

VLIV KATIONAKTIVNÍCH POLYELEKTROLYTŮ NA KVALITU A FILTRACI UPRAVENÉ VODY

Ing. Pavel Polášek, RNDr. Martin Pivokonský, PhD., Ing. Bohuslav Knesl

Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, v.v.i. Pod Patankou 30/5, Praha 6, 166 12
E-mail: pivo@ih.cas.cz

ABSTRAKT

Reakční podmínky, tj. výběr destabilizačního/agregačního činidla, jeho dávka a hodnota pH, při kterých probíhá proces úpravy vody rozhodujícím způsobem ovlivňují výslednou kvalitu upravené vody. Navíc, použití pomocného agregačního činidla má výrazný vliv na průběh filtrace.

Použití kationaktivních polyelektrolytů (KPE) získává v úpravárenské praxi na popularitě. Důvodem je především skutečnost, že jejich aplikace je v porovnání s tradičními hydrolyzujícími destabilizačními činidly levnější a že jejich použití je považováno za méně náročné pro obsluhu úpravný. Děje se tak ale na úkor kvality upravené vody. Výsledky laboratorních, poloprovozních i provozních měření jednoznačně prokázaly, že KPE není rovnocennou náhradou destabilizačních činidel a k výraznému zhoršení kvality upravené vody dochází zejména u vod s technologicky významným organickým znečištěním. Záměna hydrolyzujícího destabilizačního činidla za KPE má rovněž často za následek výrazné zrychlení nárůstu tlakové ztráty filtru, způsobující zkrácení filtračních cyklů a následně vedoucí k nutnosti časté výměny filtračního písku.

ÚVOD

Jedním ze základních cílů chemické úpravy vody je odstranění znečišťujících příměsí, jejichž významnou složku tvoří organické látky, které jsou z hlediska úpravy vody mnohem problematičtější než látky anorganické. Tyto organické látky přírodního původu (NOM) jsou často obtížně odstranitelné a jejich zbytkové koncentrace mohou při hygienickém zabezpečení vody tvořit řadu toxikologicky významných produktů (THM, HAA atd.). Z těchto důvodů je třeba technologii úpravy vody navrhovat tak, aby bylo dosaženo co nejvyšší účinnosti jejich odstranění.

Tradičně jsou jako destabilizační činidla při úpravě vody používány hlinité a železité hydrolyzující soli. V poslední době jsou však tato činidla často nahrazována kationaktivními polyelektrolyty (KPE), a to převážně v zemích, kde je kvalita upravené vody posuzována především na základě zbytkového zákalu, zatímco organickému znečištění není věnována dostatečná pozornost. KPE bývají provozovateli úpraven často považovány za výhodnější v porovnání s tradičními hydrolyzujícími činidly. Důvodem je především skutečnost, že jsou provozně levnější a jejich dávkování je snazší, protože neovlivňují výrazně pH a ve většině případů tedy není nutná jeho úprava pomocí alkalizačního činidla.

V rámci výzkumu vlivu KPE na účinnost úpravy vody byla po dobu několika let testována řada různých typů KPE na různých lokalitách v Jihoafrické republice. Rozsáhlá hodnocení základních KPE na výslednou kvalitu upravené vody bylo realizováno především na úpravě vody Saulspoort (zásobuje město Bethelhem), vliv KPE na filtraci byl prováděn na úpravě města Witbanku a dále ověřován na řadě dalších lokalit. Účelem této studie bylo ověřit vhodnost KPE pro úpravu vody s technologicky významným obsahem organických látek a porovnat zjištěné výsledky s výsledky dosaženými při použití hydrolyzujících destabilizačních činidel [1-5]. Zjištěné závěry z tohoto výzkumu jsou shrnuty v tomto příspěvku.

