voltametrické detekce zlata závisí i na formě aniontu v daném komplexním prostředí, což lze využít k určení příslušných konstant stability: ➤

$\log \beta(\text{AuCl}_4^-) = 21,6$ (tabulky: 26); $\log \beta(\text{AuBr}_4^-) = 26,7$ (27);
 $\log b[\text{Au}(\text{SCN})_4^-] = 43,5$ (43) a $\log \beta[\text{Au}(\text{CN})_4^-] = 57,7$ (56).



■ Literatura:

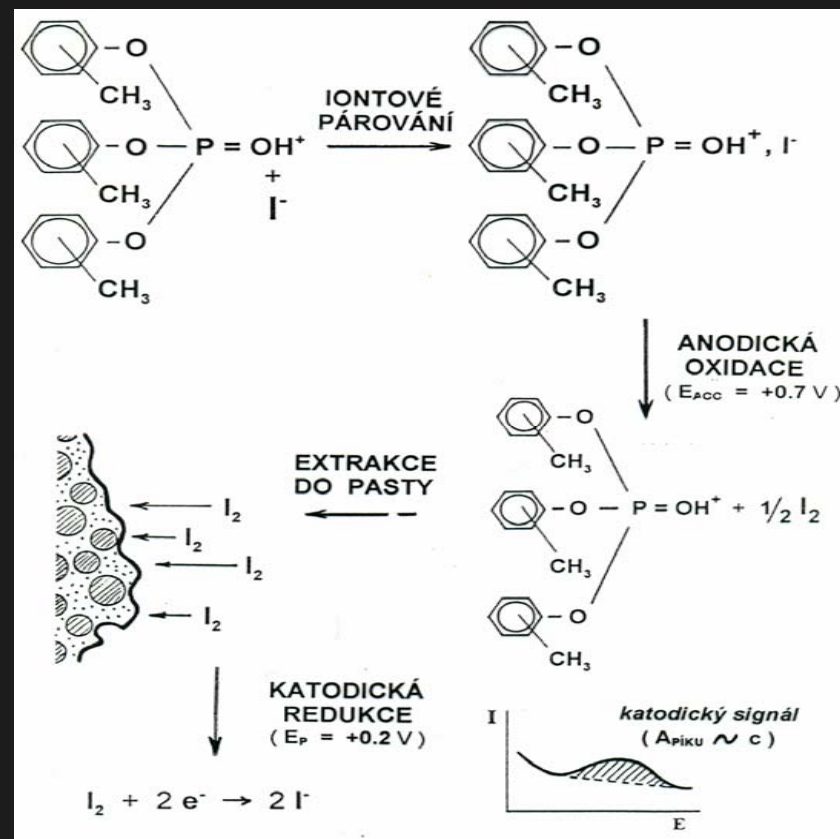
Švancara I., Vytřas K., "Voltammetry with Carbon Paste Electrodes Containing Membrane Plasticizers Used for PVC-Based Ion-Selective Electrodes". *Anal. Chim. Acta* **273** (1993) 195-204.

Vytřas K., Švancara I., Renger F., Srey M., Vaňková R., Hvízdalová M.: "Electrochemical Determination of Gold in Gold-Plated Electrotechnical Components". *Coll. Czech. Chem. Commun.* **58** (1993) 2039-2046.

Příklad 3 a: Vysoce selektivní akumulace jodidů na uhlíkové pastě na principu párování s lipofilními kationty

■ Principy:

- Vývoj a testování zcela nové metody pro stanovení jodu ve formě I^- popř. I_n^- na uhlíkové pastě typu: (i) **C/TCP** (viz obr.) nebo (ii) **C/SO** modifikované *in situ* kvarterní amoniou s.: $R'R_3N^+Br^-$.
- Složitý mechanismus akumulace (viz schéma na obr. vpravo) zahrnuje tvorbu iontových párů a extrakci do nitra pasty
- Výsledná metoda nabízí mimořádnou selektivitu, např.: $Cl:I = 10^5:1$, jak ve variantě pro CSV, tak v CCSA..



■ Literatura:

Švancara I., Konvalina J., Schachl K., Kalcher K., Vytřas K.: "Stripping Voltammetric Determination of Iodide with Synergistic Accumulation at a Carbon Paste Electrode". *Electroanalysis* **10** (1998) 435-441.

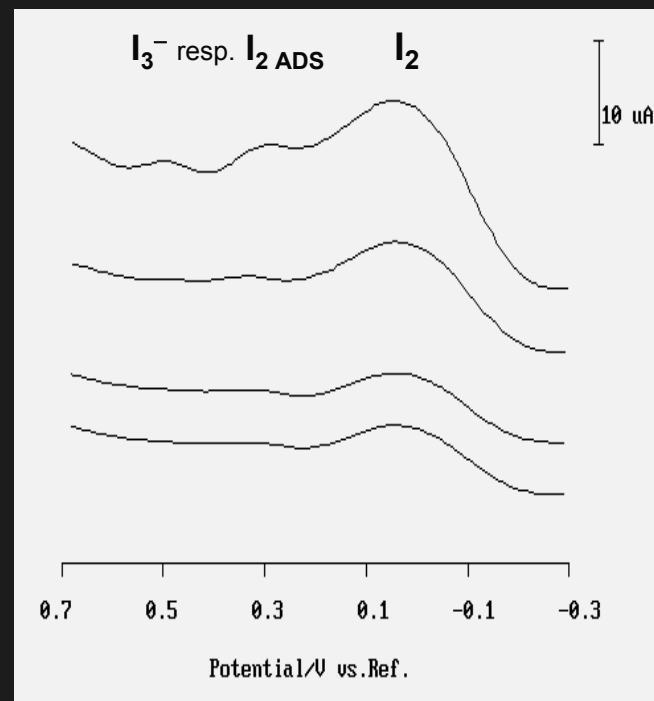
Švancara I., Čermáková I., Vytřas K., Gössler W., Kalcher K.: "Cationic Surfactants as Modifiers for Carbon Paste Electrodes for the Determination of Iodide". *Sci.Pap.Univ. Pardubice, Ser. A* **5** (1999) 95.

Příklad 3b: Vývoj a adaptace spolehlivé metody ke stanovení jodu v potravinách a podobných vzorcích

■ Aplikace:

- **Původní varianta CSV s C/TCP** ... stanovení I^- v minerálkách; I^- nebo IO_3^- (chemicky redukováný) v kuchyňských solích; analýza „KI-tablet“ (prevence v okolí JeDu);
- **Příbuzná varianta s C/SO a $R'R_3N^+$** : analýza minerálních a přírodních vod;
- **Dále adaptovaná metoda s CCSA a C/TCP**: analýza technických a potravinářských solí s obsahem I^- a IO_3^- ; detekce I^- v moči.

Obr.: Analyzované vzorky soli a KI-tb



Obr.: Stanovení jodu v KI-tabletách metodou dvou alikvotních přidavků

■ Literatura:

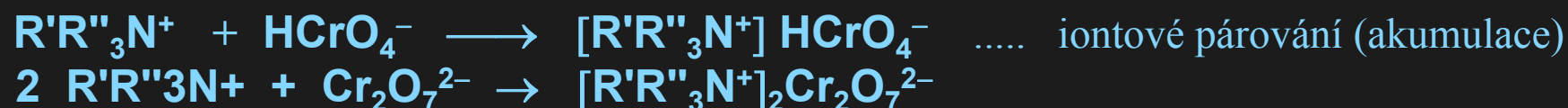
Švancara I., Vytrás K.: "Determination of Iodide in Potassium Iodide-Dosage Tablets Using Cathodic Stripping Voltammetry with a Carbon Paste Electrode". *Sci. Pap. Univ. Pardubice, Ser. A* **7** (2001) 5-15.

