

# MOŽNOSTI SEPARACE OBTÍŽNĚ ODBOURATELNÝCH KYSELÝCH KONTAMINANTŮ Z VOD PRODUKOVANÝCH LOKÁLNÍMI ZDROJI ZNEČIŠŤOVÁNÍ

WEIDLICH T.<sup>1</sup>, KAMENICKÁ B.<sup>1</sup>, VALENTA L.<sup>1,2</sup>, ČERMÁK J.<sup>2</sup>, BARTOŠ M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická, Ústav environmentálního a chemického inženýrství, Skupina chemických technologií, Pardubice, tomas.weidlich@upce.cz  
<sup>2</sup> VUOS, a.s., Rybitví

*Problematika levného a účinného odstraňování obtížně biologicky odbouratelných kyselých kontaminantů z odpadních vod produkovaných u zdroje znečišťování (při výrobě a použití léčiv a dalších biocidů) je intenzivně studována, protože obtížně odbouratelné polární sloučeniny procházejí komunálními čistírnami odpadních vod téměř nezměněny a podílejí se na nárůstu kontaminace vodních toků. Výsledkem čištění vod kontaminovaných léčivy a pesticidy, ale i barvivy a jejich meziproducty často bývá voda, která sice může splňovat požadavky dané kanalizačním řádem, ale její znečištění nízkými koncentracemi biologicky účinných látek (léčiv, pesticidů, apod.) bývá téměř nezměněno. Univerzita Pardubice ve spolupráci s firmou VUOS, a.s., vyvinula levnou metodu účinného odstraňování zmiňovaných kontaminantů sorpcí na impregnované uhlíkaté sorbenty. Výhodou tohoto postupu je jak účinný záchyt polárních, a proto i vysoce mobilních kontaminantů, tak i možnost opakovaného použití sorbentu po regeneraci.*

## 1 Problematika výskytu polárních kontaminantů ve vodách a možnosti jejich odstraňování

Aktuálním problémem chemických a farmaceutických výroby, ale i zdravotnických zařízení v ČR jsou nadměrné emise biologicky obtížně odbouratelných, především polárních sloučenin, které se běžně vyrábějí a používají jako léčiva (např. Ibuprofen, Diklofenak, flufenamová kyselina), pesticidy (chlorované fenoxycetové kyseliny (2,4-D, MCPA), chlorované pyridinkarboxylové kyseliny (Clopyralid, Picloram), aminometylfosfonová kyselina (metabolit Glyphosátu), apod. Soli těchto kyselin díky své vysoké polaritě a biocidním vlastnostem nejsou v biologických čistítkách odpadních vod účinně metabolizovány, ani sorbovány na aktivovaný kal, odcházejí tedy jako tzv. mikropolutanty s vypouštěnými vodami do okolních vodních toků [1], čímž také zvyšují chemickou spotřebu kyslíku těchto vod  $CHSK_{Cr}$  (chemická spotřeba kyslíku stanovovaná chromanovou metodou) a pokud se jedná o halogenované kontaminanty, tak i parametr AOX (adsorbovatelné organicky vázané halogeny) [2].

Možným řešením je buď dobudování následného stupně čištění vod založeném na adsorpci v centralizovaných čistírnách odpadních vod, což je poměrně nákladná záležitost kvůli nutnosti čištění velkého objemu vod, nebo využití účinného způsobu odstraňování zmiňovaných biocidů z vod u zdroje kontaminace. Tato technika čištění vod u zdroje je v současné době upřednostňována, protože její účinnost může být optimalizována pro konkrétní polutanty, které se typicky při chemických výrobcích z dané technologie do vod emitují [2].

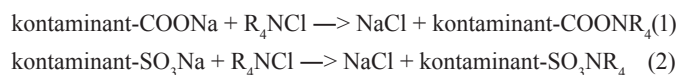
Vedle účinného čištění technologických vod, kterého lze principiálně dosáhnout i prostým použitím velké násady aktivního uhlí jako poměrně univerzálního sorbentu [3], je pro zlepšení ekonomiky takového dekontaminačního procesu žádoucí řešit jak optimalizaci účinku používaného sorbentu [4], tak i možnost opakovaného využití sorbentu v duchu oběhového hospodářství (cirkulární ekonomiky) [3–6].

