

	ECONOMIES' HORIZONS Економічні горизонти DOI: doi.org/10.31499/2616-5236 Homepage: http://eh.udpu.edu.ua		ISSN 2522-9273 (print) 2616-5236 (online)
---	--	---	---

UDC: 504.064.2.001.18

DOI: 10.31499/2616-5236.2(20).2022.261847

Vlahopoluchna A. H.,

Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University; Lecturer-trainee of the Department of Technologies and Organization of Tourism and Hotel and Restaurant Business;

Parakhnenko V.H.,

Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University; Lecturer-trainee of the Department of chemistry, ecology and methods of their teaching

Liakhovska N.O.,

Uman National University of Horticulture., Lecturer of the Department of Biology

ЗАСТОСУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ МЕМБРАННИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД APPLICATION OF ECONOMIC EVALUATION OF MEMBRANE TECHNOLOGIES FOR WASTEWATER TREATMENT

***Анотація.** Перед обличчям дефіциту води світ прагне вивчити всі доступні варіанти скорочення надмірної експлуатації і так обмежених ресурсів прісної води. Одним з найнадійніших доступних водних ресурсів є стічні води. Із зростанням населення по всій планеті зростає також промислова, сільськогосподарська та побутова діяльність, яка продукує великі обсяги таких вод, які можуть бути очищені і використані повторно.*

Технологічні процеси очищення стічних вод до певної міри досягли успіху в очищенні стоків, однак багато з них є високотехнологічними та економічно затратними. Мембранна технологія стала улюбленим вибором для рекультивації води з різних потоків стічних вод для повторного використання.

Органічні мембрани виготовляють із синтетичних органічних полімерів. В основному, мембрани для тиску виробляються для процесів поділу (мікрофільтрація, ультрафільтрація, нанофільтрація та зворотний осмос) із синтетичних органічних полімерів. До них належать поліетилен (PE), політетрафторетилен (PTFE), поліпропілен та ацетат целюлози. Крім цього виготовляють мембрани із таких матеріалів, як кераміка, метали, цеоліти

або кремнезем. Вони хімічно та термічно стабільні та широко використовуються в промислових цілях, таких як відділення водню, ультрафільтрація та мікрофільтрація.

Мембранні технології, керовані тиском, є найбільш широко застосовуваними мембранними процесами в очищенні стічних вод, від попередньої забрудненості з наступним їх доочищенням. Ці процеси базуються на мікрофільтрації (MF), ультрафільтрації (UF), нанофільтрації (NF) і зворотному осмосі (RO). Вони є необхідними, проте економічно затратними

Вибір варіанта очистки стічних вод здійснюється на підставі порівняльної економічної ефективності. Основними способами визначення такої ефективності є: попарне зіставлення варіантів і визначення мінімуму приведених витрат за порівнюваними варіантами. Попарне порівняння варіантів здійснюють шляхом визначення коефіцієнтів порівняльної економічної ефективності і термінів окупності додаткових капітальних вкладень.

Abstract. *In the face of water scarcity, the world seeks to explore all available options to reduce overexploitation and so limited freshwater resources. One of the most reliable available water resources is wastewater. As the world's population grows, so do industrial, agricultural, and domestic activities, which produce large amounts of such water that can be treated and reused.*

Sewage treatment processes have been somewhat successful in wastewater treatment, but many are high-tech and cost-effective. Membrane technology has become a favorite choice for the reclamation of water from various wastewater streams for reuse.

Organic membranes are made of synthetic organic polymers. Pressure membranes are mainly produced for separation processes (microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration and reverse osmosis) from synthetic organic polymers. These include polyethylene (PE), polytetrafluoroethylene (PTFE), polypropylene and cellulose acetate. In addition, membranes are made of materials such as ceramics, metals, zeolites or silica. They are chemically and thermally stable and are widely used for industrial purposes such as hydrogen separation, ultrafiltration and microfiltration.

Pressure-controlled membrane technologies are the most widely used membrane processes in wastewater treatment, from previous contamination followed by additional treatment. These processes are based on microfiltration (MF), ultrafiltration (UF), nanofiltration (NF) and reverse osmosis (RO). They are necessary but costly

The choice of wastewater treatment option is based on comparative economic efficiency. The main ways to determine such efficiency are: pairwise comparison of options and determine the minimum of the reduced costs of the compared options. Pairwise comparison of options is carried out by determining the coefficients of comparative economic efficiency and payback periods of additional capital investments.

Key words: *sewage, water treatment, membrane technologies, economic evaluation*

стічні води, очищення вод, мембранні технології, економічна оцінка

Вступ. Вся діяльність людства залежить від води. Зі збільшенням людського населення тонни стічних вод виробляються щодня в побуті, промисловості та сільському господарстві. Однак ресурси прісної води не поповнюються для забезпечення постійно зростаючих потреб людини. Це призвело до гострої конкуренції та несправедливого розподілу ресурсів прісної води серед різних секторів. Велика кількість людей, особливо в країнах, що розвиваються, не мають доступу до питної води. Знову ж таки, сільськогосподарська діяльність сильно страждає, оскільки ферми не мають доступу до достатньої кількості водних ресурсів для цілорічного зрошення та ведення тваринництва. Свідчення цих ситуацій спостерігаються в усьому світі, особливо на Середньому Сході, Африці, Азії та Латинській Америці.