Švancara I., Ogorevc B., Novič M., Vytrás K.: "Simple and Rapid Determination of Iodide in Table Salt by Stripping Potentiometry with a Carbon Paste Electrode". *Anal. Bioanal. Chem.* **372** (2002) 795-800.

Příklad 4: Vývoj a ověření nové metody ke stanovení chromu ve formě chromanu na uhlíkové pastové elektrodě modifikované kationaktivními tenzidy

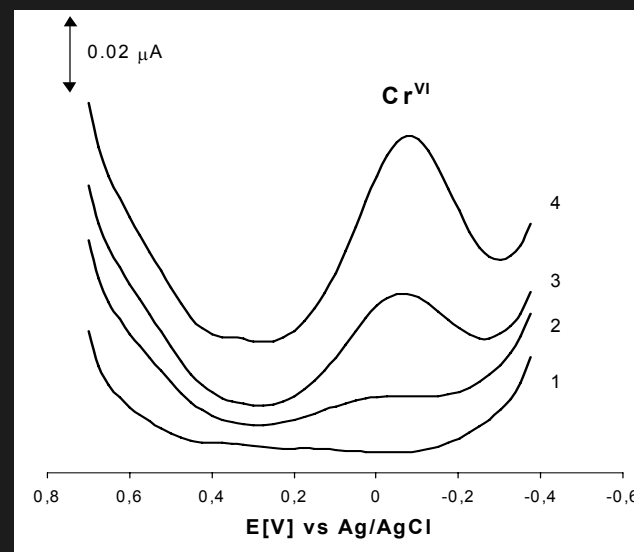
■ Principy:

- Vyvinutý postup využívá **rovnovážných přeměn** chromanů, schopnosti jejich kyselých forem tvořit **iontové páry** při zvoleném pH a klíčová je i **elektroaktivita** atomu Cr(VI):



- postup, zahrnující i převod $\text{Cr}^{\text{III}} \rightarrow \text{Cr}^{\text{VI}}$, testován na analýze černých čajů a CRM; srovnání s AAS

Obr.: Kalibrační voltamogramy redukce aniontu HCrO_4^- na CPE modifikované Septonexem. 1) 0,3 M HCl + NaCl, 2-4) 1, 5 a 10 μM Cr^{VI} ; DPCSV, $t_{\text{ACC}} = 120$ s. ➤



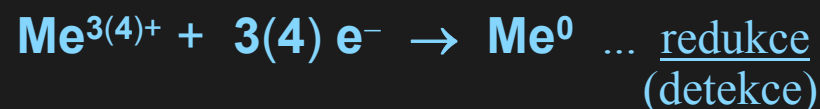
■ Literatura:

Švancara I., Foret K., Vytřas K.: "A Study on the Determination of Chromium as Chromate at a Carbon Paste Electrode Modified with Surfactants". *Talanta* **64** (2004) 844-852.

Příklad 5: Modifikace metody na principu tvorby iontových párů na CPE modifikované "in situ" kationickými tenzidy ke stanovení platinových kovů (i ve směsi)

■ Principy:

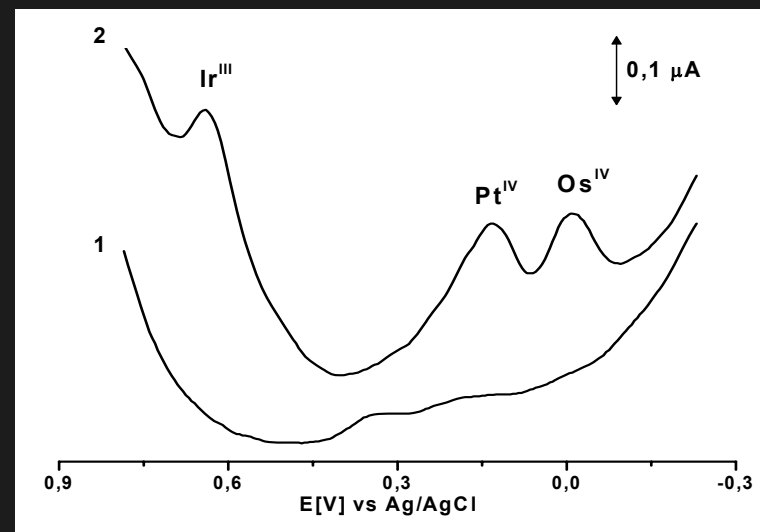
- Upravená metoda pro Pt^{IV}, Ir^{III} a Os^{IV} využívá **stability příslušných aniontů** a jejich ochoty vytvářet **iontové páry** v slabě kyselých roztocích a **elektroaktivity** atomů Me^N:



- Modelová analýza vzorku odpadní vody

Obr.: Simultánní stanovení těžkých platinových kovů na CPE modifikované in situ Septonexem

1) 0,1 M AcB + 0,15 M NaCl; 2) c(Os) = 50 nM, c(Pt) = 0,5 μM, c(Ir) = 3,5 μM. DPCSV; t_{ACC} = 30 s, E_{ACC} = +0,8 V, E_R = +0,7 → -0,3 V vs. ref.



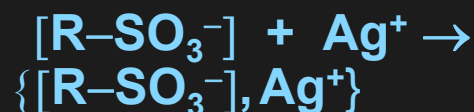
■ Literatura:

Galík M., Švancara I., Vytrás K.: "Determination of Platinum Metals at Carbon Paste Electrode Modified In Situ with Cationic Surfactants", v: *ESEAC-2006: 11th International Conference on Electroanalysis*, Book of Abstracts, str. "P2-074". Vydavatelství ESEC, Bordeaux (Francie), 2006.

Příklad 6: Stanovení stříbra na mimořádně nízké koncentrační úrovni na katodicky aktivované uhlíkové pastě *in situ* modifikované alkylsulfonanem

■ Principy a využití:

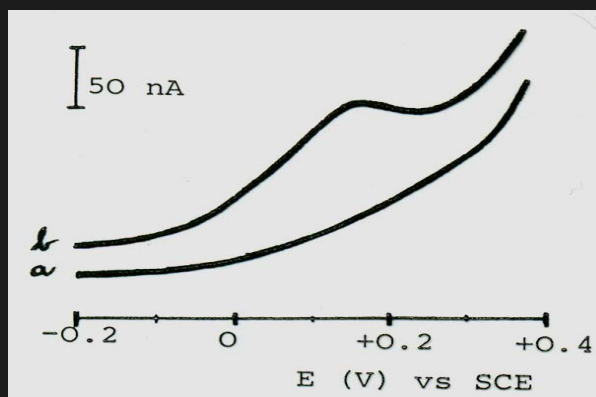
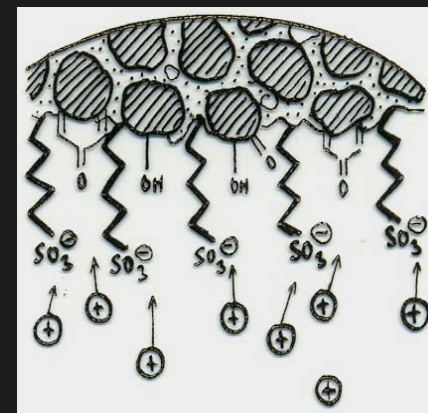
- Vývoj nové metody ASV na bázi **CPE s trikresylfosfátem**, jejíž pozadí bylo výrazně vylepšeno elektrochemickou aktivací a povrch pasty modifikován anexem (viz obr.) pro akumulaci:



s detekcí: $\text{Ag}^I \rightarrow \text{Ag}^0$

- Metoda vyzkoušena ke stanovení přirozeného množství Ag^+ v pitné vodě (cca 50 pg/l)