METODIKA

Sklenicové testy

Upravitelnost vody dosažitelná pomocí aplikace různých typů KPE byla zjišťována pomocí optimalizačních sklenicových zkoušek. Metodika je podrobně popsána v literatuře [1]. Posuzovány byly KPE přírodního a syntetického původu a jejich účinnost při úpravě vody byla porovnávána s hydrolyzujícími destabilizačními činidly (chlorid železitý, síran hlinitý, PACl).

Míra upravitelnosti vody byla hodnocena pomocí kationu hydrolyzujícího destabilizačního činidla (Fe a Al), COD_{Mn} , a zákalu. Dále byla měřena i hodnota reakčního pH.

KPE

Zásadní problém při použití KPE spočívá v tom, že jsou v dispozici pod různými komerčními názvy, aniž by bylo možné zjistit jejich složení. Z tohoto důvodu jsou dávky KPE udávány v $ml.l^{-1}$ komerčně dodávaného produktu.

KPE můžeme dělit na čisté (pouze organické polymery) a směsné (směs organických polymerů a hydrolyzujících solí, nejčastěji $FeCl_3$ nebo PACl). V průběhu testů byly testovány čisté KPE syntetického i přírodního původu a směsné KPE.

(i) Čisté KPE

(a) Syntetické: polyDADMAC:

- L-100: koncentrace kolem 20%,
- M-20: koncentrace kolem 20%,

Polyamine:

- M-500: koncentrace kolem 50%,
- Anikem 8100: koncentrace kolem 50%.

(b) Přírodní - akáciový taninový extrakt:

- Belfloc - směs Floccotanu a polyDADMACu, jejich předpokládaný poměr je 8:2. Protože se jedná o směs dvou čistých organických polymerů, byl zahrnut mezi čisté KPE.

(ii) Směsné KPE

(a) Fe-typ KPE:

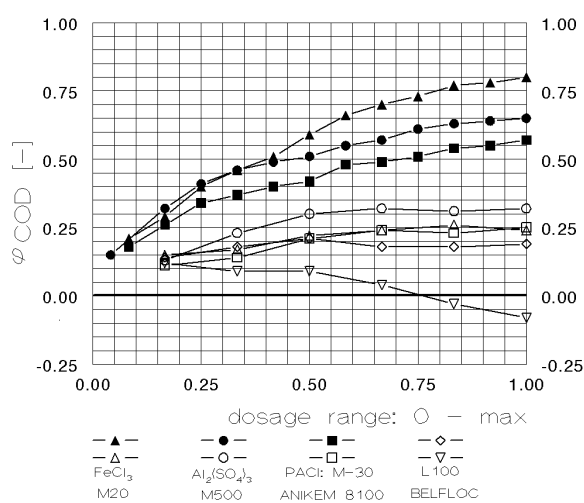
- M-101: směs FeCl_3 a polyaminu, jejich předpokládaný poměr je 1:1,
- M-182: směs FeCl_3 a polyaminu, jejich předpokládaný poměr je 9:1,

(b) Al-typ KPE:

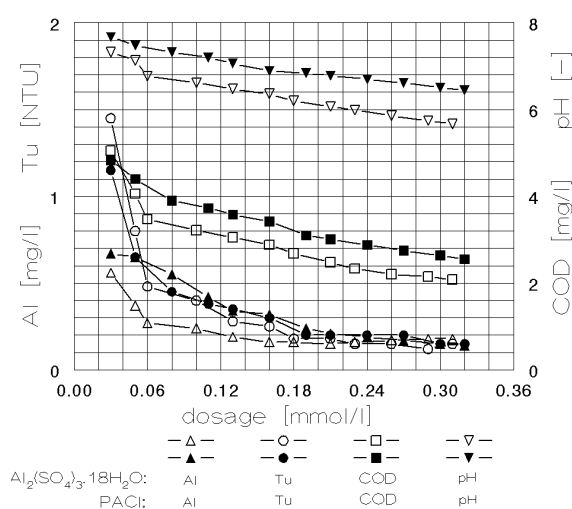
- DP-160: směs PACl, polyaminu a polyDADMACu, jejich předpokládaný poměr je 6:2:2,
- Anikem 4141: směs PACl a polyaminu, jejich předpokládaný poměr je 1:1.