Reálná aplikace adsorpčních kolon využívajících granulované aktivní uhlí pro odstraňování AOX v duchu cirkulární ekonomiky v podniku Synthesia ukazuje slabinu tohoto jinak velmi účinného postupu, kterou je vysoká ekonomická náročnost tohoto řešení kvůli špatné afinitě separovaných polárních (kyselých) chlorovaných sloučenin na používaném aktivním uhlí (a jeho vysoké spotřebě). Aplikace zmiňovaných adsorpčních kolon zahrnuje jak komplexní dodávku adsorpčních kolon se sorbentem, tak i jeho recyklaci, což je v souladu s principy cirkulární ekonomiky. Reaktivace nasyceného sorbentu je prováděna v rakouském Pischelsdorfu postupem vysokoteplotní desorpce/pyrolýzy [3], náklady na tyto služby ale významně ovlivňují ziskovost výroby založených na použití halogenovaných organických chemických specialit.

## 2 Využití techniky chemisorpce pro separaci kyselých kontaminantů z vod

Na rozvíjení principu účinné dekontaminace technologických vod z výroby organických chemických specialit u zdroje je založena dlouhodobá spolupráce mezi Výzkumným ústavem organických syntéz a Skupinou chemických technologií, Fakulty chemicko-technologické, Univerzity Pardubice. Výsledkem práce Skupiny chemických technologií ve zmiňované oblasti separace obtížně biologicky odbouratelných sloučenin z vod je několik patentů Univerzity Pardubice, které jednak řeší efektivní možnost jednoduché separace kyselých (i halogenovaných a/nebo reaktivních) barviv a jejich meziproductů (solí aromatických sulfonových kyselin) z kontaminovaných vod [7,8], dále pak i možnost účinného srážení a separace aromatických a heterocyklických karboxylových kyselin a jejich solí z kontaminovaných vod [9].

Námi patentované postupy jsou založeny na tvorbě ve vodě velmi omezené rozpustných (málo polárních) iontových párů „kyselý kontaminant-objemný organický kation“ (kontaminant- $SO_3^-Q^+$  nebo kontaminant- $COO^-Q^+$ ) a na jejich následném odstraňování z vod jednoduchou separační technikou. Zdrojem objemného organického kationtu bývají obvykle kvartérní amoniové soli, s výhodou nízkotající sloučeniny, které bývají v literatuře též označovány jako iontové kapaliny [10,11]. Způsob přeměny mobilních kontaminantů na bázi solí organických kyselin na ve vodě málo rozpustné iontové páry kontaminant- $SO_3^-Q^+$  nebo kontaminant- $COO^-Q^+$  znázorňují následující rovnice (1) a (2):



Pro jednoduchou separaci vznikajících málo rozpustných iontových párů jsme ověřovali řadu činidel. Pro separaci iontových párů barviva- $-SO_3NR_4$  se nám osvědčily anorganické koagulanty, jakými jsou hlinité a železité soli [8] nebo levné materiály na bázi uhlíku, jakým je dřevěné uhlí (moderně též označované jako biochar nebo biouhel) [9,11].

Zatímco metoda založená na separaci pomocí koagulace a flokulace neumožňuje kolonové uspořádání, metoda využívající levného uhlíkatého nosiče impregnovaného vhodnou kvartérní amoniovou solí nabízí využití i v adsorpčních kolonách.

Možnost použití biocharu v kombinaci s kvartérní amoniovými solemi byla ověřována na dvou solích karboxylových kyselin (strukturně podobná léčiva Diklofenak (NaDCF) a flufenamová kyselina (NaFLUFA)) a soli sulfonové kyseliny (barvivo Mordant Blue 9 (MB9)), struktury modelových kontaminantů jsou uvedeny v tabulce 1.

Tab. 1: Struktury modelových obtížně biologicky odbouratelných halogenovaných kontaminantů

Testovaný kontaminant (mol. hmotnost)	Chemická struktura
Diklofenak, sodná sůl (304,1 g/mol)	
Sodná sůl flufenamové kyseliny (303,2 g/mol)	
Kyselé barvivo Mordant Blue 9 (551,3 g/mol)	

Rozdíl mezi použitím dřevěného uhlí (biocharu) a biocharu v kombinaci s kvartérními amoniími soli dokumentují následující obrázky (obr. 1–7).

Jak je patrné z obr. 1, biochar není nijak zvlášť účinným sorbentem testovaných polárních halogenovaných sloučenin, při násadě 20 g/litr je schopen odstranit cca 4,5–6,5 mmol testovaného kontaminantu (tj. cca 68 mg/g protizánětlivého léčiva nebo 165 mg/g barviva MB9) po více jak 30 minutách kontaktu.