Obr.: C/TCP modifikovaná R-SO_3^- a její afinita k Me^+ (schéma) ➤



◀ Obr.: Odhad meze detekce.

a) z.e.*; b) $6,7 \times 10^{-13} \text{ M Ag}^+$

*) 0,02 M octanový pufr + $10^{-5} \text{ M C}_7\text{H}_{15}\text{-SO}_3\text{Na}$ + 0.001 M EDTA; $t_{\text{ACC}} = 120 \text{ min.}$

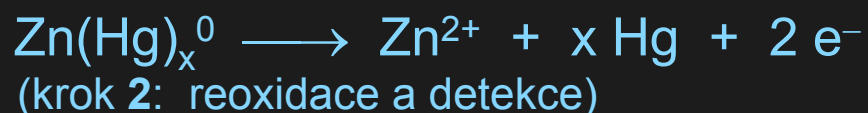
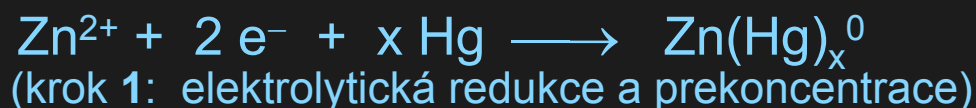
■ Literatura:

Švancara I., Kalcher K., Diewald W., Vytřas K.: "Voltammetric Determination of Silver at Ultratrace Levels Using a Carbon Paste Electrode with Improved Surface Characteristics". *Electroanalysis* 8 (1996) 336-342.

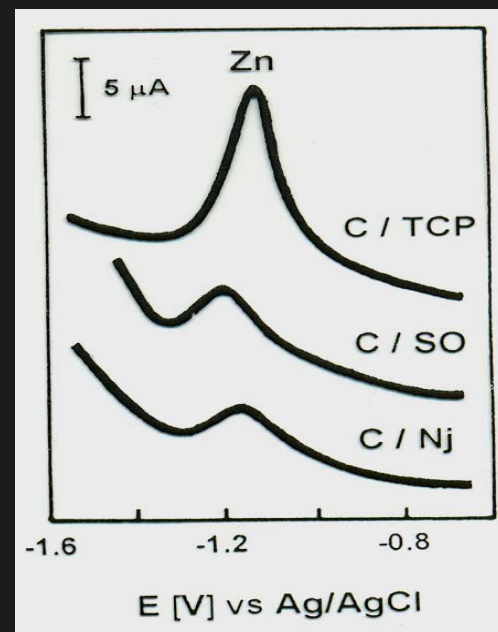
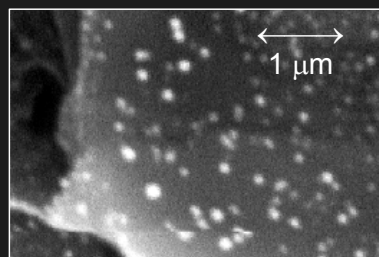
Příklad 7: Zavádění uhlíkových past pro přípravu rtuťových filmových elektrod v elektrochemické rozpouštěcí analýze ke stanovení Zn^{2+} a dalších iontů kovů

■ Principy a využití:

- Testování uhlíkových past jako substrátů pro nanášení rtuťových filmů **jako možné alternativy** dosud preferovaným typům MFE, používaných k stanovení těžkých kovů technikami ERA, např.:



- Díky vlivu polarizovatelnosti substrátu z uhlíkové pasty, typ **MF-C/TCP** mohl být použit i k prekoncentraci iontů Zn^{2+} a jejich stanovení v pitné vodě.



Obr.: Odezvy Zn^{2+} na třech různých CPE (viz nahoře) s rtuťovým filmem po in situ depozici (vlevo, foto SEM)

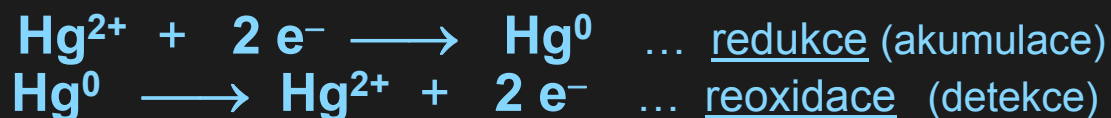
■ Literatura:

Švancara I., Pravda M., Hvízdalová M., Vytřas K., Kalcher K.: "Voltammetric Investigations on Carbon Paste Electrodes as Supports for Mercury Films". *Electroanalysis* 6 (1994) 663-671.

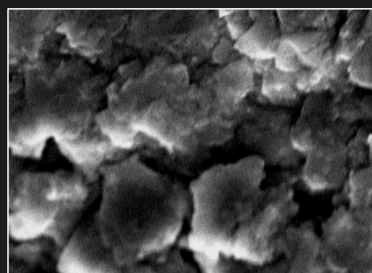
Příklad 8: Následné ověřování uhlíkových past pro přípravu zlatých filmových elektrod v rozpouštěcí analýze ke stanovení iontů Hg^{2+}

■ Principy a využití:

- Podobně jako u elektrod typu MF-CPE, také příbuzné **AuF-CPE** se osvědčily jako plnohodnotné náhražky zlatých elektrod používaných např. ke stanovení Hg^{II} :

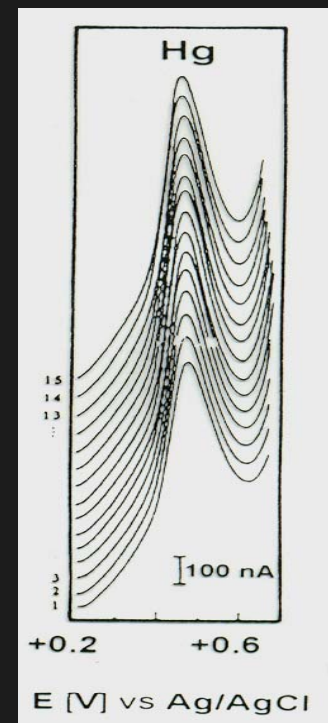


- Nespornou výhodou AuF-CPE je **snadná regenerace** substrátu z uhlíkové pasty. Stanovení Hg v kontaminované říční vodě.
- Konfigurace AuF-CPE umožní stanovit **až 0,5 ppb Hg^{II}** .



10 μm

SEM, zvětšení: 1000x



Obr.: Reprodukovatelnost odezvy Hg^{2+} na AuF-CPE (nahore) se zlatým filmem *in-situ* (snímek vlevo).

