MĚŘENÍ KRITICKÝCH MICELÁRNÍCH KONCENTRACÍ TENZIDŮ VE VODNÝCH ROZTOCÍCH

MARTINA MÜLLEROVÁ[a], MAREK ŠVÁB[a] a MANUELA MOREIRA DOS SANTOS[b]

[a] *Ústav chemie ochrany prostředí, Fakulta technologie ochrany prostředí, Vysoká škola chemicko-technologická, Technická 5, 166 28 Praha 6,* [b] *Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Rua D. Manuel II, 4050-345 Porto, Portugal*
martina.mullerova@vscht.cz

Došlo 10.5.06, přepracováno 20.6.06, přijato 10.11.06.

Klíčová slova: tenzidy, micely, stanovení kritické micelární koncentrace

Úvod

Roztoky povrchově aktivních látek (tenzidů) je možné použít k dekontaminaci zemin, sedimentů a kalů kontaminovaných perzistentními organickými polutanty (POP, cit.[1,2]). Takové znečistěné materiály představují závažný ekologický problém zejména proto, že spektrum použitelných dekontaminačních technologií je z důvodu stability a obtížné rozložitelnosti POP velmi omezené. Zajímavou alternativou pro takové materiály mohou být technologie založené na vyluhování kontaminantů vhodným vodným roztokem (většinou nazývané promývání nebo praní). Značné omezení pro technologie praní nebo promývání kontaminovaných zemin představuje nízká rozpustnost POP ve vodě. Tenzidy v roztoku ovšem umožňují jejich solubilizaci (neboli tzv.„pseudorozpouštění“) a tím převedení kontaminantu z kontaminovaného tuhého média do roztoku[3].

Přestože je využití tenzidů v dekontaminačních technologiích v podmínkách České republiky poměrně novou oblastí, některá poloprovozní ověření aplikace tenzidů již úspěšně proběhla[1,2]. Ve všech aplikacích se využívá vlastnosti molekul tenzidu shlukovat se a tvořit tak struktury zvané micely[4]. Tvorbu micel umožňuje struktura molekuly tenzidu s jedním koncem molekuly nepolárním a druhým polárním. Ve vodném prostředí se v micelách tenzidy orientují nepolárním řetězcem dovnitř micely a polární skupinou ven[5]. Uvnitř micely tak vzniká nepolární prostředí, kde mohou být obsaženy nepolární látky (např. zmíněné kontaminanty). Tímto způsobem je tedy možné nepolární kontaminanty ze zeminy převádět do vodného roztoku[6]. Micelární solubilizací se mohou odstraňovat i kovy, např. Cd, Cu, Zn, Co nebo Ni. Zároveň s roztokem tenzidu je však nutné přidat i nepolární ligand. Vzniklý komplex je již nepolární a může se tedy solubilizovat uvnitř micely[7]. Existence micel je v odborné literatuře označována jako zcela klíčová podmínka pro podstatnější solubilizaci nepolárních látek v roztoku tenzidu. Micely však nejsou v roztoku tenzidu přítomné v celém koncentračním rozmezí. Při nízkých koncentracích tenzidu se molekuly vyskytují výhradně jednotlivě (tzv. monomery, i když tento výraz není úplně přesný). Teprve po dosažení určité koncentrace se molekuly začínají agregovat do micel. Tato koncentrace se označuje jako kritická micelární koncentrace (KMK)[4,5]. V rozporu s označením se však jedná spíše o koncentrační rozmezí než o konkrétní hodnotu, ačkoli v odborné literatuře zabývající se využitím tenzidů k dekontaminacím se vždy operuje s konkrétní číselnou hodnotou.

V oblasti KMK dochází vlivem vzniku micel ke skokovým změnám celé řady vlastností tenzidového roztoku, např. povrchového napětí, osmotického tlaku, vodivosti, magnetické rezonance nebo solubilizace. Těchto změn využívají jednotlivé metody pro měření KMK. Tyto metody obecně vycházejí ze sledování závislosti některé z těchto veličin na koncentraci tenzidu a z indikace změn[4]. Hodnota KMK obvykle odpovídá průsečíku 2 přímek získaných proložením koncentračních závislostí měřené veličiny nad a pod KMK. Kromě běžných metod, jako je měření vodivosti[8], povrchového napětí[4,9] nebo solubilizace přidaného barviva[4,10], je možné použít i méně obvyklé metody, např. kapilární elektroforézu[8,11], infračervenou spektrometrii[12], potenciometrii[13], NMR nebo fluorescenční spektroskopii[14].

