

Perspektivní postupy úpravy vody po roce 2000

Prof. Ing. Ladislav Žáček, DrSc.

Chemická fakulta VUT Brno

Cílem zásobování pitnou vodou je dodávka pitné vody v dostatečném množství a vyhovující jakosti při nejnižších možných nákladech. Vzhledem ke skutečnosti, že kvalita zdrojů pitné vody, které máme k dispozici většinou neodpovídá požadavkům na jakost pitné vody, je nutná úprava vody.

Technologické postupy úpravy vody pro hromadné zásobování se vyvíjejí desítky let, přičemž nedochází k zásadním změnám principů, ale spíše jde o nové modifikace umožňující zvýšit účinnost separace jednotlivých složek jako např. použití účinnějších koagulantů a flokulantů, sorpčních hmot a dezinfekčních a oxidačních prostředků. Rovněž k nepříliš velkým změnám dochází i u úpravárenského zařízení.

Nejstaršími technologickými postupy úpravy vody jsou pomalá biologická filtrace a dezinfekce. Tyto postupy jsou využívány více jak 100 let, přičemž v průběhu využívání dochází ke zvyšování účinnosti těchto procesů. Zprvu byla využívána pouze občasná dezinfekce chlorovými preparáty. Na počátku tohoto století byla v Paříži a Peterburgu aplikována ozonizace, která přispěla k potlačení epidemií. O něco později začaly být využívány koagulační procesy včetně odželezňování a odmanganování a provzdušňování a sorpční procesy. Ještě později se začaly využívat ionexy a membránové procesy.

V posledních padesáti letech se uvedené procesy využívají v různých modifikacích, směřujících ke zvyšování jejich účinnosti a to nejen při odstraňování klasického znečištění (bakterií, organických látek, železa a manganu) ale i anorganického a organického mikroznečištění, virů, sporů a specifických organických látek.

Pro separaci plyných složek (CO_2 , Rn , CH_4 , H_2S) se zprvu využívaly provzdušňovací komory s amsterodamskými provzdušňovacími tryskami. Toto zařízení bylo značně náročné na obestavěný prostor. Často docházelo k promáčení stěn komor. Později byla využívána skříňová zařízení s tryskami, kotlová provzdušňovací zařízení s děrovanými deskami. V sedmdesátých letech dávali projektanti přednost provzdušňovacímu zařízení typu INKA a kaskádovému provzdušňovacímu zařízení. V posledních letech se dává přednost provzdušňovacím věžím, při jejichž využívání se dosahuje velmi vysokého efektu eliminace plyných složek.

Rovněž značným vývojem prošlo i separační zařízení prvního separačního stupně. Od vertikálních a radiálních usazovacích nádrží se přešlo na čiríče s vločkovým mrakem různého typu (v posledním období vybavených lamelovou vestavbou). U klasických horizontálních usazovacích nádrží byly zlepšeny hydraulické vlastnosti úpravou vtoku i odtoku a instalací lamelové vestavby.

Podmínkou optimalizace separace v prvním separačním stupni je vhodná flokulace, tedy vytvoření dobře separovatelných vloček a to jak v horizontálních

usazovacích nádržích, tak i v čiřičích s vločkovým mrakem. Při návrzích flokulace bylo využíváno jak hydraulických způsobů (hydraulické žlaby, rychlomísiče s děrovanými přepážkami, tangenciální rychlomísiče, míchání vznášenou pískovou vrstvou), tak i mechanického míchání zejména s využitím pádlových míchadel (obvykle v kombinaci s horizontálními usazovacími nádržemi). Výjimečně bylo navrhováno využití vrtulových míchadel a to většinou pouze pro rychlé míchání. V posledním období se i pro pomalé míchání navrhuje hydraulické způsoby, přičemž použitím vhodného počtu děrovaných přepážek a vhodným nastavením velikosti otvorů lze regulovat průměrný rychlostní gradient v přijatelném rozmezí.