Správný výběr iontopárového činidla (kvartérní amoniíové soli) rozhoduje o účinnosti a ceně separace, testovali jsme komerční produkty benzalkonium chlorid (AlkBzMe<sub>2</sub>NCl) a Aliquat 336, v jednom případě (NaFLUFA) bylo prováděno srovnání s cetyltrimethylamonií chloridem (AlkMe<sub>3</sub>NCl).

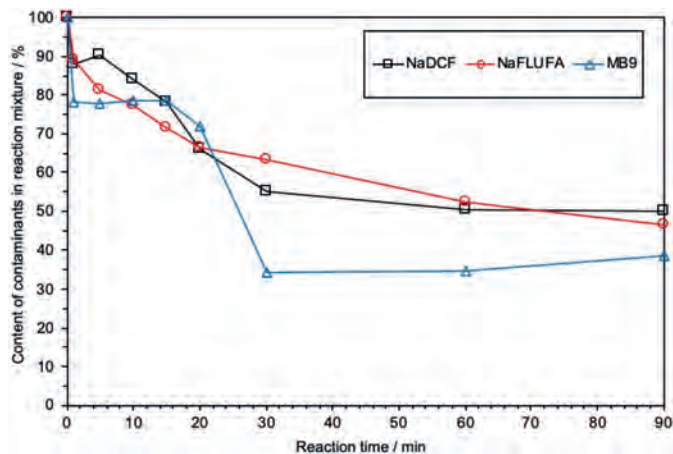
Jak je vidět z obrázků 1–4, popisujících závislosti účinnosti odstraňování studovaných kontaminantů na čase, přidavek kvartérní amoniíové soli k biocharu vždy výrazně zvýšil účinnost odstranění kontaminantů. Navíc jsme prokázali, že nejlepší výsledky je dosahováno při užití směsi vodného roztoku benzalkonium chloridu s Aliquatem 336 ve hmotnostním poměru AlkBzMe<sub>2</sub>NCl k Aliquat 336 = 2:3.

Jak je patrné ze srovnání sorpční schopnosti testovaných kontaminantů v obr. 5–7, samotný biochar je nejhorším sorbentem, což je v souladu se skutečností, že se jedná o neaktivované dřevěné uhlí, jehož specifický povrch je řádově menší než specifický povrch aktivního uhlí.

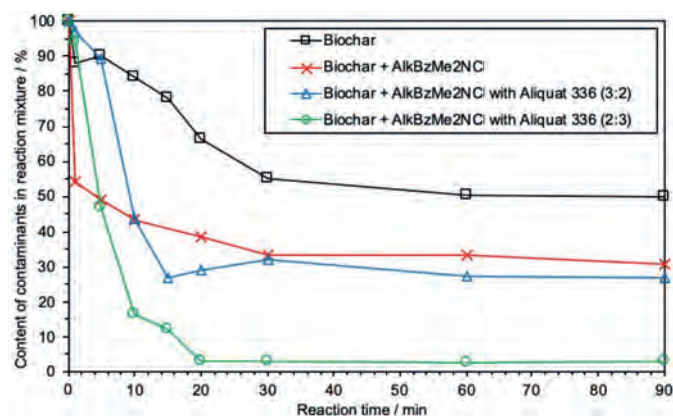
Podle očekávání poskytuje práškové aktivní uhlí Silcarbon CW20 (PAC) nejlepších výsledků separace všech tří kontaminantů ze všech testovaných sorbentů bez spolupůsobení kvartérních amoniíových solí (obr. 5–7). Granulované aktivní uhlí Hydraffin (GAC), které se standardně používá pro plnění adsorpčních kolon, poskytuje průměrné výsledky sorpční kapacity. V případě, kdy byly ke kontaminované vodě kromě biocharu aplikovány i iontopárová činidla (na obr. 5–7 jsou uvedeny výsledky dosažené s použitím nejučinnější kombinace kvartérních amoniíových solí v hmotnostním poměru AlkBzMe<sub>2</sub>NCl k Aliquat 336 = 2:3), je sorpční kapacita takové směsi v případě odstraňování Diklofenaku a barviva Mordant Blue 9 dokonce lepší než sorpční kapacita práškového aktivního uhlí, přičemž pevná fáze (biochar/iontový pár kontaminant-SO<sub>3</sub><sup>-</sup>Q<sup>+</sup> či kontaminant-COO<sup>-</sup>Q<sup>+</sup>) se od dekontaminované vodné fáze snadno odstraňuje sedimentací, případně následnou filtrací. Podrobnosti k provedeným experimentům jsou uvedeny on-line ve volně dostupné publikaci [12].