Problémem při měření KMK je obtížné porovnání naměřených hodnot s literaturou. V literatuře jsou dostupné hodnoty téměř výhradně pro čisté tenzidy, pro komerční směsi tenzidů, které se z praktických důvodů pro výzkum promývání kontaminovaných zemin obvykle používají, jsou hodnoty KMK pro porovnání výsledků velmi obtížně dosažitelné.

Existuje několik typů tenzidů. Pro promývání kontaminovaných zemin se však používají prakticky pouze tenzidy neiontové (NT) a aniontové (AT). Ostatní druhy se ve značné míře sorbují na částice zeminy a tím dochází k významnému snížení koncentrace tenzidu v promývacím roztoku[15]. Sorpce AT i NT na částice zeminy je méně významná.

Jak vyplývá z výše uvedených skutečností, znalost hodnoty KMK je klíčovým předpokladem pro výzkum promývání roztokem tenzidu. Proces solubilizace nepolárního kontaminantu je podmíněn přítomností micel v roztoku tenzidu, tedy překročením KMK. Vznik micel ovlivňuje kromě samotné efektivity solubilizace nepolárních látek i další procesy, např. sorpci tenzidu na zeminu[16] nebo rozpouštění tenzidu ve fázi kontaminantu[17]. Proto je znalost KMK použitého tenzidu zcela zásadní.

Cílem této práce je porovnat jednotlivé metody stanovení KMK. Vzhledem k tomu, že práce je součástí širšího výzkumu zabývajícího se promýváním kontaminovaných zemin roztokem tenzidu, jsou v rámci této práce zkoumány pouze NT a AT. V této práci byly použity 3 tenzidy neiontové a 2 aniontové.

Experimentální část

V rámci práce byly porovnávány čtyři metody stanovení KMK tenzidů: metoda měření vodivosti[8], povrchového napětí[4] a absorpce UV záření[18] a dále metoda solubilizace jódu[10]. Jako AT byly použity tenzidy Spolapon AOS 146 od firmy Enaspol (s obsahem aktivních složek 35,3 %) a dodecylsulfát sodný (SDS) od firmy Sigma-Aldrich o čistotě 90,5 % , resp. > 98,5 % (SDS o této vyšší čistotě byl použit jen pro srovnání výsledků při konduktometrickém stanovení KMK). Zástupcem NT byly Triton DF-16, Triton CF-21 a Brij 97, všechny od firmy Sigma-Aldrich. S výjimkou SDS se jedná o technické směsi. Pro SDS a Brij 97 existují údaje o hodnotě KMK v literatuře, pro KMK Tritonu DF-16 a Tritonu CF-21 jsou dostupné informace od výrobce. Pro Spolapon AOS 146 údaje o KMK nejsou k dispozici. V tab. I je uvedeno složení použitých tenzidů a jejich KMK nalezené v literatuře.

Měření vodivosti

Stanovit hodnotu KMK pomocí měření vodivosti lze pouze u iontových tenzidů. V rámci této práce tedy byly touto metodou měřeny pouze oba tenzidy aniontové. Metoda využívá sledování změny vodivosti roztoku v závislosti na koncentraci tenzidu[8]. Do kádinky s 50 ml destilované vody byl za míchání postupně přidáván z byrety roztok aniontového tenzidu. Vodivost v kádince byla měřena konduktometrem GMH 3410 od firmy Greisinger Electronic, Regenstauf, Německo.

Měření povrchového napětí

Metoda stanovení KMK sledováním povrchového napětí tenzidového roztoku v závislosti na jeho koncentraci je použitelná obecně pro jakýkoliv druh tenzidu. Povrchové napětí bylo měřeno skleněným stalagmometrem. Pro každou koncentraci daného tenzidu byla sledována hmotnost deseti kapek, výsledná hmotnost byla určena jako aritmetický průměr 10 měření. Toto měření bylo provedeno i pro destilovanou vodu. Hmotnost kapky pak byla přepočtena na povrchové napětí γ pomocí rovnice (*1*).

$$\gamma = \gamma_{voda} \times y/x \qquad (1)$$

kde γ_{voda} je hodnota povrchového napětí destilované vody při teplotě měření, y hmotnost kapky roztoku tenzidu a x hmotnost kapky destilované vody. KMK byla určena ze závislosti povrchového napětí na koncentraci tenzidu.

