

УДК 628.16:664

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕМБРАННИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВИРОБНИЧОЇ ПІДГОТОВКИ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

Дейниченко Г. В., д.т.н.,

Гузенко В. В., к.т.н.

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

Тел. (057) 349-45-56

Перекрест Н. Г., асистент,

Кізілов О. К., магістрант

*Донецький національний університет економіки і торгівлі ім.*

*М.Туган-Барановського, м. Кривий Ріг*

**Анотація** – у роботі висвітлено питання щодо використання мембранних процесів з метою розробки ресурсозберігаючих технологій під час виробничої підготовки води. Надано аналіз і характеристику різних способів традиційної і мембранної підготовки та очищення води для харчової промисловості. Визначено переваги застосування мембранних процесів водопідготовки та водоочищення в різних галузях харчової промисловості.

**Ключові слова** – вода, процес, технологія, мембрана, підготовка, очищення.

*Постановка проблеми.* Сьогодні інтенсивний розвиток харчової промисловості в світі спричиняє значне зростання споживання питної води. Після введення більш жорстких стандартів якості питної води очищення за традиційною технологією поверхневих вод в умовах контрольованого зростання їх забрудненості визнана в розвинених країнах незадовільною через наявність у питній воді продуктів хлорування, органічних речовин, пестицидів та інших шкідливих речовин [1].

Необхідність дотримання спеціальних вимог до якості води, яка застосовується на харчових виробництвах, вимагає впровадження технологій доочищення питної води на підприємствах харчової промисловості багатьох країн світу. Крім того, люди потерпають від неякісних харчових продуктів, виготовлених з використанням неефективно очищеної питної води [2].

*Аналіз останніх досліджень.* Сьогодні в нашій країні до води, яка застосовується в технологічному процесі виробництва харчових продуктів, ставлять досить жорсткі вимоги, що визначені

технологічними інструкціями [3]. У цих вимогах встановлена максимально допустима кількість речовин, які можуть міститись у воді [4]. Тому вода, що безпосередньо використовується в технологічному процесі виробництва харчових продуктів, повинна проходити спеціальну підготовку [5].

Якість дослідження та екологічна безпека очищених вод визначаються насамперед якістю проектів як технологічних процесів, так і очисних споруд [6]. Тому розробка та дослідження сучасних природоохороних технологій, які запобігають забрудненню поверхневих та підземних вод чи ведуть до суттєвого їх зменшення, потребують якнайшвидшого впровадження [7]. Сьогодні економісти та технологи повинні розуміти, що та технологія є економічною та безпечною, яка є екологічною.

Постановка завдання. Метою роботи є аналіз і характеристика переваг та недоліків застосування мембранних технологій водопідготовки та водоочищення з визначенням напрямів при розробці енергозберігаючих технологій для одержання якісної очищеної води для потреб харчової промисловості.

*Основна частина.* У сучасних умовах для обробки води в харчовій промисловості використовуються процеси відстоювання, коагуляції, пом'якшення (термічний, іонообмінний, мембранний електродіаліз та дистиляційні способи), а для знезараження – хлорування, озонування, мікрофільтрація, анодне окиснення тощо [8].

Порівняно з існуючими традиційними методами, що вимагають великих площадок, багатокрокової технологічної обробки, великих експлуатаційних витрат та значної кількості експлуатаційного персоналу, дедалі більшого визнання набувають баромембранні технології одержання високоякісної водопідготовки.

Сьогодні в процесах водопідготовки та водоочищення використовують два основні види фільтраційних процесів – звичайну фільтрацію та мембранну фільтрацію. Різновид та взаємне розміщення цих процесів представлено на рис. 1. При цьому для водопідготовки у виробництві харчових продуктів використовуються різні процеси мембранної обробки: фільтрація, мікрофільтрація, ультрафільтрація, нанофільтрація, зворотний осмос, тощо [9].

Звичайна фільтрація призначена для виділення з води, що обробляється, частинок з розміром понад 10 мкм, мембранна фільтрація відокремлює частинки дисперсної фази, розмір яких становить менше 10 мікрон [10].

Мікрофільтрація (МФ) займає проміжне положення між ультрафільтрацією і звичайним фільтруванням. Мікрофільтрацію застосовують для очищення води від колоїдних та завислих частинок, бактерій, розмір яких складає 0,1...10 мкм. Робочий тиск процесу за різними джерелами становить від 0,03...0,1 МПа до 0,01...0,2 МПа.