Rovněž proces pískové filtrace se neustále vyvíjí. Od jednovrstvých pískových filtrů s mezidnem, praných vzduchem a vodou anebo vodou přes dvou a vícevrstvé filtry s horní antracitovou vrstvou anebo vrstvou tvořenou kamenouhelnou drtí a popř. s využitím jemnozrnné vrstvy z materiálů s větší specifickou hmotností ve srovnání s pískem, k filtrům bez mezidna.

Zatím co u dvoustupňové úpravy není nutné předřazovat před filtrační stupeň flokulační zařízení, bývá to většinou třeba u koagulační filtrace. V tomto případě se takřka výhradně využívá hydraulických způsobů (homogenizace a rychlomísič s děrovanými přepážkami, míchání vznášenou pískovou vrstvou). Míchání vznášenou pískovou vrstvou je vhodné pouze u úpraven s nepřiliš kolísajícím výkonem.

U sorpčního zařízení (zejména při sorpci na zrněném aktivním uhlí) šel vývoj od dechloračních a adsorpčních filtrů přes adsorpční filtry využívající biologických procesů k sorpčním filtrům využívajících biosorpce s předřazenou oxidací nejčastěji ozonem. Výhodou posledně jmenovaného postupu je částečné rozštěpení organických látek s následným zvýšením sorpční kapacity sorbentu. Tímto způsobem se rovněž snižuje tvorba biologických vrstev v potrubí.

Významně se měnilo i směšovací zařízení ozonizovaného vzduchu s vodou. Od naprosto nevhodného zařízení využívajících roštů z děrovaného potrubí přes porézní desky nebo filtry (skleněné frity, karborundové kotouče) v oddělených komorách (protiproudé či souprodé uspořádání). Pro malé výkony se pro směšování ozonizovaného vzduchu s vodou využívalo rovněž vodního skoku. V poslední době se dává přednost výrobě ozonu z kyslíku a pro směšování se využívá porézních desek.

Pro zahušťování vodárenských kalů sloužily zprvu pouze kalová pole a kalové laguny. Teprve od sedmdesátých let se začaly využívat strojní způsoby zahušťování především pak kalolisy (v současné době jsou využívány na několika lokalitách v ČR).

Perspektivní postupy úpravy vody po roce 2000

Zhoršování životního prostředí na jedné straně a zpřísnění požadavků na jakost pitné vody na straně druhé vede k aplikaci stále účinnějších úpravárenských metod. S ohledem na ochranu životního prostředí je třeba aplikovat především metody produkující minimum odpadních látek zatěžujících životní prostředí.

Z těchto hledisek se ukazují jako perspektivní metody aerace, koagulační, sorpční a výměnné procesy, při jejichž aplikaci dochází k separaci závadných látek z vody v plynné či pevné formě.

Perspektivnost koagulačních procesů je dána především relativně vysokou účinností separace s přiměřenými náklady. Výhodou těchto procesů je rovněž skutečnost, že produkované kaly většinou nejsou závadné (pokud neobsahují větší množství toxických látek, těžkých kovů a radioaktivních látek). Rovněž vhodné jsou i sorpční procesy (i přes vyšší náklady ve srovnání s koagulací). Nepříliš závadné jsou i vyčerpané sorbenty, které je buď možno reaktivovat anebo likvidovat spalováním.

Na rozdíl od koagulačních, sorpčních a výměnných procesů nedochází při oxidačních a redukčních procesech k odstraňování závadných látek, ale pouze ke změně struktury, přičemž ne vždy jsou produkty chemické či biochemické oxidace méně hygienicky závadné ve srovnání s výchozími produkty. V řadě případů při dezinfekci a oxidaci vznikají toxické vedlejší produkty (trihalogenmetany a chlorované uhlovodíky, v případě přítomnosti bromidů i bromičnany). Rovněž i nezreagované produkty (chloritany) zhoršují jakost upravené vody. Pro minimalizaci vzniku závadných produktů je nutno uvedené metody aplikovat teprve po dokonalé separaci nerozpuštěných i rozpuštěných látek koagulačními i sorpčními procesy.