Tabulka I
Složení a KMK použitých tenzidů

Tenzid	Složení	KMK [mg l^{-1}]
SDS	dodecylsulfát sodný	2330 [a]
Spolapon AOS 146	směs lineárních alkensulfonátů a hydroxyalkansulfonátů sodných (C_{12}–C_{16})	–
Triton DF-16	polyethoxylovaný lineární alkohol	530 [b]
Triton CF-21	polyethoxylovaný rozvětvený oktylfenyl alkohol	130 [b]
Brij 97	polyethoxylovaný (10) oleylalkohol	667 [c]

[b] Hodnoty KMK poskytnuté výrobcem (Sigma-Aldrich), [a,c] hodnoty KMK uvedené v literatuře[10,19]

Spektrofotometrické stanovení

Absorbance tenzidového roztoku byla měřena ve spektrofotometru Jasco V 530, Great Dunmow, Velká Británie. Vzhledem k tomu, že je nutné pracovat v oblasti UV záření, byly použity kyvety z křemenného skla o délce 2 cm. Z důvodu potřeby proměřit relativně velký počet roztoků s přihlédnutím ke zdlouhavé přípravě roztoků tenzidů v odměrných baňkách byly roztoky připravovány přímo v kyvetě ředěním zásobního roztoku tenzidu. Směšované objemy byly zjišťovány vážením kyvety na analytických vahách vždy před a po přídavku roztoku, resp. destilované vody. Koncentrace tenzidu v kyvetě byla poté vždy vypočtena. Roztok v kyvetě byl před měřením promíchán ponořením na asi 15 s do ultrazvukové lázně. Pro každou koncentraci bylo naměřeno spektrum v oblasti od 190 nm do 400 nm (proti destilované vodě).

Solubilizační metoda

Poslední ověřovaná metoda využívá solubilizace přidaného barviva, v tomto případě jódu. Do 10ml odměrné baňky byl postupně automatickou pipetou přidán roztok tenzidu (různý objem) a 2,5 ml nasyceného roztoku jódu. Baňka byla poté doplněna po rysku destilovanou vodou. Pro každou koncentraci tenzidu byla proměřena absorbance pro spektrum vlnových délek od 200 do 550 nm. Absorbance byla měřena proti destilované vodě v křemenných kyvetách o délce 2 cm ve spektrofotometru Jasco V 530, Great Dunmow, Velká Británie.

V tab. II je uvedeno, které metody měření KMK byly použity pro jednotlivé tenzidy.

Tenzid SDS o čistotě > 98,5 % není v tabulce uveden, protože měření bylo provedeno jen metodou vodivostní pro účely porovnání získané hodnoty s hodnotou v literatuře (platnou pro čistý SDS).

Výsledky a diskuse

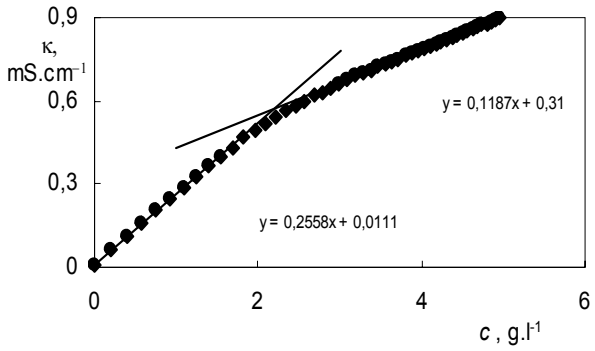
Měření vodivosti

Tato metoda je použitelná pouze pro iontové tenzidy. Závislost vodivosti na koncentraci tenzidu je reprezentována dvěma přímkami s rozdílnými směrnicemi. První z nich odpovídá koncentracím pod KMK, kdy jsou v roztoku