Pro účely širšího využití metody iontového párování, která je běžně používána v kapalinové chromatografii, ale v oblasti čištění vod úplně běžná není, bylo nutné vyvinout postup umožňující regeneraci použité kvartérních amoniíových solí v duchu cirkulární ekonomiky tak, aby se snížily náklady na její nákup a díky možnosti opakovaného použití se i zlepšila využitelnost použitých srážecích činidel. Ve spolupráci s týmem specialistů firmy VUOS, a.s., jsme vyvinuli postup reduk-

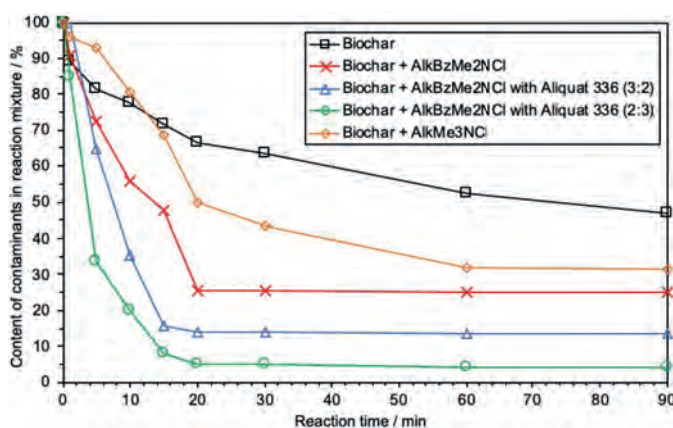
Obr. 1: Rozdíly v účinnosti sorpce tří testovaných halogenovaných kontaminantů na biochar při násadě 20 g biocharu na litr 10 mM roztoku studovaného kontaminantu



Obr. 2: Srovnání účinnosti odstranění protizánětlivého léčiva Diklofenaku (NaDCF) z vodného roztoku v závislosti na době kontaktu a použitím separačním činidlem



Obr. 3: Srovnání účinnosti odstranění protizánětlivého léčiva flufenamové kyseliny (NaFLUFA) z vodných roztoků v závislosti na době kontaktu a použitím separačním činidlem



ktivního odbourávání chlorovaných aromatických kyselin vázaných v iontových párech s možností následného opětovného použití reaktivovaných kvartérních amoniíových solí v procesu separace kyselých kontaminantů s tím, že dehalogenované produkty redukce přecházejí do čištěných vod, které jsou vedeny na biologickou čistírnu odpadních vod, kde dochází k biologickému odbourání redukcí degradovaných biocidů, viz obr. 8 [13].

## 2 Experimentální část

K experimentům byly použity tyto chemikálie a materiál: Mordant Blue 9 (obsah 50 %, Sigma-Aldrich, USA), Diklofenak sodná sůl (Sigma-Aldrich, USA), Flufenamová kyselina (p.a., Sigma-Aldrich,

Dokončení na další str.

USA), granulované aktivní uhlí Hydriffin CC 8X30 (Donauchem s.r.o.), práškové aktivní uhlí SilCarbon CW20, biochar (vyroběný v ČR ve zplyňovacích generátorech [12]), Aliquat 336 (dodavatel Brenntag s.r.o., Praha, výrobce AkzoNobel), Benzalkonium chlorid (Sigma-Aldrich, USA).

## 2.1 Separace halogenovaných kyselých kontaminantů z vodných roztoků

Experimenty zaměřené na adsorpční kinetiku byly prováděny v 1 000 ml Erlenmeyerově baňce umístěné na elektromagnetickém míchadle. K 500 ml koncentrovaného roztoku kontaminantu (25 mM NaDCF, 10 mM NaFLUFA, 10 mM MB9) byla přidána dávka biocharu 20 g/l, případně 1 g/l iontopárového činidla. V průběhu adsorpce byly ve zvolených intervalech (1, 5, 10, 20, 30, 40, 60, 90, 120 min.) odebrány vzorky pomocí jednorázové injekční stříkačky, vzorky byly následně zfiltrány a v nich stanovena koncentrace daného kontaminantu.

