

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ МЕМБРАННОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД КОНСЕРВНИХ ВИРОБНИЦТВ

Коваленко О.О., д-р техн. наук, Патік Т.П., аспірант
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

У статті наведено результати експериментальних досліджень процесу мембранного очищення стічних вод підприємств консервної галузі на пілотній установці. Визначено ефективність видалення ряду компонентів забруднювальних речовин модельної системи залежно від технологічних режимів роботи установки.

Results of experimental researches of process of membrane sewage cleaning by pilot apparatus are represented in this article. Removal efficiency of some contaminants components of modal system are testing dependence of technological operating regime.

Ключові слова: стічні води, консервні підприємства, мембранні технології, зворотний осмос.

Джерела утворення стоків на промислових підприємствах численні та різняться тривалістю накопичення, об'ємом утворення та хімічним складом. Найчастіше ідентифікують такі потоки: водовідвід з систем промислового водопостачання; водовідвід з систем циркуляції промислових вод; стоки від прямого використання промислових вод; відвід стоків, що утворюються в процесі миття тари, обладнання, приміщень та ін.; відвід дощових вод [1].

Стічні води консервних виробництв за хімічним складом близькі до господарсько-побутових, тому переважна більшість їх неочищеними скидається до каналізаційної мережі, створюючи серйозне екологічне навантаження на навколишнє середовище. Крім того, такий підхід до використання водних ресурсів в умовах зростаючого дефіциту та низької якості питної води, а також стрімко зростаючих тарифів на воду є вкрай нерациональним [2].

Для очищення промстоків досить успішно почали використовувати методи, засновані на мембранному розділенні. На відміну від ряду фізико-хімічних, хімічних та біологічних способів очищення стічних вод, мембранні технології не потребують значних територій та експлуатаційних витрат, мають модульну конструкцію обладнання, вони є більш екологічно безпечними. Разом з тим, мембранні технології сьогодні ще не можна вважати досконалими. Вартість та ефективність процесу мембранного очищення стічних вод значною мірою залежить від ступеня їх забрудненості, а також технологій і обладнання, які використовуються для їх обробки. Режими експлуатації апаратів для мембранних технологій (робочий тиск, температура, хімічний склад розчину, швидкість і характер руху розчину в міжмембранному каналі, концентрація забруднювальних компонентів та ін.) чинять визначальний вплив на ефективність процесу розділення розчинів. Крім того, мембранні технології не завжди дозволяють отримати необхідний ефект через забруднення мембран осадами речовин різної природи та пов'язаного з цим погіршення показників роботи мембран. Тому кожен мембранний процес необхідно адаптувати під конкретний продукт, вибрати мембрану, оцінити її ресурс, проаналізувати способи його підвищення, оптимізувати енерговитрати, розробити методику регенерації, розрахувати мембранний апарат і т. ін.

Застосування мембранних технологій для очищення загальних стоків консервних виробництв без їх серйозної попередньої обробки може призвести до швидкого засмічення та руйнації мембрани [3]. Тому метою даної роботи є виявлення можливості відокремлення певних, менш забруднених потоків стічних вод для їх очищення та повторного використання у виробництві. На консервних підприємствах до таких стоків відносять барометричні води, конденсати пари з теплообмінного обладнання, а також воду, яку використовують як теплоносії для охолодження чи нагрівання (через теплопередавальну поверхню) технологічних рідин.

Об'єктами дослідження є конденсат, що утворюється в процесі концентрування виноградного, яблучного та томатного соків, барометрична вода, яка утворюється у випарних установках за рахунок змішування конденсату та води, що виступає в якості охолоджувального агенту, а також процес мембранного розділення цих «стоків» на пілотній мембранній установці.

Визначення фізико-хімічних показників конденсату та барометричної води здійснювали за стандартними методиками [4]. Проведений хімічний аналіз зразків конденсату показав, що вони характеризуються кислотним середовищем (рН в межах від 3,7 до 4,2), містять розчинні речовини з масовою часткою в межах від 1,5 до 5 %, а також азот амонійний та ароматичні речовини (табл. 1).