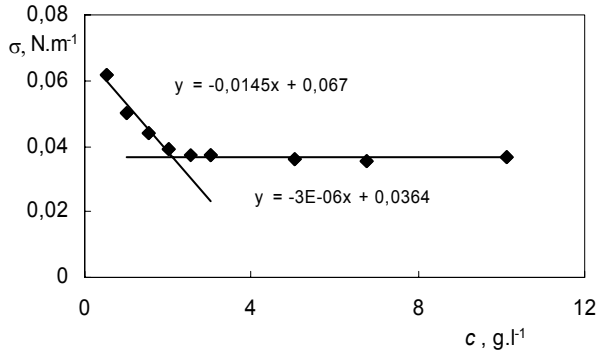
Tabulka II
Metody meření KMK použité pro jednotlivé tenzidy

Metoda	SDS 90,5 %	Spolapon AOS 146	Triton DF-16	Triton CF-21	Brij 97
Povrchové napětí	x	x	x	x	x
Vodivost	x	x	–	–	–
Spektrofotometrické stanovení	x	x	x	x	x
Solubilizace	x	x	x	x	x

x – KMK daného tenzidu byla touto metodou stanovena



Obr. 1. **Změny vodivosti v závislosti na rostoucí koncentraci tenzidu SDS** (90,5%)



Obr. 2. **Závislost povrchového napětí na koncentraci tenzidu SDS** (90,5%)

přítomny pouze jednotlivé molekuly tenzidu. Při vyšších koncentracích začínají vznikat micely a dochází ke změně směrnice. Průsečík těchto přímek představuje výslednou hodnotu KMK (cit.[8], obr. 1).

Tato metoda je experimentálně poměrně nenáročná a umožňuje jednoduše získat vodivost pro velké množství koncentrací. Stejným způsobem byly vyhodnoceny obdobné křivky získané pro tenzid SDS o čistotě > 98,5 % a Spolapon AOS 146. Grafy zde z důvodu rozsahu článku nejsou uvedeny. Výsledné hodnoty KMK shrnuje tab. III.

Měření povrchového napětí

Tuto metodu je možné použít pro stanovení KMK obou skupin tenzidů: AT i NT. Hodnota povrchového napětí roztoku tenzidu s rostoucí koncentrací klesá, v oblasti KMK dochází ke zpomalení tohoto poklesu. Tato skutečnost je vidět na obr. 2, který zobrazuje závislost povrchového napětí roztoku SDS na koncentraci tenzidu. Obdobně jako u metody měření povrchového napětí je možné hodnotu KMK tenzidu vypočítat jako průsečík dvou přímek[4].

KMK tenzidu Spolapon AOS 146 metodou měření povrchového napětí stalagmometrem nebylo z důvodu přílišné pěnivosti jeho roztoku možné stanovit. Pro všechny ostatní tenzidy bylo měření provedeno a vyhodnoceno podobným způsobem, jaký znázorňuje obr. 2. Výsledné KMK jsou shrnuty v tab. III.

Spektrofotometrické stanovení

Tato metoda je založena na absorbanci UV záření roztokem tenzidu. S rostoucí koncentrací tenzidu dochází při vlnové délce maxima ke zvyšování absorbance. Se vznikem micel se však tento nárůst zpomaluje (obr. 3). Vlnová délka absorpčního maxima většiny tenzidů se pohybovala od 190 do 195 nm, u tenzidu Triton CF-21 od 196 do 206 nm. U tenzidu Spolapon AOS 146 nemá závislost absorbance na vlnové délce maximum. Navíc pro koncentrovanější roztoky přesahovala absorbance při nízkých vlnových délkách měřící rozsah přístroje. Z tohoto důvodu bylo pro vyhodnocení hodnoty KMK zvolena absorbance při konstantní vlnové délce 220 nm. Stejně jako u obou předchozích metod představuje hodnotu KMK průsečík dvou přímek vzniklých proložením naměřených dat. Výsledné KMK jsou shrnuty v tab. III.

