

Някои изследвания върху замърсяването на ултрафилтрационни мембрани с органични вещества, съдържащи се в природни води

Станислава Павлова

Abstract: *The origin and the characteristics of organic matter fouling on ultrafiltration membranes UPM-50 are found. The regeneration procedures applied based on mechanical and chemical tretement follow to complete membrane recovery in sense of water flux.*

Key words: *ultrafiltration membrane, organic matter, natural water*

ВЪВЕДЕНИЕ

Колматацията е явление на натрупване на отлагания върху мембранната повърхност и/или в нейните пори, водещо до промяна в характеристиката на мембраната.

Колматацията на мембраните за ултрафилтрация може да е предизвикана от отлагането върху тях на различни онечиствания, съдържащи се в обработваната вода – метални окиси, колоидни, органични и суспендирани вещества, както и биоматерия. За да се избегне това нежелано явление, водещо до намаляване на производителността на мембраните и тяхната селективност, най-важната превантивна мярка е предмембранната обработка на водата [1,2].

Правилно проектираните инсталации за ултрафилтрация, при които са спазени изискванията за предварителното обработване на водата, не изискват често почистване на мембраните. При необходимост от почистване обаче се използват следните методи: механично, хидравлично и химично почистване. Последните могат да се прилагат самостоятелно или в различни комбинации [3,4].

ИЗЛОЖЕНИЕ

За експериментите е използвана инсталация с плосък модул с монтирана ултрафилтрационна мембрана УПМ-50 (Русия). Констатираната намаляваща селективност на мембраната с течение на времето в хода на по-продължителната ѝ експлоатация, обосноваха необходимостта от изследване на възможностите за почистване на частично колматиралата мембрана. Изборът на способ и най-вече видът на химичните реагенти за химично почистване зависят от състава на веществата, колматирани мембраните. В конкретния случай инсталацията за ултрафилтрация е защитавана с природна вода (вода от Бургаски градски водопровод), несъдържаща метални окиси и с ниско съдържание на суспендирани вещества в нея. Веществата, предизвикали частичната колматация на мембраната са органично-колоидни формации от типа на хуминовите и фулвокиселини. Изхождайки от тази информация са подбрани методи и реагенти за регенериране на мембраната. За целта на последната са прилагани следните обработки: механично почистване – снемане на образувалия се слой от примеси върху мембраната по механичен път и неколкократно промивка с дейонат; химично почистване – след механично почистване мембраната се третира с химични реагенти в продължение на 24 часа, след което се промива с дейонат. За химичната обработка са използвани реагентите: 1% разтвор на натриев хексаметафосфат; алкализирани разтвор на лимонена киселина – 2% разтвор на лимонена

киселина и NH_4OH с различно рН на смесения разтвор.

За различните приложени методи за почистване на мембраната, както и за различните работни налягания на инсталацията са изследвани следните показатели: перманганатна окисляемост, даваща информация за съдържанието на органични вещества в ултрафилтратата; хуминови киселини, даващи информация за съдържанието на колоидни вещества в ултрафилтратата; относителна производителност на мембраната; модифициран фаулинг индекс (MF), даващ информация за колматацията на мембраната.

Експерименталните резултати, получени при проведените експерименти, са представени в таблици 1–4.

Таблица 1. Коефициент на задържане (R, %) на органичните вещества в зависимост от начина на почистване на мембраната и приложените налягания

Вид* на почистване на мембраната	R, %		
	0,1 МПа	0,2 МПа	0,3 МПа
A	22,8	26,2	34,1
B	25,0	29,3	35,7
C	26,3	30,8	35,7
D	27,3	32,4	36,7
E	32,1	36,3	43,3

* А – мембрана преди почистване; В – мембрана след механично почистване; С – мембрана след химично почистване с натриев хексаметафосфат; D – мембрана след химично почистване със смесен разтвор до рН 5,98; E – мембрана след химично почистване със смесен разтвор до рН 10,78

Таблица 2. Коефициент на задържане (R, %) на хуминовите киселини в зависимост от начина на почистване на мембраната и приложените налягания

Вид на почистване на мембраната	R, %		
	0,1 МПа	0,2 МПа	0,3 МПа
A	22,5	27,5	32,4
B	22,1	28,0	32,0
C	23,0	29,1	32,7
D	22,5	27,5	33,3
E	31,6	38,6	43,8

Таблица 3. Изменение на относителната производителност на мембраната в зависимост от начина на почистване на мембраната и приложените налягания

Вид на почистване на мембраната	Производителност, $m^3/m^3 \cdot d$		
	0,1 MPa	0,2 MPa	0,3 MPa
A	1,56*/1,30*	2,08/1,82	2,60/1,82
B	1,25/1,08	1,98/1,20	2,44/1,56
C	1,42/1,18	2,08/1,87	2,80/1,91
D	1,60/1,30	2,31/1,92	3,03/2,48
E	1,81/1,52	2,40/1,92	3,12/2,70

*- в началото и в края на работния период

Таблица 4. Изменение на MF в зависимост от начина на почистване на мембраната и приложените налягания

Вид на почистване на мембраната	MF, s		
	0,1 MPa	0,2 MPa	0,3 MPa
A	180	171	163
B	153	146	139
C	128	120	116
D	87	82	78
E	88	85	80

Колматирането (замърсяването) на мембраните най-общо е резултат от специфично взаимодействие между мембраната и различните разтворени и колоидно диспергирани вещества в потока разтвор, а е възможно и между адсорбираните върху мембраната вещества. При това всеки компонент от потока може да реагира с мембраната по различен начин.