VÝSLEDKY

Dosažená účinnost odstranění organických látek (CHSK_{Mn}) při použití chloridu železitého, síranu hlinitého, PACl a různých typů KPE je znázorněna na obr. 1 a 2.



Obr. 1. Srovnání separační účinnosti organických látek při použití KPE a hydrolyzujících činidel



Obr. 2. Srovnání upravitelnosti daného typu surové vody při použití síranu hlinitého a PACl

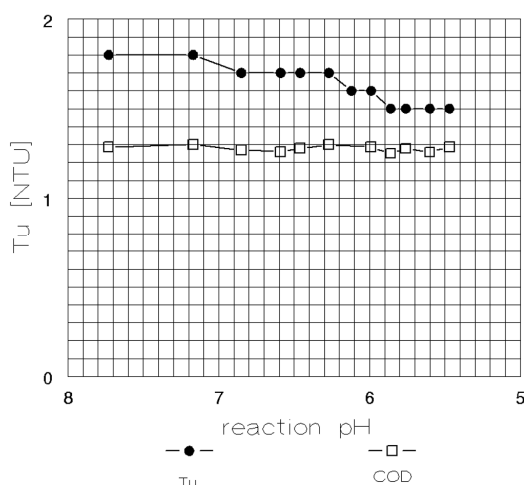
Jak je zřejmé z výsledků uvedených v obr. 1, při použití čistých KPE není dosahováno účinností v odstranění organických látek, které by byly srovnatelné s účinnostmi při použití tradičních hydrolyzujících destabilizačních činidel. Provedeme-li srovnání syntetických a přirozených KPE zjistíme, že účinnost syntetických je o cca 25 až 30 % vyšší. Dále je patrné, že přirozené KPE při vyšších dávkách způsobují dokonce nárůst koncentrací organických látek nad hodnoty surové vody. Obdobné výsledky byly zjištěny i při posuzování vlivu KPE na odstranitelnost zákalu, pouze s tím výsledkem, že na rozdíl od organických látek byla nejvyšší účinnost zaznamenána při použití přirozených KPE.

Na obr. 2 je uvedeno srovnání úpravy vody při použití PACl a síranu hlinitého, které bylo prováděno z důvodů časté náhrady síranu hlinitého PACl ve směsných KPE. Použití PACl ve směsných KPE vychází z chybného předpokladu, že toto činidlo je považováno za účinnější než síran hlinitý. Ze zjištěných výsledků, však jasně vyplývá, že při použití PACl je dosahováno výsledků srovnatelných se síranem hlinitým pouze

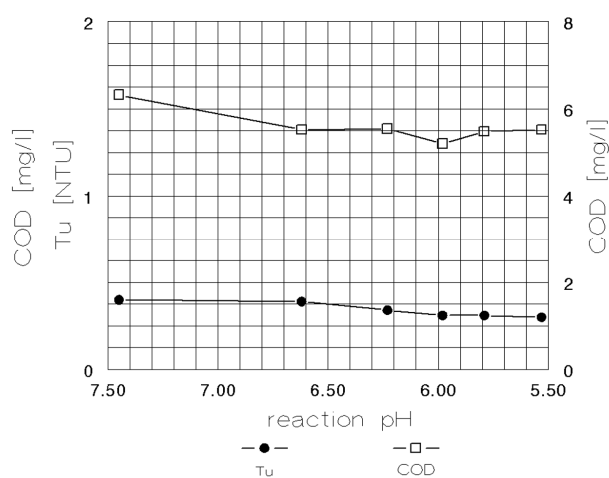
při odstraňování zákalu. Při odstraňování organických látek je účinnost PACl podstatně nižší a lepších výsledků je dosahováno při použití síranu hlinitého.