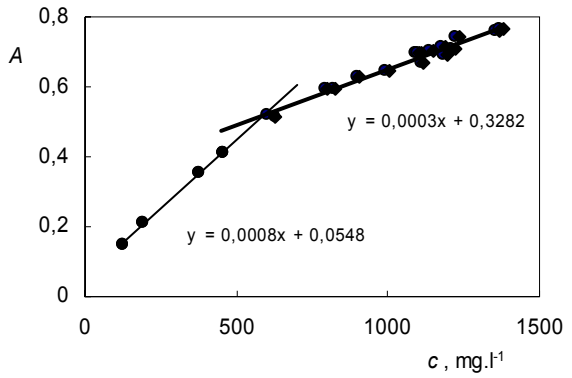
Solubilizační metoda

Pro použití této metody se jako klíčový faktor ukázalo solubilizační činidlo – nasycený roztok jódu. Jód bylo

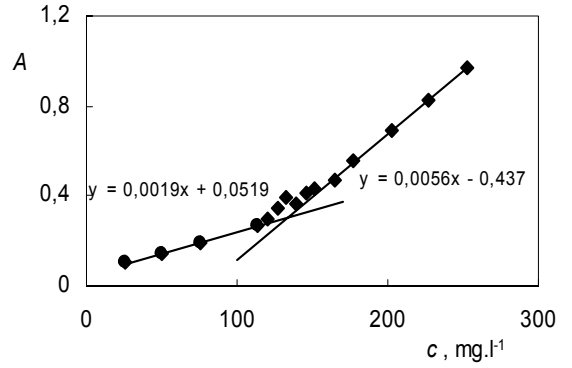
Tabulka III
Hodnoty KMK v mg l^{-1} pro jednotlivé tenzidy naměřené různými metodami

Metoda	SDS 90,5 %	SDS 98%	Spolapon AOS 146	Triton DF-16	Triton CF-21	Brij 97
Měření vodivosti	2177	2372	2519	–	–	–
Povrchové napětí	2321	–	–	561	105	88
Spektrofotometrické stanovení	2373	–	2951	557	107	61
Solubilizace – absorbance při 286 nm	–	–	–	535	134	52

nutné rozpustit pomocí ultrazvuku a roztok skladovat ve tmě v uzavřené nádobě. I za těchto podmínek však docházelo ke snižování jeho absorbance, proto bylo nutné provádět měření KMK daného tenzidu v poměrně krátkém časovém úseku. Jako KMK byly, podobně jako u metody spektrofotometrické, vyhodnoceny koncentrace tenzidu, při kterých dochází při vlnových délkách 286, 346 a 460 nm ke změně absorbance[10](obr. 4), což bylo indikováno změnou směrnice přímky, kterou byla naměřená data proložena v oblasti nižších a vyšších koncentrací než KMK. Druhou metodou vyhodnocení bylo sledování vlnové délky maxima. Při koncentracích tenzidu pod hodnotou KMK byla vlnová délka maxima 460 nm, s rostoucí koncentrací tenzidu se však tato vlnová délka snižovala, až se ustálila na hodnotě asi 380 nm (obr. 5). KMK byla určena jako minimální hodnota první derivace závislosti vlnové délky maxima na koncentraci[10] (obr. 6), což teoreticky odpovídá inflexnímu bodu na naměřené křivce.



Obr. 3. **Závislost absorbance UV záření na koncentraci tenzidu Triton DF-16**



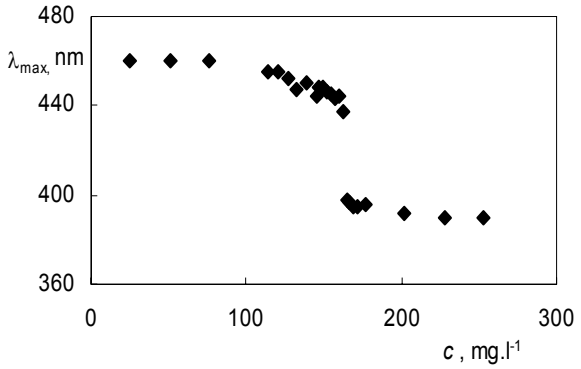
Obr. 4. **Závislost absorbance záření o vlnové délce 286 nm na koncentraci tenzidu Triton CF-21 za konstantního přídavku jódu**

Výsledné KMK jsou shrnuty v tab. III.