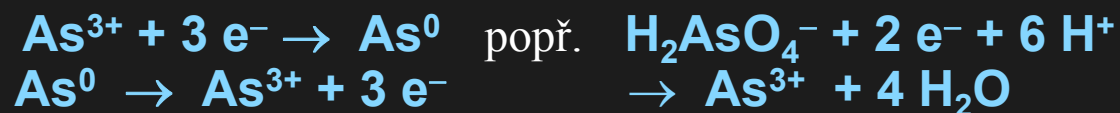
■ Literatura:

Švancara I., Matoušek M., Sikora E., Schachl K., Kalcher K., Vytřas K.: "Carbon Paste Electrodes Plated with a Gold Film for the Voltammetric Determination of Mercury(II)". *Electroanalysis* **9** (1997) 827-833.

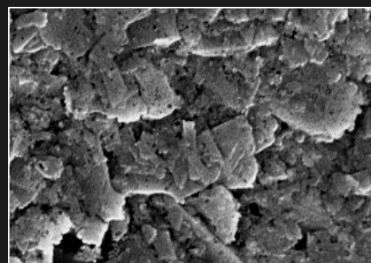
Příklad 9a: Vývoj metody ke stanovení arsenu ve formě As(III) anodickou rozpouštěcí voltametrií se zlatým filmem na nosné elektrodě z uhlíkové pasty

■ Principy:

- Byla vyvinuta vůbec první metoda ke **stanovení As^{III}** s využitím CPE, v tomto případě **AuF-C/SO** v ASV režimu a v prostředí 1 M HClO₄ + 0,1 M HCl:

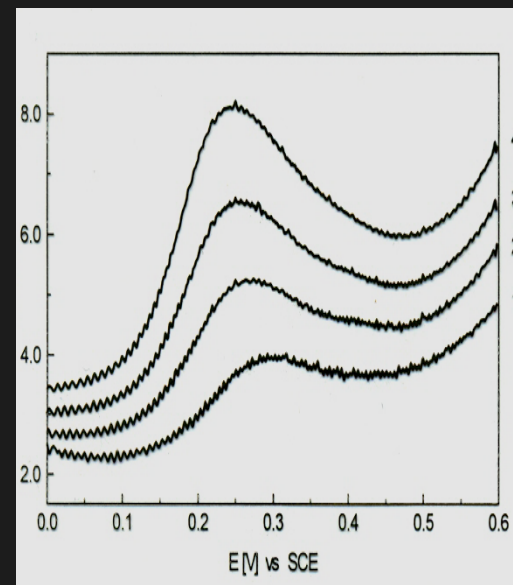


- Metodu lze použít ke **stanovení** chemicky redukováného **As(V)** (viz schéma) a takto provést i diferenciaci forem **As^{III} + As^V**
- Původní varianta testována jen na modelových roztocích.



10 μm

SEM, zvětšení: 1000x



Obr.: Voltamogramy ze stanovení As^{III} na úrovni μg.l⁻¹ (ppb) v modelovém roztoku na **AuF-C / SO** (nahore) se zlatým filmem *ex-situ* (snímek vlevo).

■ Literatura:

Chadim P., Švancara I., Pihlar B., Vytřas K.: "Gold-Plated Carbon Paste Electrodes for the Determination of Arsenic Using Anodic Stripping Voltammetry". *Coll. Czech. Chem. Commun.* **65** (2000) 1035-1046.

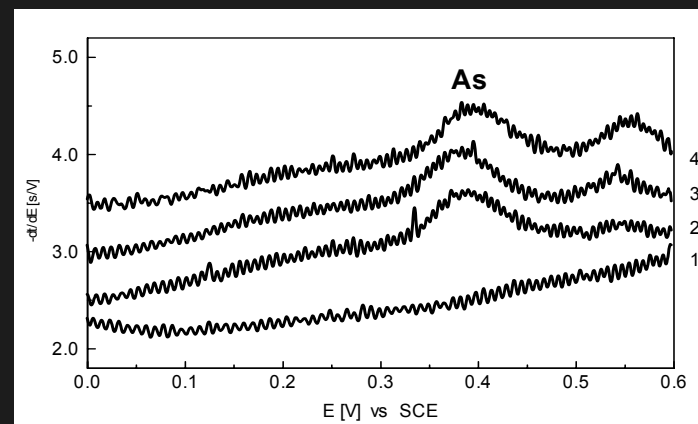
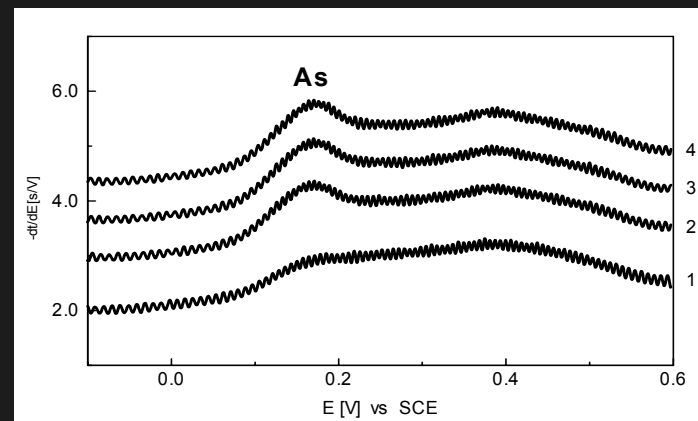
Příklad 9b: Adaptace metody pro stanovení arsenu v podobě As(III) či chemicky redukováného As(V) v režimu rozpouštěcí analýzy s konstantním proudem

■ Principy:

- Voltametrická verze byla **upravena pro CCSA**, čímž se podařilo **vylepšit** některé výkonové a analytické parametry původního postupu jako např. **mez detekce** (viz obr. vpravo)
- Adaptovaná varianta, zahrnující i opatření pro stabilizaci roztoků As^{III}, byla potom testována, zda je **možná speciace arsenu** ve vzorku vody z lokality, stížené průmyslovým znečištěním.

Obr.: Voltamogramy pro vyhodnocení meze detekce při stanovení arsenu v obou formách: (i) As^{III} (nahore) a (ii) As^V (dole) po chemické redukci (přídavkem pevného cysteinu) ➤➤

Legenda: 1) základní linie; 2-4) c(As^{III}) = 5 ppb, c(As^V) = 2 ppb.



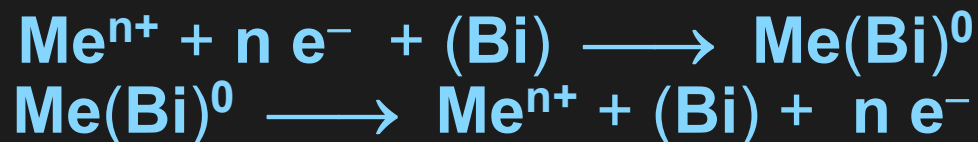
■ Literatura:

Švancara I., Vytřas K., Bobrowski A., Kalcher K.: "Determination of Arsenic at a Gold-Plated Carbon Paste Electrode Using Constant Current Stripping Analysis". *Talanta* **56** (2002) 45-55.