Srovnávací experimenty pro stanovení adsorpčních izoterm byly prováděny v 250ml kulatých baňkách umístěných na speciálním nástavci (typ „Starfish“, Radleys Discovery Technologies, UK) opatřených magnetickými míchadly. Pro stanovení jedné adsorpční izotermy bylo vždy provedeno 10 experimentů – 10 g/l uhlíkatého sorbentu, popř. 1 g/l  $R_4NCl$  a 100 ml roztoku kontaminantu o rozdílných počátečních koncentracích (0,25–7 g/l NaFLUFA; 0,25–8 g/l NaDCF; 0,25–5,5 g/l MB9). Reakční směsi byly míchány při 400 otáčkách do dosažení rovnovážného stavu přes noc za laboratorní teploty a atmosferického tlaku, poté byly zfiltrány a následně byla v těchto vzorcích stanovena koncentrace halogenovaného kyselého kontaminantu. Obsah barviva MB9 ve filtrátech byl stanoven spektrofotometricky s využitím Lambert-Beerova zákona. Koncentrace soli Diklofenaku (NaDCF) nebo flufenamové kyseliny (NaFLUFA) byla stanovena voltametricky pomocí diferenční pulzní voltametrie (DPV) dle navržené metodiky z naší předchozí studie [14]. Oba kontaminanty byly stanovovány na CPE, jenž byla modifikována cetyltrimetylamonium bromidem (CTAB), který fungoval jako modifikátor in situ. Povrch pracovní uhlíkové pastové elektrody (CPE) byl obnovován otěrem tenké vrstvy po každém měření. Experimentální podmínky stanovení: DPV; 0,1 M fosfátový pufr +  $1 \times 10^{-4}$  M CTAB; scan: + 0,2 až 1,2 V vs. ref.; 100 mV.s<sup>-1</sup> [14].

## 2.2 Recyklace použité iontové kapaliny chemickou redukcí

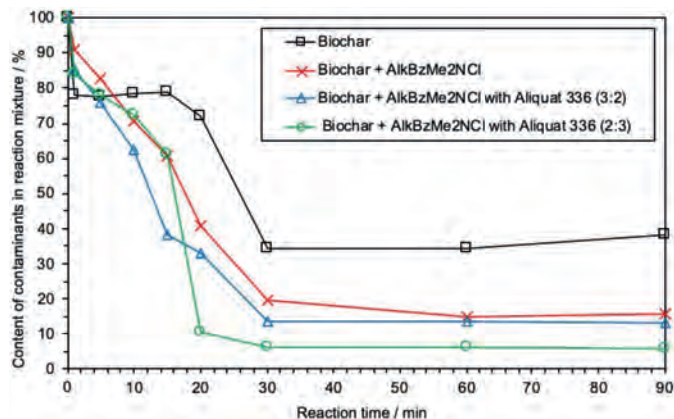
V prvním kroku experimentu byla provedena iontová výměna přidávkem 10 mmol  $R_4NCl$  (např. Aliquat 336) k 5 mmol barviva MB9. Takto vzniklý iontový pár byl separován a tato organická fáze byla rozpuštěna v metanolu (100 ml). Následná redukce (Aliquat 336)2MB9 byla prováděna v heterogenní fázi slitinou Al-Ni (1,72 g/1 mmol iontového páru) v alkalickém prostředí (za přidavku vodného roztoku NaOH), popřípadě byla redukce provedena v homogenní fázi pomocí  $NaBH_4$  (25 mmol/1 mmol iontového páru) v roztoku alkoholu. Po chemické redukcí iontového páru byl oddestilován veškerý metanol ze směsi a iontopárové činidlo získané popsanou redukcí bylo použito k další iontové výměně s barvivem MB9 (5 mmol). Tento sled kroků (separace kontaminantu MB9 přidávkem iontopárového činidla + následná recyklace iontopárového činidla chemickou redukcí) byl opakován čtyřikrát.