VLIV REAKČNÍHO pH PŘI POUŽITÍ KPE K ODSTRAŇOVÁNÍ ORGANICKÝCH LÁTEK

Protože čisté KPE téměř nemění pH vody, byly změny v reakčním pH prováděny dávkováním H_2SO_4 . Testy byly prováděny s L-100 při dávce $D = 0,002 \text{ ml.l}^{-1}$ a s Belflocem při dávce $D = 0,030 \text{ ml.l}^{-1}$. Dosažené výsledky jsou znázorněny na obr. 3 a 4. Je zřejmé, že k vyšší účinnosti odstranění zákalu dochází, a to pro oba použité KPE, při poklesu pH pod 6.0. Vliv pH na účinnost odstranění organických látek ($CHSK_{Mn}$) je v případě použití L-100 v podstatě zanedbatelný. Při použití Belflocu mělo okyselení surové vody částečný efekt na snížení hodnot organických látek. Došlo k snížení hodnoty $CHSK_{Mn}$ z 6.32 na 5.50 mg.l^{-1} .



Obr. 3. Vliv reakčního pH na zbytkové koncentrace Tu a $CHSK_{Mn}$

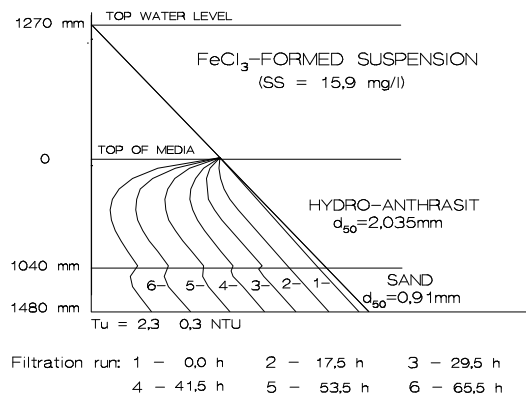


Obr. 4. Vliv reakčního pH na zbytkové koncentrace Tu a $CHSK_{Mn}$

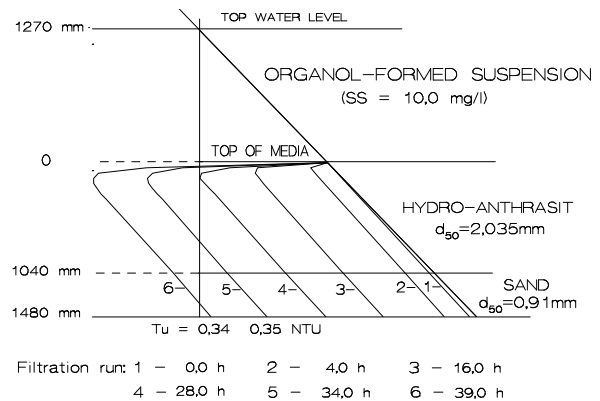
VLIV KPE NA FILTRACI

Na rozdíl od agregátů vznikajících při dávkování hydrolyzujících destabilizačních činidel, agregáty vytvořené pomocí KPE nepronikají hluboko do filtrační náplně a jsou zachycovány v horní vrstvě filtračního lože. S rostoucí dobou filtrace dochází na povrchu filtračního lože k tvorbě kalové membrány, čímž se mění filtrační proces z hloubkové filtrace na povrchové scezování. Filtrační testy provedené za stejných podmínek filtrace, tj. stejné filtrační rychlosti a stejné filtrační lože, a zpracované pomocí Michauových tlakových filtračních diagramů jsou znázorněny na obr. 5 a 6. Tyto diagramy jasně prokazují změnu procesu z hloubkové filtrace na povrchové scezování při použití KPE. Rozdílná kolmatace filtrační náplně je při použití hydrolyzujících činidel a KPE je také patrná z obr. 7 a 8.