Příklad 10: Substráty z uhlíkové pasty v „zelené chemii“ aneb vývoj, ověřování a užití bismutem modifikovaných elektrod a senzorů šetrných k životnímu prostředí

■ Principy a koncepce:

- **Bismutové elektrody** ... v posledních letech jeden z dynamických směrů moderní elektroanalýzy; **perspektivní náhrada** DME, HMDE a MFE v elektrochemické rozpouštěcí analýze:



- V případě substrátů z uhlíkové pasty tři typy:
 1. **BiF-CPE** ... uhlíková pasta s povlakem bismutu
 2. **Bi₂O₃-CPE** ... pasta s přimíšeným oxidem Bi₂O₃
 3. **Bi-CPE** ... pasta s dispergovaným kovovým Bi⁰

■ Literatura:

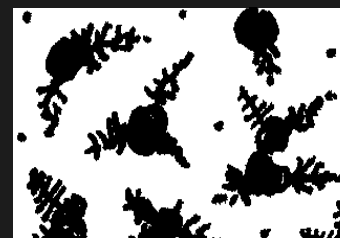
Švancara I., Vytrás K.: "Elektroanalýza s bismutovými elektrodami" (referát s 100 citacemi). *Chem. Listy* **100** (2006) 90-113.



Tvorba
malých
krystalů



Přeměna
na větší
agregáty



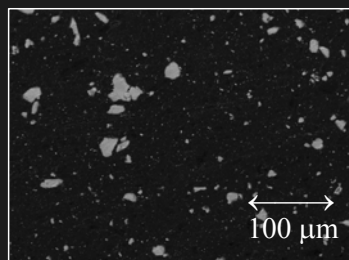
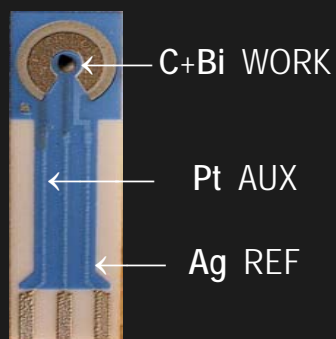
Začínající
vytváření
struktury
krystalů

Obr.: *Strukturální a morfologické změny povlaků bismutu v závislosti na intenzitě depozice (fáze I-III)*

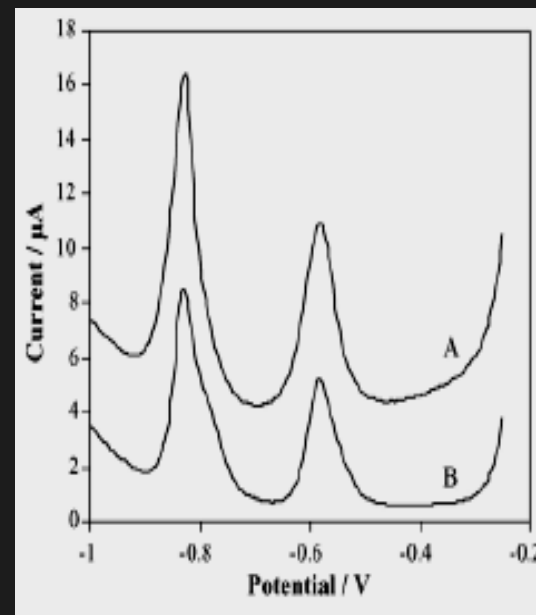
Příklad 11 a: Vývoj a ověřování elektrod a senzorů „Bi-CPE“ jako nejnovějšího druhu bismutem modifikované uhlíkové pasty

■ Principy a koncepce:

- Uhlíková pasta s dispergovaným práškovitým bismutem (15-30 % hm.) ... hybridní substrát s vlastnostmi bismutových povlaků i kompaktního kovového bismutu
- Možnost adaptace ve formě Bi-SPE, vč. varianty integrované 3-elektrodové cely (viz obr. vlevo)



Obr.:
*Povrch Bi-CPE
(OM, zv.: 100 x)*



Obr.: Odezvy $\text{Cd}^{2+} + \text{Pb}^{2+}$ na elektrodě typu **Bi-CPE** (nahore, A) a **BiF-CPE** (B) s povlakem bismutu vyloučeným *in situ*

Obr.: Integrovaná cela s **prac. eldou** typu „**Bi-SPE**“

■ Literatura:

Švancara I., Vytrás K.: "Elektroanalýza s bismutovými elektrodami" (referát se 100 citacemi). *Chem. Listy* **100** (2006) 90-113.

Příklad 11b: Bismutem modifikované uhlíkové pasty a jejich možnosti při stanovení iontů méně běžných kovů

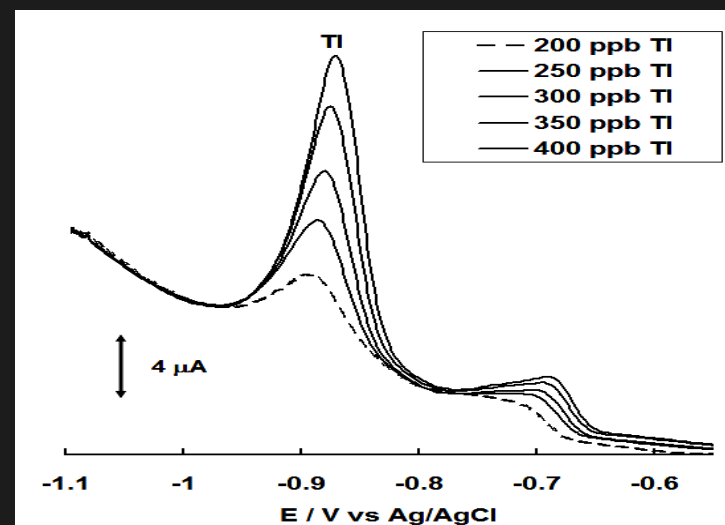
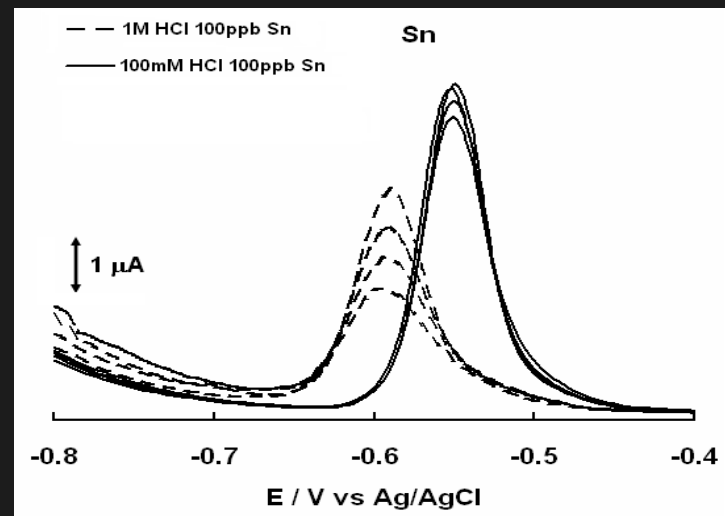
■ Principy a koncepce:

- **Stanovení cínu ve formě Sn^{II}** ... Nutnost použití silně kyselých roztoků a stabilizace Sn^2 před oxidací a spontánní hydrolyzou na soli SnO^{2+} (viz obr. nahoře)
- **Detekce Tl^{I} jako atypická dvojice signálů**
Na elektrodě Bi-CPE a v prostředí AmB asi přísluší redukci $\text{Tl}^{\text{I}} \rightarrow \text{Tl}^0$ na kovovém Bi v podobě monovrstvy s následnou depozicí v další vrstvě (interakce „s-s“; viz obr. dole)

Obr.: Odezvy **Sn** (nahore) a **Tl** (dole) na elektrodě typu BiF-CPE s povlakem bismutu po vyloučení 'in situ'. Exp. podmínky: 1 M HCl (n), 0,2 M AmB (d).