## 3 Závěr

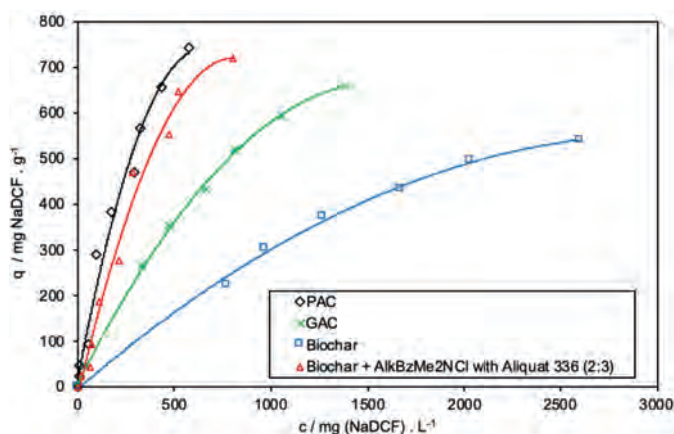
Byla vyvinuta technika účinné separace kyselých biologicky obtížně odbouratelných organických sloučenin, která je v tomto článku demonstrována na odstraňování tří různých solí halogenovaných aromatických kyselin z kontaminovaných vod. Vyvinutá technika zahrnuje tvorbu iontových párů obecné struktury kontaminant- $SO_3^-Q^+$  nebo kontaminant-COO $^-Q^+$ , které jsou při správné volbě iontopárového činidla dostatečně hydrofobní pro účinné odstranění z kontaminovaných vod s pomocí levného uhlíkatého sorbentu.

V rámci spolupráce s výzkumným týmem firmy VUOS, a.s., při řešení projektu TA ČR programu Epsilon TH02030200 „Efektivní odstraňování aromatických halogenderivátů (AOX) z lokálních průmyslových zdrojů“ byla popisovaná separační technika doplněna o nově vyvinutý postup recyklace iontopárových činidel chemickou redukcí vznikajících iontových párů kontaminant- $SO_3^-Q^+$  nebo kontaminant-COO $^-Q^+$ , která vede k rozkladu halogenovaných kontaminantů na jednoduché

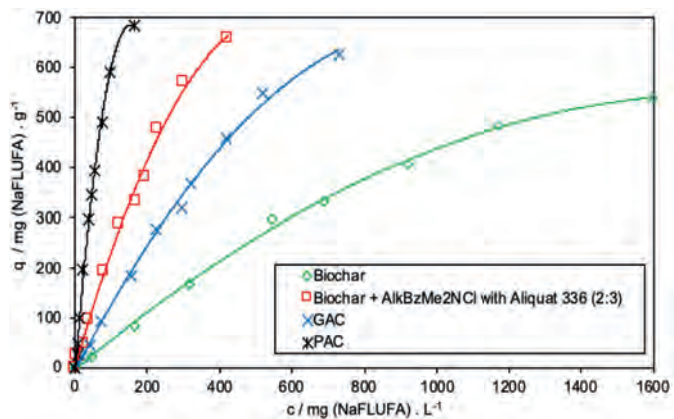
Obr. 4: Srovnání účinnosti odstranění kyselého barviva Mordant Blue 9 z vodných roztoků v závislosti na době kontaktu a použitým separačním činidlem



Obr. 5: Srovnání sorpční kapacity použitých sorbentů při odstraňování protizánětlivého léčiva Diklofenaku (NaDCF) z vodných roztoků (podrobnosti jsou uvedeny v Exp.části)

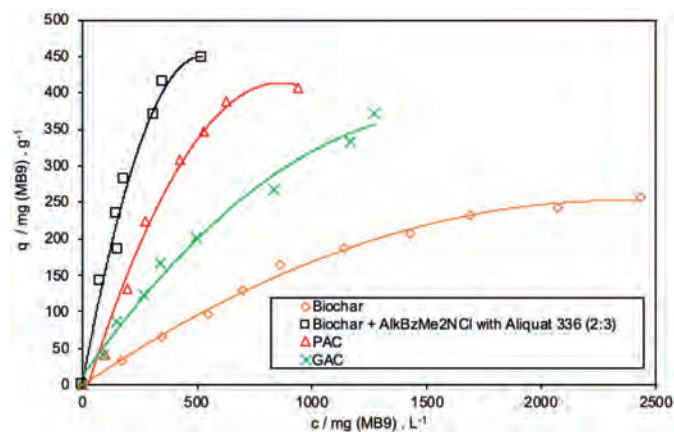


Obr. 6: Srovnání sorpční kapacity použitých sorbentů při odstraňování protizánětlivého léčiva flufenamová kyselina (NaFLUFA) z vodných roztoků (podrobnosti jsou uvedeny v Exp.části)