Таблиця 1 – Хімічний склад конденсату

Найменування показників	Концентрація в конденсаті		
	томатний	яблучний	виноградний
Кольоровість, град.	0	20	15
Запах 20/60 °С, бали	2	1	2
Завислі речовини, мг/дм ³	0,12	0,46	0,28
Сухі речовини (за рефрактометром), %	1,5	5	3
Твердість, мг-екв./дм ³	відсутн.	1,9	1,5
Залізо, мг/дм ³	відсутн.	відсутн.	відсутн.
Азот амонійний, мг/дм ³	0,0036	0,0075	0,0065
pH	4,24	4,23	3,73
t, °С	20	20	20
Мінералізація по NaCl, мг/дм ³	10,0	-	97,2
Титрована (загальна) кислотність, %	0,0059	0,058	0,0117

За літературними даними [5], хімічний склад барометричної води значно коливається залежно від походження конденсату та води, що використовується для його охолодження.

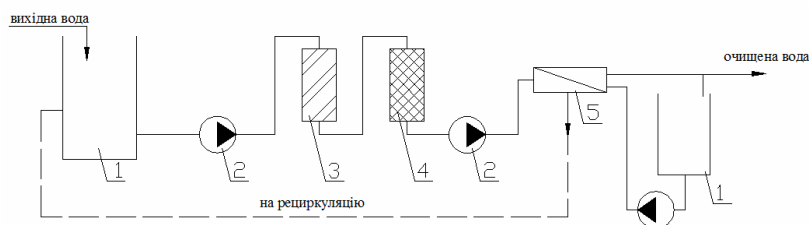
З урахуванням аналітичних і практичних досліджень, з використанням даних, наведених у [6], була складена модельна система (табл. 2).

Таблиця 2 – Хімічний склад барометричної води та модельної системи

Найменування показників	Концентрація	
	барометрична вода	модельна система
Кольоровість, град.	≤ 20.	15
Запах 20/60 °С, бали	≤ 5.	3
Завислі речовини, мг/дм ³	≤ 10.	0,28
pH	6,5 – 9,3	8,03
t, °С	15 – 55	20
Лужність загальна, ммоль/дм ³	≤ 500.	9,2
Твердість, мг-екв./дм ³	≤ 900.	8,6
Залізо, мг/дм ³	≤ 1.	0,3542
Азот амонійний, мг/дм ³	≤ 2,6	1,264
Хлориди, мг/дм ³	≤ 300.	41,84

Нами та компанією «Вотермарк» виготовлена пілотна установка, основним елементом якої є зворотно-осмотична мембрана. Процес мембранного розділення досліджували з використанням модельного розчину. Апробована схема очищення (рис. 1) включала в себе такі технологічні модулі: насосна станція потужністю 0,03 – 0,42 м³/год для забезпечення подачі модельної системи на схему фільтрації; груба механічна фільтрація на промивному фільтрі тонкого очищення з розміром нижніх/верхніх пор 95/100 мкм; фільтрація на волоконному фільтрі; модуль зворотноосмотичної мембрани рулонного типу.

Для збільшення конверсії концентрат направляли на повторне очищення в резервуар вихідної води (рецикл концентрату). Раз на тиждень мембрану промивали зворотним током очищеної води.



1 – резервуар; 2 – насос; 3 – сітчастий фільтр; 4 – волоконний фільтр; 5 – зворотноосмотична мембрана

Рис. 1 – Принципова схема очищення стічних вод

В установці передбачено можливість використання мембран різних видів та дослідження ефективності їх роботи при зміні ряду технічних та режимних характеристик.

За результатами досліджень розраховані показники, що характеризують роботу мембрани: селективність, продуктивність і конверсія.

Графічні залежності зміни селективності мембрани при різних технологічних режимах представлені на рис. 2 – 6.