■ Literatura:

Ivan Švancara a kol.: v: *Monitorování cizorodých látek v životním prostředí - VII*, str. 139-148, Pardubice, 2005.
Ivan Švancara a kol.: *Sci. Pap. Univ. Pardubice, Ser. A 11* (2005) 343-361.

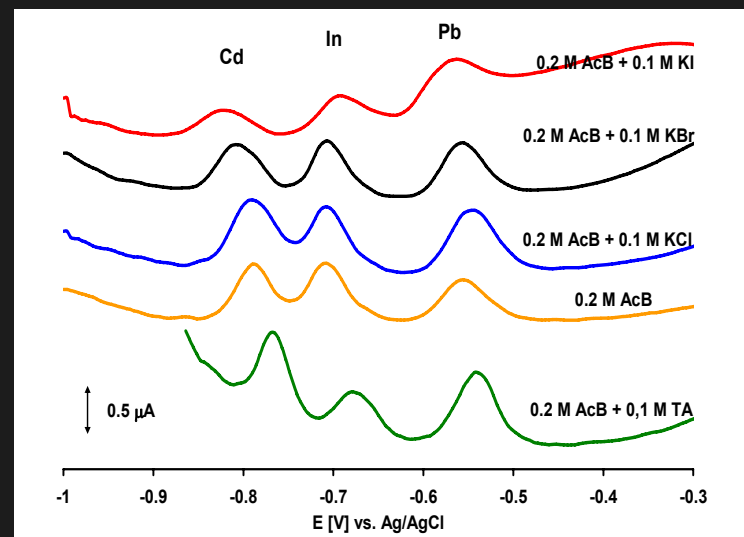


Příklad 11c: Bismutem modifikované uhlíkové pasty a jejich možnosti při stanovení iontů méně běžných kovů

■ Principy a koncepce:

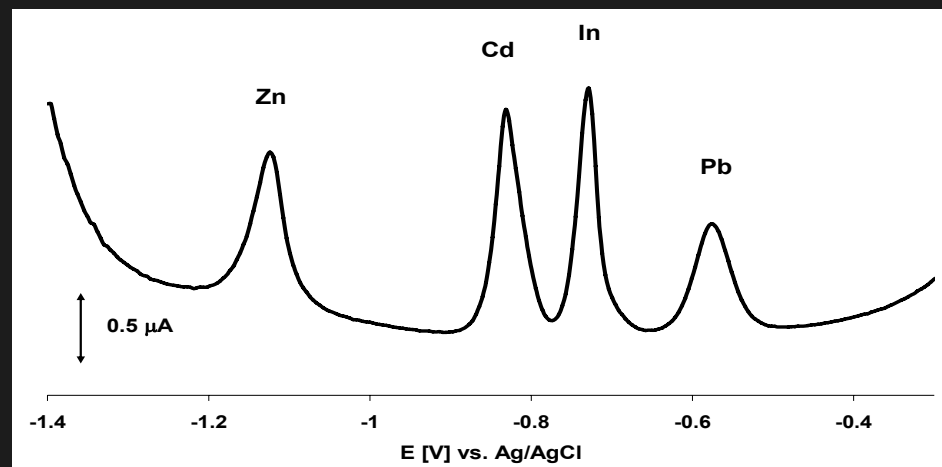
- Stanovení india vedle dalších kovů ...využití funkce směsných elektrolytů s bromidem, Br^- , kde lze docílit potřebného rozlišení signálu In od píků Cd a Pb (obr. **nahoře**), popř. provést v jednom kroku simultánní analýzu směsi In^{3+} s ionty $\text{Zn}^{2+} + \text{Cd}^{2+} + \text{Pb}^{2+}$ (viz obr. **dole**)

Obr.: Odezvy $\text{In}^{3+} + \text{Cd}^{2+} + \text{Pb}^{2+}$ na elektrodě typu BiF-CPE s povlakem bismutu po vyloučení 'in situ'
Exp. podmínky: SWASV, C/SO substrát, dále viz obr.



■ Literatura:

Ivan Švancara a kol.: "Role of Supporting Electrolyte in Anodic Stripping Voltametric Determination of Indium in the Presence of Cd(II) and Pb(II) Using Bismuth Film Electrodes", v: *Sensing in Electroanalysis* (K. Vytřas, K. Kalcher, eds.), str. 75-87, University of Pardubice, Pardubice, 2005.



Příklad 11d: Nejnovější výzkumy v oblasti vývoje a testování nertuťových elektrod a senzorů: Uhlíková pasta s povlakem antimonu [„SbFE“]

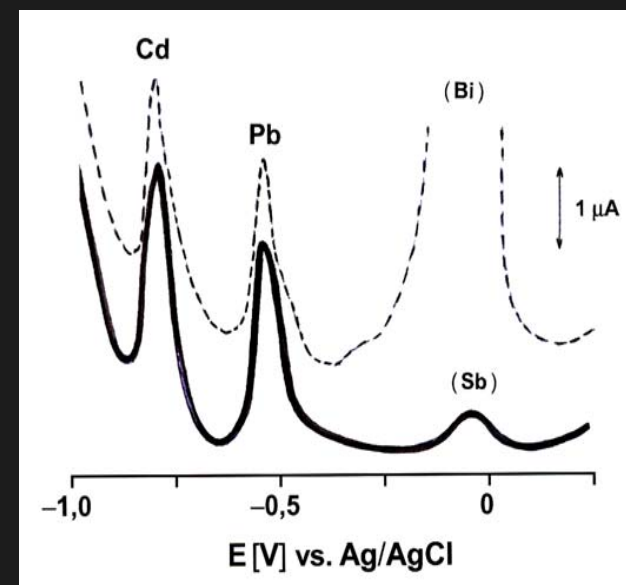
■ Principy a koncepce:

- **Elektroda typu SbF-CPE** ... Analogie BiF-CPE s výbornými vlastnostmi pro měření v kyselejších roztocích ($\text{pH} < 3$), kde má lepší elektroanalytické parametry než BiFE a MFE
- Perspektiva využití pro analýzu vzorků vod, stabilizovaných okyselením HNO_3 resp. HCl na **pH 2** (stanovení stopových koncentrací iontů těžkých kovů, např. Zn^{2+} , Pb^{2+} a Cd^{2+})

■ Literatura:

Ivan Švancara, v: Jiří Barek a kol.: *Možnosti inovací v elektroanalytické chemii*, str. 59-68. Skripta PACI, VŠCHT Praha, 2006.

Samo B. Hočevar, Ivan Švancara a kol.: *Anal. Chem.*, zasláno k uveřejnění, 2007.



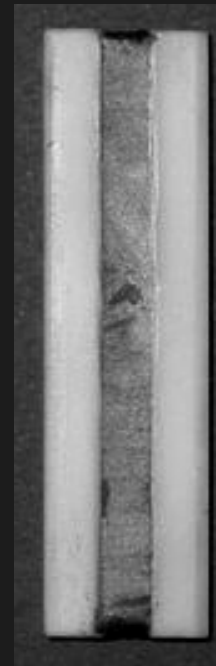
Obr.: Analýza modelové směsi $\text{Cd}^{2+} + \text{Pb}^{2+}$ na dvou různých nertuťových elektrodách

SbFE: ———; **BiFE:** -----
SWASV; 0,01 M HCl (pH 2); *in situ*;
 $c(\text{Sb}, \text{Bi}) = 1 \text{ ppm}$, $c(\text{Cd}, \text{Pb}) = 50 \text{ ppb}$.