Adhezní vlastnosti suspenze tvořené při použití KPE způsobují, že sebemenší nedostatek v návrhu filtrů se v porovnání s hydrolyzujícími činidly mnohonásobně znásobuje. Při použití KPE musí být zajištěno účinné praní filtrů, a to přednostně společné praní vzduchem a vodou. Pokud toto není zabezpečeno je provoz filtrů provázen značnými problémy [3-5].



Obr. 5. Michauův tlakový filtrační diagram
 Filtrační rychlost = 6,56 m/h,
 Tu(sv) = 12 NTU



Obr. 6. Michauův tlakový filtrační diagram
 Filtrační rychlost = 6,56 m/h,
 Tu(sv) = 14 NTU



Obr. 7. Kolmatace filtru při filtraci železité suspenze



Obr. 8. Kolmatace filtru při filtraci suspenze vytvořené pomocí KPE

ZÁVĚRY

1. Většina povrchových vod obsahuje technologicky významné organické znečištění. Tyto vody jsou běžně upravitelné do vysoké kvality použitím vhodného hydrolyzujícího destabilizačního činidla. Žádný z testovaných KPE nebyl schopen

upravit vodu to stejné kvality. Dále bylo zjištěno, že především přirozené KPE mohou být i zdrojem sekundárního znečištění organickými látkami.

2. V důsledku nízké celkové účinnosti úpravy vody není žádný z testovaných KPE schopen nahradit hydrolyzující destabilizační činidla. V žádném případě nejsou KPE vhodné pro úpravu vody s obsahem NOM a sporné je i jejich použití při odstraňování zákalu.
3. Mechanismus destabilizace a agregace částic, kterým působí hydrolyzující destabilizační činidla je výrazně účinnější než mechanismus tvorby mezičásticových můstků, který se uplatňuje při použití KPE.
4. Síran hlinitý a PACl jsou stejně účinné pro odstraňování zákalu a zbytkového Al-iontu. Při odstraňování organických látek je však podstatně účinnější síran hlinitý.
5. Použití směsných KPE není technologicky zdůvodnitelné. Pokud je použití KPE vyžadováno z důvodů zajištění stability provozu sedimentačního stupně (větší a pevnější vločky), pak je výhodnější použít hydrolyzující destabilizační činidlo a vhodný KPE aplikovat samostatně jako pomocné koagulační činidlo nebo místo KPE použít pomocný organický flokulant (anionaktivní nebo neionogenní polyelektrolyt).
6. Agregáty vytvořené dávkováním KPE mění proces filtrace z hloubkové na povrchové scezování.
7. Nárůst tlakové ztráty na filtrech při použití KPE je podstatně rychlejší než v při použití hydrolyzujících destabilizačních činidel.

PODĚKOVÁNÍ

Výzkum, jehož dílčí výsledky jsou publikovány v tomto příspěvku, byl řešen v rámci projektu GA ČR 103/07/1016 a výzkumného plánu AV0Z20600510. Autoři děkují za poskytnutou finanční podporu.

LITERATURA

1. Polášek, P., Mutl, S. (1995a): Guidelines to coagulation and flocculation for surface waters, Volume 1: Design principles for coagulation and flocculation systems. *PPA, Johannesburg.*
2. Polášek, P., Mutl, S. (1995a): Guidelines to coagulation and flocculation for surface waters, Volume 2: Evaluation of treatment process efficiency of different waterworks - Case studies. *PPA, Johannesburg.*
3. Polášek, P., Mutl, S. (1999): Treatability of water with cationic polyelectrolytes. *Proc. Conf. Problems in Fluid Mechanics and Hydrology, June 23-26, 1999. Ed. Vlasák, P. IH-ASCR, Praha.*
4. Polášek, P., Mutl, S. (2002a): Cationic polymers in water treatment, Part 1: Treatability of water with cationic polymers. *J. Water SA 28,1, p. 69-82*
5. Polášek, P., Mutl, S. (2002b): Cationic polymers in water treatment, Part 2: Filterability of CPE-formed suspension. *J. Water SA 28,1, p. 83-88.*