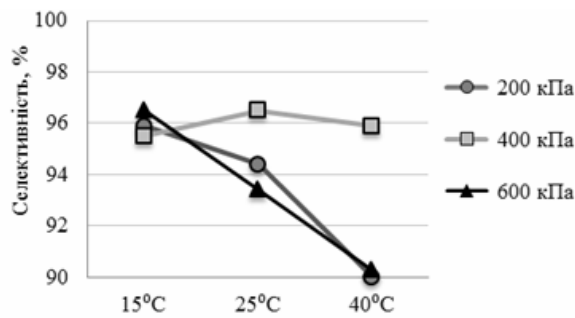


Рис. 2 – Селективність мембрани за лужністю при різних режимах роботи установки

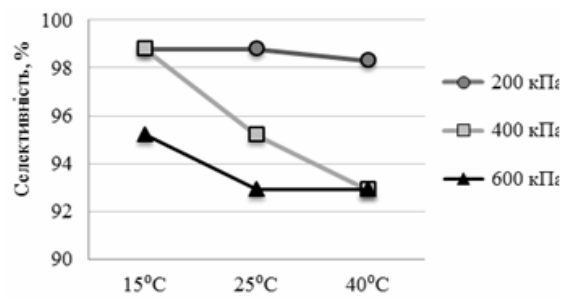


Рис. 3 – Селективність мембрани за жорсткістю при різних режимах роботи установки

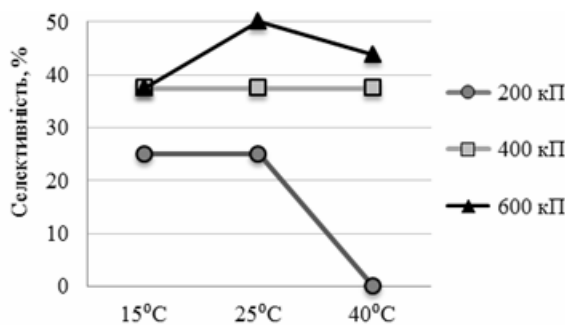


Рис. 4 – Селективність мембрани за азотом амонійним при різних режимах роботи установки

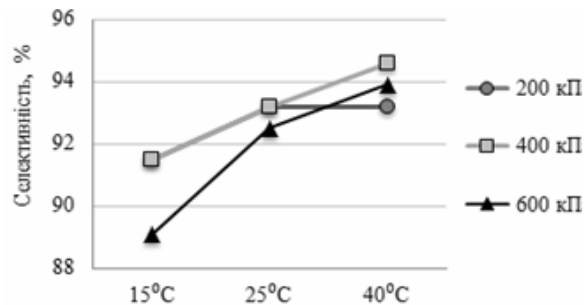


Рис. 5 – Селективність мембрани за залізом при різних режимах роботи установки

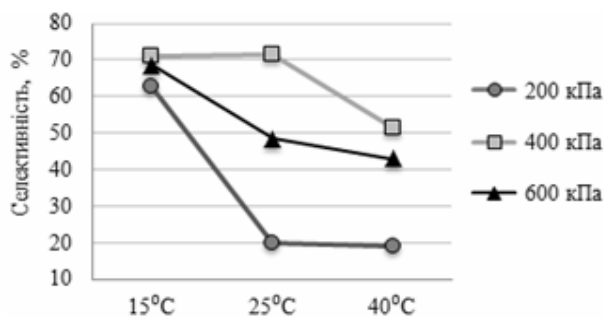


Рис. 6 – Селективність мембрани за хлоридами при різних режимах роботи установки

(рис. 6).

Найбільшу продуктивність мембрани (рис. 7) спостерігали при температурі 40 °C для всіх значень тиску (100, 200 та 400 кПа).

Найвища конверсія (рис. 8) досягалась при тиску 200 кПа для всіх значень температури (15, 25 та 40 °C).

Як свідчать результати проведених досліджень, найбільша селективність мембрани за контрольованими показниками досягається при таких режимах:

- 1) за лужністю – при $P = 400$ кПа і $t = 25$ °C (рис. 2);
- 2) за жорсткістю – при $P = 400$ кПа і $t = 15$ °C (рис. 3);
- 3) за азотом амонійним – при $P = 600$ кПа і $t = 25$ °C (рис. 4);
- 4) за залізом – при $P = 400$ кПа і $t = 40$ °C (рис. 5);
- 5) за хлоридами – при $P = 400$ кПа і $t = 25$ °C