Volba optimálního úpravárenského postupu je závislá především na složení upravované vody a to na obsahu anorganických i organických složek.

V současné době je třeba se orientovat především na optimalizaci procesů úpravy vody. Optimalizace úpravy huminových vod se zaměřuje na aplikaci částečně neutralizovaných koagulantů (polyaluminiumchlorid), které většinou umožňují snížit dávku koagulantu a zvýšit účinnost separace jak vzhledem k huminovým látkám, tak i k obsahu zbytkového hliníku. Podle distribuce molekulových hmotností přítomných huminových látek je třeba volit i podmínky úpravy vody.

Pokud jsou přítomny především nízkomolekulární frakce huminových látek je třeba volit koagulační filtraci, v přítomnosti výšemolekulárních huminových látek je většinou vhodnější dvoustupňová separace s využitím usazovacích nádrží jako prvního separačního stupně. Vzhledem ke značné agresivitě huminových vod je vhodné jako poslední stupeň úpravy volit rekarbonizaci (zvyšování koncentrace Ca a HCO_3^- iontů dávkováním CO_2 a Ca(OH)_2).

Optimalizace úpravy eutrofizovaných vod je přirozeně závislá na počtu a zejména druhu organismů přítomných ve vodě. Při větším počtu organismů běžně se ve vodě vyskytujících se obvykle volí dvou až třístupňová úprava s předoxidací nejčastěji ozonem, aplikací železitých koagulantů popř. v kombinaci s pomocnými flokulanty. Problémy se vyskytují u vod čtvrté a páté kategorie upravitelnosti (jemné vláknité sinice a malé organismy - např. *Limnotrix redekei*, *Aulacoseira subartica*, *Chlamydomonas*, *Cryptosporidium* atp.) při relativně dobré kvalitě surové vody. Dosáhnout odstranění těchto organismů na mez přípustnou ČSN 75 7111 "Pitná voda" je zvláště obtížně řešitelné zejména v případech, kdy je k dispozici pouze jedноступňová

technologie, jejíž účinnost můžeme sice poněkud zvýšit při aplikaci předoxidace ozonem nebo manganistanem draselným (podmínkou je však volba optimální dávky oxidačního činidla a to na základě speciálního biologického testu, při němž se stanoví stupeň narušení organismu ve vazbě na jeho odstranitelnost z vody) a částečně neutralizovaného koagulantu.

Často se vyskytuje při úpravě povrchových i podzemních vod problém odstranění specifických organických látek a toxinů z vody. Nejvhodnějším řešením je v tomto případě ochrana zdroje před znečištěním specifickými organickými látkami a živinami. Pokud nelze dokonale ochránit zdroj, je nutno při úpravě aplikovat sorpci v kombinaci s oxidací (nejlépe ozonizací), přičemž je bezpodmínečně nutné vodu nejprve dokonale vyčiřit, tj. úplně odstranit výšemolekulární frakce přirozených organických látek a organismy. Jedině za tohoto předpokladu bude účinnost odstranění specifických organických látek a toxinů při sorpci na zrněném aktivním uhlí vyhovující a nedojde k brzkému vyčerpání sorpční kapacity sorbentu. Tuto technologii lze aplikovat i při snižování koncentrace biodegradabilního organického uhlíku, při jehož vyšší koncentraci dochází ke tvorbě biologických vrstev na potrubí (biologické vrstvy jsou příčinou rychlé spotřeby dezinfekčního činidla a mohou být příčinou bakteriologické závadnosti ke spotřebiteli dopravované vody).