Данните от табл. 1 и 2 показват ефекта от прилаганите различни способности за почистване на мембраната по отношение на органичните и колоидни примеси, колматирали ултрафилтрационната мембрана. Като най-удачна обработка се оказва химичното почистване на мембраната със смесен разтвор – алкализирания разтвор на лимонена киселина. При това, по-високото рН на разтвора повишава регенериращия ефект и влияе благоприятно на отстраняването на органичните и колоидни вещества от получавания продукт. Работният рН интервал за използваната мембрана е до 12.

При по-високите приложени налягания в инсталацията с химичното почистване на мембраната се постига по-добър ефект.

Прави впечатление факта, че коефициентите на задържане по двата показателя – перманганатна окисляемост и хуминови киселини са много близки за всички изследвани варианти и работни условия на експеримента. Това е всъщност доказателство, че основната част от примесите, колматирани мембраната, са колоидно-органични формации от типа на хуминовите киселини. Отстраняването на последните е задоволително, което е особено добре подчертано при химичното почистване на ултрафилтрационната мембрана.

Относителната производителност на мембраната (табл. 3) също се влияе положително от приложените химични методи за почистването ѝ. Механичното почистване на мембраната обаче не е в състояние да възстанови нейната производителност. Това е указание, че между ултрафилтрационната мембрана и адсорбираните върху нея органични вещества от типа на хуминовите киселини, както и между самите вещества, колматирани мембраната, най-вероятно са възникнали химични взаимодействия. Негативният ефект от последните не може да бъде отстранен само чрез механичното почистване на мембраната. Химичното ѝ третиране с алкализирания разтвор на лимонена киселина до възможно по-високото, допустимо за мембраната рН води до нарастване на нейната относителна производителност. Това е особено подчертано при по-високите приложени работни налягания.

В таблица 4 са отразени данните за модифицирания фаулинг индекс, получен при приложените методи за регенериране на замърсената мембрана. Този показател дава най-точна и достоверна информация относно степента на колматиране на ултрафилтрационната мембрана от съдържащите се в обработваната вода колоидни примеси. За водата на вход на модула са измерени следните гранични стойности за MF, получени с мембранен филтър 0,45 μm : 302 – 318 s. Както се вижда от данните за този показател на ултрафилтратата най-ниски стойности са констатирани при третиране на мембраната с алкализирания разтвор на лимонена киселина. При това промяната на рН на разтвора не оказва никакво съществено влияние върху стойността на MF. При всички експерименти стойностите на този показател намаляват с увеличаване на приложеното налягане. Химичната обработка на мембраната с двата използвани реагента е удачна и позволява с така почиствената мембрана да се получи ултрафилтрат, задоволяващ най-строгите изисквания за продукта – изискванията за вход на модулите за обратна осмоза със спирални мембрани и мембрани тип "кухо влакно" по показателя MF – под 150 s.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведени са изследвания върху замърсяването с органични вещества от типа на хуминовите киселини, съдържащи се в природни води, на мембрани за ултрафилтрация и възможността за почистването им. Експериментално са изпитани два метода за регенериране на колматирала мембрана за ултрафилтрация УПМ – 50 (Русия) – механичен и химичен. За последния са изследвани два химични реагента, единият от които – в различни модификации на рН на средата.

Установено е, че химичното почистване на изследваната мембрана за ултрафилтрация с алкализирания разтвор на лимонена киселина при възможно по-високо рН възстановява селективността и производителността на мембраната. Химичната регенерация на мембраната с по-горе посочения

реагент може да се извършва след по-продължителен период на нейната експлоатация, когато колматацията е в по-голяма степен и механичното ѝ почистване не дава вече положителен ефект.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Sayed R., J. Harris F. Sherkat. J. Membr. Sci., 114, 1996, 93 – 104.
- [2] Zhao Y., W. Kaifen L. Shushen. J. Environ. Sci. 12, 2, 2000, 2 – 16.
- [3] Mavrov V., Iv. Dobrevsky, A. Dimov. Membrani I Membranni Prosesi pri Najjagane, Technika, 1990, 161.
- [4] Thorsen. T.Y., W. Kaifen. J. Membr. Sci. 233, 2004, 79 – 91.

За контакти:

Доц. д-р Станислава Павлова, Катедра “Технология на водата, неорганичните вещества и силикати”, Университет “Проф. д-р Асен Златаров”, тел.: 056/858 447, e-mail: spavlova@mail.bg

Докладът е рецензиран