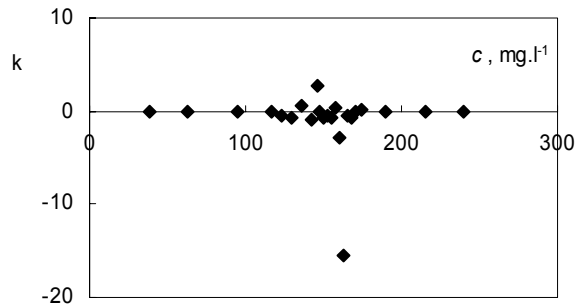
Pro měření KMK SDS nebyla tato metoda použitelná, protože nedocházelo k posunu vlnové délky maxima a závislost absorbance na koncentraci při 286, 346 a 460 nm vykazovala lineární průběh bez změn směrnice. Rovněž KMK Spolaponu AOS 146 nebylo možné touto metodou měřit. Při vyšších koncentracích Spolaponu absorpční spektrum nevykazovalo žádná maxima, protože absorbance solubilizovaného jódu byla překryta absorbancí tenzidu. Tento problém nevyřešilo ani zvýšení přídavku nasyceného roztoku jódu.

Porovnání výsledků získaných různými metodami umožňuje tab. III.

Z tabulky III vyplývá, že všechny metody poskytují podobné výsledky. Odchylky mezi jednotlivými hodnotami je možné vysvětlit (kromě nepřesnosti měření) výše zmíněnou skutečností, že KMK představuje oblast koncentrací, nikoli konkrétní hodnotu. Navíc, jak bylo uvedeno, každá metoda využívá změn jiné vlastnosti roztoku. Diskutabilní je i vyhodnocení výsledků metod, kde se jedná o nalezení průsečíku proložených přímek. Hodnota průsečíku závisí na tom, které body se do proložení uvažují. V rámci této práce byly do proložení zahrnuty body (např. obr. 3 a obr. 4), které byly od očekávaného průsečíku vzdálenější (většinou alespoň 3 body v oblasti změny směrnice byly vynechány). Je však nutné připustit, že tímto postupem je do vyhodnocení vnesen určitý subjektivní prvek. Hodnoty KMK získané všemi metodami jsou proto spíše odhadem a nelze čekat přesnou shodu s publikovanými údaji, které byly navíc získány podobně subjektivním způsobem. Skutečnost, že různé metody měření KMK poskytují částečně odlišné výsledky, vyvolává nutnost uvádět u každé hodnoty KMK i metodu, jakou byla tato hodnota stanovena. Pokud je však cílem pouze přibližná hodnota sloužící např. pro porovnání různých



Obr. 5. **Závislost vlnové délky maxima (λ_{max}) v přítomnosti jódu na rostoucí koncentraci tenzidu Triton CF-21**



Obr. 6. **Závislost směrnice tečny (k) na koncentraci tenzidu Triton CF-21**

tenzidů, není zřejmě nutné metodu uvádět.

S výjimkou tenzidu Brij 97 odpovídají naměřené výsledky hodnotám uvedeným v literatuře (tab. I). Hodnota KMK tenzidu Brij 97 uvedená v literatuře[10] je o řád vyšší než KMK naměřené v této práci. V literatuře však není uveden zdroj, odkud byla tato hodnota převzata, ani jakým způsobem byla naměřena – není tedy možné ověřit spolehlivost této hodnoty. Vzhledem k tomu, že v této práci se hodnoty KMK tenzidu Brij 97 naměřené pomocí různých metod navzájem příliš neliší, je možným vysvětlením rozdílu oproti literatuře řádová chyba v publikované hodnotě.

Při srovnání jednotlivých metod vychází jako nejméně vhodná metoda měření povrchového napětí, která je experimentálně velmi náročná. Pro AT se ukazuje jako nejvhodnější měření vodivosti, NT je možné měřit spektrofotometricky v UV oblasti nebo pomocí solubilizace jódu. Výhodou metody posunu vlnové délky maxima při přídavku jódu je jednodušší vyhodnocení výsledků oproti metodám ostatním.