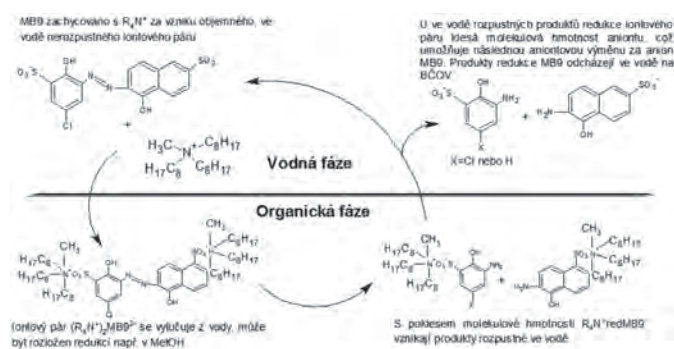


nehálogenované produkty. Následně opakované použití redukováných iontových párů v procesu odstraňování kontaminantů z technologických vod vede k podobné iontovýmenné reakci s halogenovaným kontaminantem jako v případě originálních kvartérních amoniových solí, přičemž do vod zbavených halogenovanými kontaminanty, které jsou následně vedeny na biologickou čistírnu odpadních vod, přecházejí dehalogenované anionty produktů redukce iontových párů, které jsou dobře biologicky odbouratelné. Tento postup byl úspěšně technologicky ověřen s použitím adsorpční kolony plněné iontopárovými činidly impregnovaným sorbentem. V rámci řešení výše zmíněného projektu jsme ve spolupráci s firmou Dekonta, a.s., ověřili, že po několika opakovaných cykly sorpce/regenerace deaktivovaný uhlíkatý sorbent lze pyrolyticky regenerovat stejně účinně (tj. s dosažením srovnatelného specifického povrchu), jako v průmyslových adsorpčních kolonách běžně používané granulované aktivní uhlí Hydriffin CC 8X30.

Obr. 7: Srovnání sorpční kapacity použitých sorbentů při odstraňování kyselého barviva Mordant Blue 9 (MB9) z vodných roztoků (podrobnosti jsou uvedeny v Exp. části)



Obr. 8: Schéma separace barviva MB9 iontovou výměnou působením iontové kapaliny metyltrioktylamonium chloridu s následnou recyklací použitého iontopárového činidla chemickou redukcí



Poděkování: Děkujeme za finanční podporu excelentního týmu Skupiny chemických technologií Fakultou chemicko-technologickou, Univerzity Pardubice (projektu VA390013).

## Literatura

- [1] SANTOZ L.H.M.L.M., ARAÚJO A.N., FACHINI A., PENA A., DELERUE-MATOS C., MONTENEGRO M.C.B.S.M.: Ecotoxicological Aspects related to the presence of pharmaceuticals in the aquatic environment. *J. Hazard. Mater.* 2010, 175, 45–95.
- [2] Dokument BREF Integrovaná prevence a omezování znečištění (IPPC) Referenční dokument o nejlepších dostupných technikách Čištění odpadních vod a odpadních plynů; Systémy managementu v chemickém průmyslu, únor 2003. Dostupné na: [www.ipcc.cz](http://www.ipcc.cz) [citováno 19. listopadu 2020].
- [3] <https://www.donauchem.cz/Products-Solutions/Range-of-goods/Activated-Carbon> [citováno 19. listopadu 2020].
- [4] WEIDLICH T., VÁCLAVÍKOVÁ J., JAŠŮREK B., SOCHA F.: Alternativní postupy čištění technologických vod z výroby barviv. *Chemmagazín*, 2015, XXV(2), 8–10.