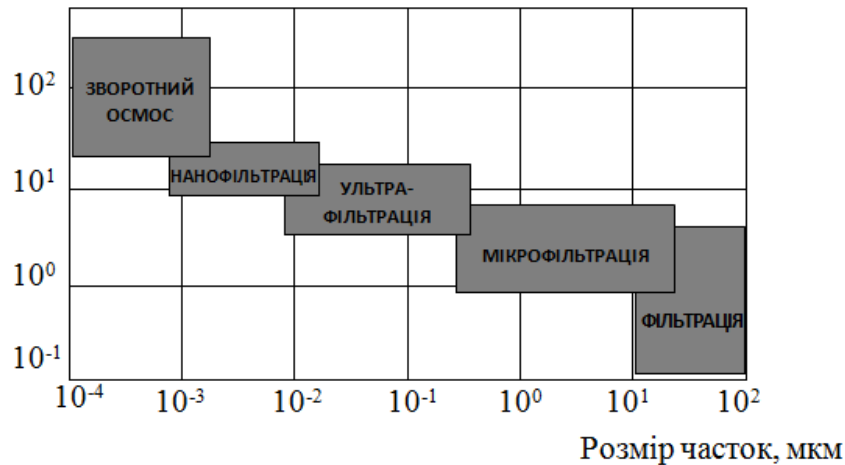


Рис. 1. Види фільтраційних процесів для водопідготовки.

Ультрафільтрація (УФ) – процес мембранного відділення від водного розчину високомолекулярних сполук (розмір частинок 0,001...0,02 мкм; величина робочого тиску – 0,1...1,0 МПа), а також їх фракціонування. Процес УФ використовується в тому випадку, коли молекулярна маса розчинених компонентів набагато більше молекулярної маси розчинника.

Зворотний осмос (ЗО) – рідинно-фазовий баромембранний процес, під час якого під дією прикладеного до мембрани робочого тиску відбувається селективне перенесення розчинника проти градієнта його осмотичного тиску. Суть зворотньоосмотичного процесу полягає у фільтруванні розчинів під тиском через напівпроникні мембрани, які пропускають розчинник (воду) і повністю або частково затримують молекули або іони розчинених речовин.

Основною відмінністю ЗО від інших баромембранних процесів є дуже маленький розмір пор і, відповідно, високий робочий тиск, що зумовлюють значно більший гідродинамічний тиск у порівнянні з іншими типами мембран.

Нанодифльтрація застосовується для очищення водних розчинів від органічних речовин і мінеральних домішок на стадіях, що передують фінішному очищенню води іонним обміном або електродіалізом. Природні та технічні води обробляють нанодифльтрацією за низького робочого тиску, що забезпечує затримання високомолекулярних органічних речовин і колоїдів, мікроорганізмів, солей жорсткості, а також знижує забарвленість води.

Основні робочі характеристики баромембранних процесів, що використовуються під час водопідготовки та водоочищення, представлені у табл. 2 [11, 12].

Таблиця 2 – Основні параметри і характеристики різних видів мембранної фільтрації поверхневих вод

Характеристика	Мікро-фільтрація	Ультра-фільтрація	Нано-фільтрація	Зворотний осмос
Матеріал	Поліамід, поліпропілен, полісульфон, кераміка	Целюлоза, полісульфон, кераміка	Целюлоза, тонко плівчасті композитні матеріали	Целюлоза, тонко-плівчасті композитні матеріали, полісульфон
Розмір пор, мкм	~ 0,01-1,0	0,001-0,01	0,0001-0,001	< 0,0001
Розмір молекул, що видаляються (кДальтон)	> 100,0	2,0–100,0	0,3–1,0	0,1–0,3
Робочий тиск, бар	> 2,0	1,5-7,0	3,5–20,0	15,0–70,0
Видалення зважених речовин	Так (крупні колоїди, емульсії)	Так (колоїди)	Так	Так
Видалення розчинених органічних речовин	Ні	Так	Так	Так
Видалення розчинних неорганічних речовин	Ні	Ні	20,0–85,0%	95,0–99,0%
Видалення мікроорганізмів	Цисти, великі бактерії, водорості	Цисти, великі бактерії, водорості, віруси	Всі мікроорганізми	Всі мікроорганізми
Хімічний склад води	Не змінюється	Змінюється частково	Змінюється	Змінюється
Енергоспоживання, кВт·год/м <sup>3</sup>	Низьке	Низьке	Низько-помірне	Помірне

Із даних, наведених в таблиці, видно, що до баромембранних процесів також відноситься проміжний між ультрафільтрацією і зворотним осмосом процес, що називається нанофільтрація. Розмір утримуваних часток за нанофільтрації становить близько 1...2 нм, величина робочого тиску 0,8...3,0 МПа.

Аналізуючи наведені дані (табл. 2), можна дійти висновку, що порівняно з іншими мембранними процесами під час використання МФ та УФ із води видаляються зважені речовини, віруси бактерії без

великих витрат електроенергії. Крім того, застосування МФ та УФ у процесі очищення поверхневих вод є особливо перспективним, оскільки ці методи дозволяють отримувати чисту питну воду без використання реагентів.