Příklad 12a: Uhlíková pasta jako substrát pro testování optimálního složení uhlíkových inkoustů u tištěných elektrod a integrovaných senzorů

■ Principy a koncepce:

- Příslušná metoda popř. postup jsou optimalizovány s pomocí měření s CPE a dle výsledků je navrženo konečné složení uhlíkového inkoustu pro SPE
- Optimalizaci lze pak provádět s konstrukčně obdobnými elk. a senzory – viz obr. vpravo
- K dispozici je velké množství postupů a metod, vyvinutých pro CPE a CMPE, které jsou adaptovatelné i pro SPE...



GrE
s uhlíkovou
pastou

vs.



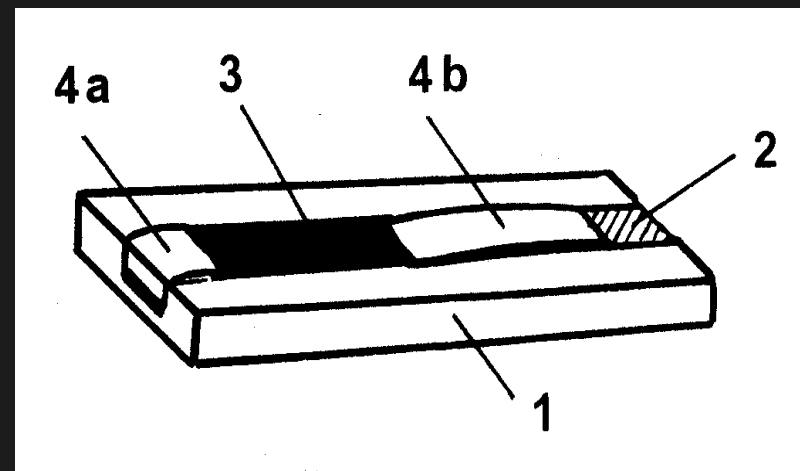
SPE
s uhlíkovým
inkoustem

Příklad 12b: Uhlíková pasta jako substrát pro testování optimálního složení uhlíkových inkoustů u tištěných elektrod a integrovaných senzorů

■ Principy a koncepce:

- Žlábková (korýtková) elektroda (**GrE**, z angl. „*Groove electrode*“) a aplikace v elektroanalytických měřeních

- testováno za hydrodynamických podmínek v uspořádání biosenzor (viz také **13**) a provedeno rovněž jako přímé srovnání s konstrukčně obdobnými senzory typu SPE
- Senzor typu GrE se také osvědčil v režimu FIA, a to vč. extrémních průtoků $r_F > 2 \text{ ml min}^{-1}$



Obr.: Nový typ senzoru na bázi plastového rovinného těla s náplní uhlíkové pasty jako schéma kompletní sestavy.

Legenda: 1) hranolek z PTFE: 40×10×2 mm s podélným žlábkem: 40×3×1 mm, 2) mosazný kontakt, 3) uhlíková pasta (náplň), 4a,b) dvě plastové vložky, jež vymezují aktivní plochu u samotného čidla.

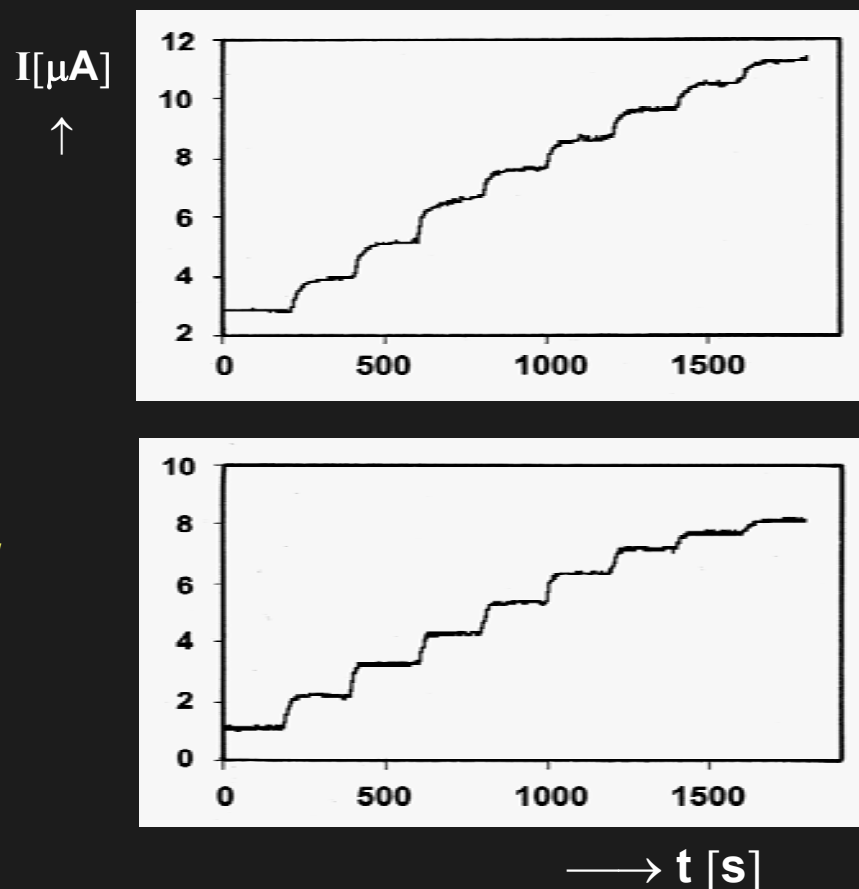
Příklad 13: (Bio)senzory na peroxid vodíku a glukózu z uhlíkové pasty a uhlíkového inkoustu s MnO_2 v roli mediátoru

■ Principy a využití:

- Vývoj (bio)senzorů s mediátorem MnO_2 , levnou a netoxickou alternativou dosud používaným látkám
- Perspektiva v klinické praxi.

Obr.: Hydrodynamické amperogramy HA po detekci glukózy na GrE (nahore) a SPE (dole) modifikované 5 % MnO_2 a glukóza-oxidázou (v membráně z Nafionu)

Režim: EC-FIA, $c(\text{Glu}) = 0,003 \text{ mol.l}^{-1}$.



■ Literatura:

Beyene N.W., Kotzian P., Schachl K., Alemu H., Turkusić E., Čopra A., Moderegger H., Švancara I., Vytřas K., Kalcher K.: "(Bio)sensors Based on MnO_2 -Modified Carbon Substrates: Retrospections, Further Improvements and Applications". *Talanta* **64** (2004) 1151-1159.