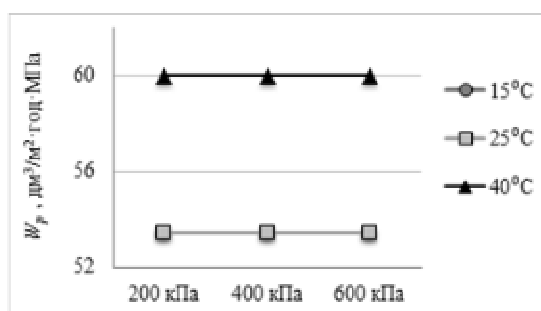


Рис. 7 – Залежність продуктивності мембран від витрат пермеату

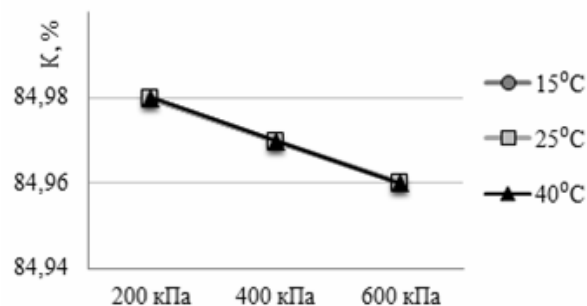


Рис. 8 – Залежність конверсії мембрани від тиску

За даними літератури, рекомендувати очищені стічні води для повторного використання у виробництві можна, якщо вони відповідають [7]. Однак, оскільки походження стоків не передбачає первісного вмісту мікроорганізмів, то контроль модельного розчину за показниками, зазначеними у цьому документі, не здійснювали.

Висновки

З отриманих результатів видно, що при низькій температурі модельного розчину (15 °C) та високому тиску роботи установки (400 кПа) досягається максимальна ефективність вилучення забруднювальних речовин (для досліджуваного режимного діапазону роботи). Але ця закономірність несправедлива для заліза – тут найбільшу ефективність роботи установки можна досягти при мінімальному тиску (100 кПа).

Метою продовження експериментальних досліджень буде розширення режимного діапазону роботи мембранної установки, врахування впливу зміни концентрацій забруднювальних речовин на результати процесу розділення та визначення впливу енергетичних витрат різних режимів роботи установки на варіативність процесу очищення.

Оптимізація режимних параметрів процесу мембранного очищення з урахуванням хімічного складу стоків дасть можливість сформулювати критерій вибору оптимального способу та умов очищення стічних вод з метою зменшення екологічного навантаження на навколишнє середовище та підвищення ефективності використання водних ресурсів на харчовому підприємстві.

Література

1. Запольський, А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підруч. для студ. вищих навч. закладів / Анатолій Кирилович Запольський. – К.: Вища шк., 2005. – 671 с. – ISBN 966-642-234-4.
2. Kopytowski J.A. (M. Sc. Ph. D) How to increase industrial water productivity / J.A. Kopytowski (M. Sc. Ph. D) // Technology Foresight Summit. Symposium on Water Productivity in the Industry of the Future. ICRI, Warsaw, Poland, 2007.
3. Патік, Т.П. Проблеми та перспективи застосування мембранних технологій для очищення стічних вод харчових підприємств [Текст] / Т.П. Патік, Д.В. Мочернюк // 36. тез доповідей Всеукраїнської наук.-практ. конференції молодих учених, аспір. і студ. «Вода в харчовій промисловості». Одеса: ОНАХТ, 2011. – С. 101 – 102.
4. Новиков Ю.В. и др. Методы исследования качества воды водоёмов / Новиков Ю.В., Ласточкина К.О., Болдина З.Н.: Под ред. А.П. Шицковой. – М.: Медицина, 1990. – 400 с.: ил. ISBN 5-225-00352-4.
5. Усовершенствование системы водоподготовки производства этил-бензол-стирола. – 03.11.2008 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.bestreferat.ru/referat-120826.html>.
6. Территориальные строительные нормы. Методические указания (регламент) по сертификации водочистного оборудования индивидуального (бытового) и коллективного пользования систем водоснабжения и водоотведения территории Московской области. Москва, 1998. – 120 с.
7. СанПиН 2.1.5.-11 «Гигиенические требования к использованию природных и сточных вод в системах технического водоснабжения».