За подальшої обробки води мембранними методами доцільно використовувати ЗО та електродіаліз, що на сьогодні головним чином застосовується під час очищення води, переважно знесолення солоних і солонуватих вод, з метою одержання питної води зі зниженим загальним вмістом солей. Під час ЗО фтори-іони мають затримуватися мембраною разом з іншими іонами.

Таким чином, застосування мембранних технологій з метою водопідготовки для виробничих потреб харчової промисловості має значні переваги порівняно з іншими традиційними методами.

*Висновки.* Застосування баромембранних технологій у процесах водопідготовки та водоочищення є особливо перспективним, оскільки ці методи дозволяють отримувати якісну очищену воду з високими яскраво вираженими фізико-хімічними та мікробіологічними показниками без використання реагентів. Під час використання мембранних технологій із води видаляються завислі речовини, віруси бактерії без додаткових витрат електроенергії.

#### Література:

1. Дейниченко Г. В., Мазняк З. О. Мембранні технології та проблеми їх застосування під час очищення поверхневих і ґрунтових вод // *Екологія и промышленность*. 2010. № 1. С. 24–29.

2. Василечко В. О. Скоробогатий Я. П., Гришук Г. В. Вода як невід'ємний продукт харчування і сировина в харчовій промисловості // *Вісник Львівської комерційної академії. Серія товаровознавча*. 2014. Вип. 14. С. 121–129.

3. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. Київ, 2014. 25 с. (Інформація та документація).

4. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Київ, 2010. 66 с.

5. Харчова хімія / В. В. Євлаш та ін. Харків, 2012. 503 с.

6. Грабовська Л. Л. Науково-технічні засади поліпшення стану питного водопостачання регіонів України : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Київ, 2009. 22 с.

7. Про загальнодержавну цільову програму "Питна вода України" на 2006 - 2020 роки: Закон України від 3 березня 2005 р. № 2455-IV. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2455-15/ed20050303/page> (дата звернення: 11.12.2018).

8. Фартушняк К. А., Степова К. В. Покращення якості питної води в Україні фільтраційним методом // *Вода в харчовій*

промисловості : тези доповідей IV Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Одеса, 16–17 трав. 2013 р.). Одеса: ОНАХТ, 2013. С. 58–59.

9. Дейниченко Г. В., Мазняк З. О., Золотухина І. В. Ультрафільтраційні процеси та технології раціональної переробки білково-вуглеводної молочної сировини: монографія. Харків: Факт, 2008. 208 с.

10. Свитцов А. А. Введение в мембранную технологию. Москва: Дели принт, 2007. 208 с.

11. Первов А. Г. Современные методы подготовки очистки питьевой и технической воды с применением мембран: обратный осмос, нанофильтрация, ультрафильтрация. Москва: Издательство ассоциации строительных вузов, 2009. 232 с.

12. Kweon J. H. Integrated water treatment: softening and ultrafiltration. Austin: The University of Texas at Austin in Partial Fulfillment of the Requirements, 2002. 265 с.

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПОДГОТОВКИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ**

Дейниченко Г. В., Гузенко В. В., Перекрест Н. Г., Кизилев О. К.

**Аннотация** – в работе освещены вопросы использования мембранных процессов с целью разработки ресурсосберегающих технологий при производственной подготовке воды. Дан анализ и характеристика различных способов мембранной подготовки и очистки воды для пищевой промышленности. Определены преимущества применения мембранных процессов водоподготовки для предприятий пищевой промышленности при производстве различного рода продукции.

## **APPLICATION OF MEMBRANE TECHNOLOGIES FOR MANUFACTURING WATER RESOURCES PREPARATION**

G. Deynichenko, V. Guzenko, N. Perekrest, O. Kizilov

### *Summary*

This work is devoted to the question about use of membrane processes in order to develop resource-saving technologies for the production of water. The need to comply with the special requirements for the quality of water used in food production requires the introduction of technologies for the purification of drinking water at

**food industry enterprises in many countries of the world. Therefore, the development and research of modern environmental technologies that prevent the pollution of surface and groundwater, or leads to a significant reduction, require an early implementation. The analysis and characterization of various methods of membrane preparation and water treatment for the food industry (filtration, microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration, reverse osmosis) are given. The advantages of using membrane water treatment processes for food industry enterprises in the production of various kinds of products are determined. Compared to existing traditional methods, which require large areas, multi-stage technological processing, high operating costs and a significant number of operational personnel, barometric technologies for obtaining high-quality water treatment are becoming increasingly recognized. The use of barometric technologies in the processes of water treatment and water purification is particularly promising as these methods allow obtaining high-quality purified water with high pronounced physical, chemical and microbiological parameters without the use of reagents. When using membrane technologies, suspended matter, bacteria viruses are removed from the water without additional electricity costs.**