- [5] STAHEL W.R.: Circular Economy. *Nature*, 2016, 531, 435–438.
- [6] OLEJNÍK R., WEIDLICH T.: Izolace barviv z odpadních vod z barvení bavlny a možnosti jejich dalšího využití v drogistických výrobcích. *Chemmagazín*, 2018, XXVIII(6), 2–4.
- [7] WEIDLICH T., SOCHA F.: *Flokulant, způsob jeho přípravy a jeho použití*. CZ2012669 (A3), 2013.
- [8] WEIDLICH T., MARTINKOVÁ J.: *Způsob srážení barviv z vodných roztoků*. CZ303942 (B6), 2013.
- [9] WEIDLICH T.: *Způsob odstraňování adsorbovatelných organických halogenů na bázi halogenovaných aromatických a heterocyklických kyselin a jejich solí z vodných roztoků*. CZ2016578 (A3), 2018.
- [10] PADRTOVÁ T., MARVANOVÁ P., MOKRÝ P.: Quaternary Ammonium Salts -Synthesis and Use. *Chemické Listy*, 2017, 111(3), 197–205.
- [11] HANUSEK J.: Iontové kapaliny – nový směr v „zelené“ chemii. *Chemické Listy*, 2005, 99, 263–294.
- [12] KAMENICKÁ B., MATĚJČEK P., WEIDLICH T., POHOŘELÝ M.: *Application of Biochar for Treating the Water Contaminated with Polar Halogenated Organic Pollutants*. 241–263, Kapitola 15 v knize: ABDELFAHEZ A.A., ABBAS H.H. (Editors) Application of Biochar for Environmental Safety. IntechOpen, 2020, ISBN: 978-1-78985-896-9. Dostupné na: <https://www.intechopen.com/books/applications-of-biochar-for-environmental-safety>
- [13] WEIDLICH T., KAMENICKÁ B., BARTOŠ M., ČERMÁK J.: *Způsob odstranění halogenovaných organických kyselin z vod*. CZ2019194 (A4), 2020.
- [14] KAMENICKÁ B., BARTÁŠKOVÁ A., ŠVANCARA I., WEIDLICH T.: Applicability of voltammetric determination of diclofenac at carbon paste electrodes to the analysis of aqueous solutions purified by adsorption and/or ionic liquid-based ion exchange. *Monatsh. Chem.*, 2019, 150, 429–437.

## Abstract

### POSSIBILITIES FOR SEPARATION OF NON-BIODEGRADABLE ACIDIC CONTAMINANTS FROM LOCAL SOURCES OF POLLUTION

**Summary:** The issue of the inexpensive and effective removal of acidic biocides (remedies, pesticides, etc. from contaminated technological water streams is intensively studied due to the negative effect of these mentioned non-biodegradable pollutants on quality of water streams. The usual result of treatment of non-biodegradable pollutants containing water streams in biological treatment plant is treated (partially purified) water contaminated with mentioned recalcitrant mobile pollutants. University of Pardubice, in cooperation with Research Institute for Organic Synthesis Company (VUOS) developed low-cost and very effective method for removal of non-biodegradable polar organic compounds (organic acids and their salts) based on sorption using impregnated carbonaceous sorbents. The advantages of this method are efficient sorption of mobile pollutants from aqueous effluent and possibility of repeated utilization of above mentioned sorbent.

**Key words:** quaternary ammonium salts, Diclofenac, Flufenamic acid, arenesulfonic acid, aromatic acid

## NOVÉ ŘEŠENÍ PRO VYSOCE EFEKTIVNÍ REGENERACI ROZPOUŠTĚDEL

Díky chlazeným odlučovačům CT50 Single OLÉ a CT50 Twin OLÉ od německé společnosti **Peter Huber Kältemaschinenbau AG** je nyní odpařování v laboratoři ještě jednodušší a levnější. Kondenzátory byly vyvinuty speciálně pro vysoce efektivní regeneraci rozpouštědel v laboratoři. Odlučovače CT50 lze připojit k rotačním výparníkům nebo k aplikacím, kde jsou vyžadovány nízké teploty pro zpětné získávání rozpouštědel a nebo možnost kontinuálního proudění.

### Obr.: Chlazený odlučovač CT50 Single OLÉ



Zařízení přesvědčují přímým a rychlým chlazením i nízkými provozními náklady. Kompaktní konstrukce vyžaduje na laboratorním stole jen

malý prostor. Odlučovače CT50 pracují ekologicky s přírodním chladičem. Ovládání je snadné a pohodlné pomocí moderního ovladače OLÉ. Řadič má řadu funkcí, které usnadní každodenní práci. Patří mezi ně jasný OLED displej s navigací v nabídce a připojení USB a RS232 pro datovou komunikaci.

Chladiče CT50 mají vysokou kvalitu, tj. robustní, odolnou konstrukci a vysoce kvalitní materiály. Výparníky jsou vyrobeny z nerezové oceli, je možný povlak z odolného polytetrafluorethylenu, keramických polymerů atd.

Další modely pro nižší teploty a s větší chladicí kapacitou jsou k dispozici na vyžádání.

» [www.huber.com](http://www.huber.com)