Optimální parametry biologických procesů probíhajících v oxických podmínkách (pomalá biologická filtrace, umělá infiltrace, nitrifikace, odstraňování Fe a Mn a NH_4^+ v horninovém prostředí) je třeba volit v závislosti na aplikovaném procesu, složení vody a hydrogeologických podmínkách ve vazbě na konkrétní lokalitu. Při denitrifikaci vody v reaktoru anebo v horninovém prostředí je nutno kontrolovat dávku živin (většinou etylalkohol) a její rovnoměrné rozdělení do upravované vody tak, aby nedocházelo k místnímu předávkování a poddávkování, jehož důsledkem je jednak zvýšený obsah živiny a produktů jejího odbourávání v upravené vodě a jednak nedostatečná denitrifikace a zvýšený obsah dusitanů v upravené vodě.

Při optimalizaci dezinfekčních procesů je třeba volit vhodný dezinfekční prostředek a jeho optimální dávku. Podmínkou účinné dezinfekce je odstranění výšemolekulárních přirozených organických látek se značnou spotřebou dezinfekčního činidla, zejména chloru a snížení koncentrace amonných iontů ve vodě. Důsledkem větší koncentrace prekursorů tvorby THM je vyšší koncentrace THM v dezinfikované vodě (pokud není volen jiný způsob dezinfekce než použití chloru - ClO_2 a O_3). Důsledkem větší koncentrace amonných iontů ve vodě je velmi často nedostatečná dezinfekční účinnost (zejména ve vztahu k organismům odolným nízkým dávkám chloru ve vodě) a vyšší koncentrace chloraminů v dezinfikované vodě (koncentrace chloraminů ve vodě je v některých evropských státech limitována).

Značným problémem je zejména u povrchových vod agresivita upravené vody. Vysokou agresivitou vody vůči oceli a litině potvrzují průzkumy jakosti pitné vody, z nichž je zřejmé, že asi dvě třetiny dodávané pitné vody překračují meznou hodnotu Fe ve vodě (ve vztahu k ČSN 75 7111 "Pitná voda" [1]). Podstatně omezit agresivitu

upravené vody je možno aplikací rekarbonizace (dávkování CO_2 a hydroxidu vápenatého popř. filtrace přes uhličitán vápenatý vhodného zrnění).

V poslední době se v zahraničí stále častěji uplatňují membránové procesy (mikrofiltrace, ultrafiltrace, nanofiltrace, reversní osmóza). Tyto procesy jsou vhodné pro menší kapacity a pro relativně čisté vody, které nevyžadují příliš složitou předúpravu (jinak dochází k rychlému zanášení membrán).

Velmi slabým článkem je v našich úpravách vody kalové hospodářství. Proto je nutné mimo běžného gravitačního způsobu zahušťování vodárenských kalů ve větší míře aplikovat strojní způsoby zahušťování s využitím kalolisů či pásových lisů. Ve větší míře by měly být vodárenské kaly využívány v zemědělství (vápenaté kaly a kaly z biologické úpravy vody) a ve stavebnictví (výroba cihel, tvárnic).

Perspektivní metody úpravy vody po roce 2000 uvádí tab. 1.

Literatura:

- [1] SOVAK: Výsledky průzkumu kvality dodávané pitné vody za rok 1998, Vodohospodářský podnik Plzeň, 1999.
[2] Žáček L.: Program vzdělávání VAS a.s. 1999.

Tab. 1: Perspektivní postupy úpravy vody

Proces	Odstraňovaná složka, účel
mikrofiltrace	suspendované látky, řasy
koagulace	jemné suspenze, koloidy, organismy, bakterie, rozpuštěné látky (tvorba komplexů)
adsorpce na aktivním uhlí	rozpuštěné organické látky
iontová výměna	kationty a anionty
membránové procesy	kationty, anionty, rozpuštěné organické látky
oxidace	oxidovatelné anorganické složky, organické látky
dezinfekce	choroboplodné zárodky
pomalá biologická filtrace	organické látky, živiny, bakterie
infiltrace	organické látky, živiny, bakterie
nitrifikace	amonné ionty
denitrifikace	dusičnany
odželezňování a odmanganování	železo, mangan
dekarbonizace	Ca , Mg , HCO_3^-
rekarbonizace	omezení koroze