Seznam zkratek

POP	perzistentní organické polutanty
KMK	kritická micelární koncentrace
NT	neiontový tenzid
AT	aniontový tenzid
SDS	dodecylsulfát sodný

LITERATURA

1. Šváb M., Kubal M., Raschman R.: EKO *6*, 19 (2003).
2. Šváb M., Kubal M., Raschman R.: Odpady *2*, 22 (2004).
3. Lowe D. F., Oubre C. L., Ward C. H.: *Surfactants and Cosolvents for NAPL Remediation*. Lewis Publishers, Boca Raton 1999.
4. Holmberg K., Jönsson B., Kronberg B., Lindman B.: *Surfactants and Polymers in Aqueous Solution*. John Wiley &Sons, Chichester 2003.
5. Blažej A.: *Tenzidy*. ALFA, Bratislava 1977.
6. Zhou M., Rhue R. D.: Environ. Sci. Technol. *34*, 1985 (2000).
7. Shin M., Barrington S. F., Marshall W. D., Kim J.: Chemosphere *58*, 735 (2005).
8. Fuguet E., Rafols C., Rosés M., Bosch E.: Anal. Chim. Acta *548*, 95 (2005).
9. Patist A., Bhagwat S. S., Penfield K. W., Aikens P., Shas D. O.: J. Surf. Det. *3*, 53 (2000).
10. Hait S. K., Moulik S. P.: J. Surf. Det. *4*, 303 (2001).
11. Lin C. E.: J. Chromatogr., A *1037*, 467 (2004).
12. Tran C. D., Yu S.: J. Colloid Interface Sci. *283*, 613 (2005).
13. Nakashima T., Anno T., Kanda H., Sato Y., Kuroi T., Fujii H., Nagadome S., Sugihar G.: Colloids Surf., B *24*, 103 (2002).
14. Hierrezuelo J. M., Aguiar J., Ruiz C.: Colloids Surf., A *264*, 29 (2005).
15. Lee J. F., Hsu M. H., Chao H. P., Huang H. C., Wang S. P.: J. Hazard. Mater. *B114*, 123 (2004).
16. Pavan P. C., Crepaldi E. L., Gomes G., Valim J. B.: Colloids Surf., A *154*, 399 (1999).
17. Zhao B., Zhu L., Yang K.: Chemosphere *62*, 772 (2006).
18. Aroguz A. Z.: Rev. Roumaine Chim. *38*, 403 (1993).
19. Mukerjee P., Mysels K. J.: *Critical Micelle Concentrations of Aqueous Surfactant Systems*. United States Department of Commerce, Washington 1971.

M. Müllerová[a], M. Šváb[a], and M. Moreira dos Santos[b] *([a] Department of Chemistry of Environment Protection, Institute of Chemical Technology, Praha [b] Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, Portugal):* **Measurement of Critical Micellar Concentrations of Tensides in Aqueous Solutions**

Critical micellar concentrations (CMC) of anionic Na dodecyl sulfate and Spolapon AOS 146 as well as of nonionic Triton DF-16, Triton CF-21 and Brij 97 were measured by conductivity, surface tension, UV absorption and iodine solubilization methods. The obtained results were comparable and roughly in accordance with the literature data. The method of CMC determination should be always given in publications. The most appropriate method for anionic tensides is conductivity measurement whereas for nonionic tensides it is UV absorption and iodine solubilization. The surface tension measurement was experimentally demanding.

Dosáhli jste úspěchu ve výzkumu? Chcete pozvat veřejnost i odborníky na zajímavou vědeckou akci? Zajímají vás novinky v oblasti přírodních věd?

Pak na adrese
www.projektmedved.eu/stredisko
navštivte nově vzniklé
Tiskové středisko vědy.

Aktivitu směřující k popularizaci vědy připravil řešitelský tým projektu Medializace vědy (MedVěd) Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci.

Garantem projektu i samotného střediska vědy je děkan Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého prof. RNDr. Juraj Ševčík, Ph.D. Tým tvoří odborníci z mediální i vědecké sféry.

Tiskové středisko vědy si klade za cíl vytvořit místo na internetu, kde si široké spektrum lidí od odborníků až po laickou veřejnost nebo novináře bude moci jednoduchým způsobem najít články, tiskové zprávy, avíza a výstupy z výzkumů z celé republiky.

Příspěvky přijímáme na adrese **veda@projektmedved.eu**. Zprávy bez zbytečného odkladu zařazujeme do systému, kde jsou tříděny podle regionu, kategorií nebo oboru. Portál tak nabízí snadnou orientaci v katalogizovaných zprávách, ale i vyhledávání pomocí fulltextového nástroje.

MedVěd – projekt medializace vědy
Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci, Třída Svobody 26, 771 46 Olomouc,
e-mail: info@projektmedved.eu, tel.: 585 634 004