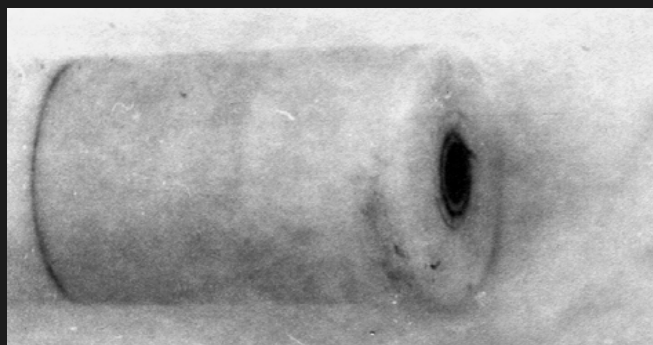
Švancara I., Kotzian P., Bartoš M., Vytřas K.: "Groove Electrodes: New Alternative of Using Carbon Paste in Electroanalysis". *Electrochem. Commun.* **7** (2005) 657-662.

Současný stav oboru a shrnutí:

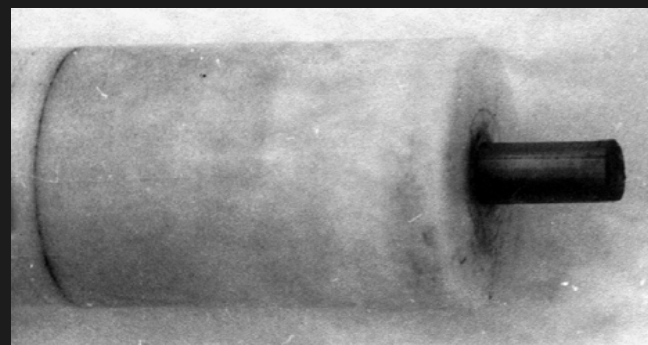
- Za téměř padesát let existence si **elektrody z uhlíkové pasty** ve všech podobách a konfiguracích **vydobyly pevnou pozici** v moderní elektrochemii a elektroanalýze
- Svědčí o tom **pokračující dynamika prezentace** nových studií či aplikačních prací, společně s neustávajícím přílivem dalších sdělení, jak **od zavedených týmů**, tak **i nových skupin** z celého světa, zejména ze zemí třetího světa
- V současnosti se aktivity zaměřují rovným dílem na (i) **vývoj nových typů elektrod a senzorů** na bázi uhlíkové pasty, popř. příbuzných senzorů, a (ii) **zavádění dosud nevyzkoušených postupů a metod** k identifikaci a stanovení látek všeho druhu.
- To vše s využitím jak již známých materiálů, tak i na základě poznatků nových technologií, pokroků v instrumentaci a stále intenzivnější interdisciplinární spolupráce.

Perspektivy a výhledy do budoucna:

- Lze očekávat, že v nejbližším období si **elektrody z uhlíkové pasty** svou **pozici udrží**. Už jen proto, že v současném období ekonomického diktátu nabízejí velmi levnou alternativu jiným přístupům, ať již elektrochemických, nebo i z dalších oblastí.
- V rámci těchto aktivit bude zajisté pokračovat směřování na (i) **další vývoj senzorů a integrovaných cel** a (ii) **navrhování nových postupů a metod** kvalitativní a kvantitativní analýzy



$t \rightarrow 0^{*})$
→



*) Jeden z rozhodujících důvodů, proč si uhlíkové pasty stále zachovávají svou oblibu a zároveň zřejmě jediný teoretický vztah, který byl za půlstoletí elektrochemie s CPE a CMCPE plně experimentálně potvrzen ...

Poděkování:

Na experimentálním materiálu prezentovaném v tomto příspěvku se svou prací, připomínkami, nápady či alespoň dobře míněnou radou, podíleli :

ALEMU Hailemichael (ETH), BALDRIANOVÁ Lucie (CZ), BAREK Jiří (CZ), BARTOŠ Martin (CZ), BEYENNE N. W. (RSA), BOBROWSKI Andrzej (PL), BRÁZDILOVÁ Petra (CZ), CAI Xiao-Hua (CHN), ČERMÁKOVÁ Iva (CZ), DIEWALD Wolfgang (AUT), ECONOMOU Anastasios (GRE), ELMORSY Khaled (EGY), EISUCCARY Saber A. A. (EGY), FAIROUZ Mahdi (KUW), FOJTA Miroslav (CZ), FORET Petr (CZ), GALÍK Michal (CZ), GÖSSLER Walter (AUT), HASSAN H.N.A. (EGY), HASSOUNA M.E.M. (EGY), HOČEVAR Samo B. (SLO), HUA Chi (CHN), HVÍZDALOVÁ Marie (CZ), HRUŠ Ladislav (CZ), CHADIM Petr (CZ), CHOLOTA Michal (POL), ISMAIL Khaled (KUW), JANSOVÁ Gabriela (CZ), JEŽKOVÁ Jitka (CZ), KALCHER Kurt (AUT), KAUFFMANN Jean – Marie (BEL), KOMERSOVÁ Alena (CZ), KONVALINA Jiří (CZ), KOPANICA Miloslav (CZ), KOTOUČEK Milan (CZ), KOTZIAN Petr (CZ), KRÓLICKA Agnieszka (PL), KÖLBL Gottfried (AUT), KUWANA Theodore (USA), LABUDA Ján (SVK), OGOREVC Božidar (SLO), MATOUŠEK Milan (CZ), METELKA Radovan (CZ), MOCÁK Ján (SVK), MODEREGGER Helmut (AUT), NEUHOLD Christian (AUT), NORKUS Eugenijus (LTU), OPEKAR František (CZ), OSTAPCZUK Peter (SRN), PAULIUKAITĖ Rasa (LTU), PAZDERA Radim (CZ), PĚCHOVÁ Dana (CZ), PIHLAR Boris (SLO), PRAVDA Miloslav (CZ), RENGIER František (CZ), REINBERK Milan (CZ), ŘÍHA Václav (CZ), ŘÍHA Václav, Jr. (CZ), METELKA Radovan (CZ), NOVIĆ Milko (SLO), NOVOTNÝ Radoslav (CZ), SEIDLOVÁ Jana (CZ), SCHACHL Klemens (AUT), SIKORA Eugen (CZ), SMYTH Malcolm Ronald (IRL), SOTIROPOULOS Sotiris (GR), SREY Malis (CM), STIBŮRKOVÁ Markéta (CZ), STOČES Matěj (CZ), ŠRÁMKOVÁ Jitka (CZ), ŠTULÍK Karel (CZ), ŠUŠKA Miroslav (CZ), TESAŘOVÁ Eva (CZ), TURKUSIĆ Emir (BiH), VLČEK Milan (CZ), VYTRÁS Karel (CZ), WANG Joseph (USA), ZIMA Jiří (CZ), ŽÁČEK Josef (CZ).

Poděkování:

Podklady, experimentální a informační materiály použitých v tomto příspěvku vycházely v letech **1985-2005** finanční podpory rodičů, Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky, fondu rozvoje Univerzity Pardubice, mezinárodních programů "**TEMPUS** (IMG-CZS-0014-90), **ÖAD** (81.366/1-II/14/77), **DAAD** (323-A/94/13409), **KONTAKT** (P1-0509-0104/99), **CEEPUS** (PL 110-00/01) a **SOCRATES / ERASMUS**", Grantové agentury České republiky (projekty č. **203/98/P086**, **203/01/1609** a **VZ-253100002**).

V posledním období šlo o finanční podporu Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky (projekt **MSM0021627502**) a Grantové agentury ČR (projekty č. **203/04/0136** a **203/05/2106**).



I v á-á-á-á-n ku, už žádné uhlíkové pasty...