Утворення стічних вод неминуче, оскільки воно є невід'ємною частиною ланцюга створення та переробки продукції. Наприклад, у нафтопереробній промисловості кожен барель переробленої сирової нафти створює близько 10 барелів стічних вод [1]. У звіті про інфраструктуру

Південноафриканського інституту інженерів-будівельників під назвою SAICE Infrastructure Report Card for South Africa, 2011, було зазначено, що в середньому 7589 мегалітрів за добу стічних вод транспортується по ПАР [2]. Усі ці стічні води це прісна вода із забрудненнями. Завдяки ефективному очищенню стічних вод ресурси прісної води можуть бути доповнені, що зробить її доступною для всіх.

У зв'язку з цим протягом багатьох років було розроблено декілька технологій для очищення води, такі як звичайна фільтрація, коагуляція-флокуляція та біологічна система очистки. Також відбувається вдосконалення вже існуючих технологій, щоб відповідати сучасним стандартам. Всі ці методи є менш ефективними або більш економічно затратними порівняно з мембранними технологіями [3].

Мета роботи: дослідження способів економічної оцінки ефективності мембранних технологій; теоретичне обґрунтування ефективності та економічної доцільності використання мембранної технології для очищення стічних вод.

Методика дослідження. У статті ми використовуємо такі методи дослідження: дедукція, індукція, аналіз, синтез, пояснення.

Аналіз наукових досліджень і публікацій. По суті, мембрана є бар'єром, який відокремлює дві фази одна від одної шляхом обмеження переміщення компонентів через нього в вибіркового стилі. Мембрани існують з 18 століття. Відтоді було зроблено багато вдосконалень, щоб зробити мембрани кращими і пристосованішими для багатьох різних застосувань [4]. Характерно, що мембрани можна класифікувати як ізотропні та анізотропні. Ізотропні мембрани бувають однорідними за складом і фізичною структурою. Вони можуть бути мікропористими; в цьому випадку їх проникнення відносно високе в порівнянні з непористими (щільними), де вони застосовуються дуже обмежено через низькі потоки проникнення. Ізотропні мікропористі мембрани широко застосовуються в мікрофільтрації. З іншого боку, анізотропні мембрани є неоднорідними по поверхні площі мембрани і складаються з різних шарів з різною структурою і складом. Ці мембрани мають тонкий селективний шар, підтримуваний більш товстим і високопроникним шаром. Вони особливо застосовують у процесах зворотного осмосу (RO) [5,6].

Органічні мембрани виготовляють із синтетичних органічних полімерів. В основному, мембрани для тиску виробляються для процесів поділу (мікрофільтрація, ультрафільтрація, нанофільтрація та зворотний осмос) із синтетичних органічних полімерів. До них належать поліетилен (PE), політетрафторетилен (PTFE), поліпропілен та ацетат целюлози [7]. Крім цього виготовляють мембрани із таких матеріалів, як кераміка, метали, цеоліти або кремнезем. Вони хімічно та термічно стабільні та широко використовуються в промислових цілях, таких як відділення водню, ультрафільтрація та мікрофільтрація [8,9].

Мембранні технології, керовані тиском, є найбільш широко застосовуваними мембранними процесами в очищенні стічних вод, від попередньої забрудненості з наступним їх доочищенням. Ці процеси базуються на мікрофільтрації (MF), ультрафільтрації (UF), нанофільтрації (NF) і зворотному осмосі (RO).

Виклад основних результатів досліджень.

Підприємства України забруднюють довкілля не лише каналізаційними стоками, а й твердими суспензіями, розчинами органічних речовин, важкими металами і їх токсичними

з'єднаннями, лугами і кислотами. У результаті функціонування хімічних підприємств у стічні води потрапляють найрізноманітніші за складом і властивостями органічні сполуки.

Вибір варіанта очистки стічних вод здійснюється на підставі порівняльної економічної ефективності. Основними способами визначення такої

ефективності є: попарне зіставлення варіантів і визначення мінімуму приведених витрат за порівнюваними варіантами. Попарне порівняння варіантів здійснюють шляхом визначення коефіцієнтів порівняльної економічної ефективності і термінів окупності додаткових капітальних вкладень [10]:

$$E = \frac{(Z_2 - Z_1)}{(DO_2 - DO_1)}$$

$$T = \frac{(DO_2 - DO_1)}{(Z_2 - Z_1)}$$

де DO_2 , DO_1 – капітальні вкладення за порівнюваними варіантами; $(Z_2 - Z_1)$ – поточні витрати за порівнюваними варіантами.

Вищезазначені витрати є сумою поточних витрат і капітальних вкладень, приведених до одного чи нормативного терміну окупності.

Витрати визначають за формулою:

$$Z_1 + E_n \cdot DO_1 = \text{мінімум}$$

$$DO_1 + T_n \cdot Z_1 = \text{мінімум}$$

де E_n – нормативний коефіцієнт порівняльної економічної ефективності; T_n – нормативний термін окупності додаткових капітальних вкладень.

В умовах розвитку ринкової економіки даний спосіб є недостатньо ефективний, тому керуючись дослідженнями автора Пашенцева О.І пропонуємо визначати економічну ефективність використання мембранних технологій за таким алгоритмом:

1. На підставі аналізу фактичної діяльності промислового підприємства складається таблиця скидання у водні джерела стічних вод із зазначенням шкідливих речовин, що містяться, т/рік;

2. Під час аналізу тендерних пропозицій здійснюється вибір двох-трьох варіантів розміщення очисних

споруд із указівкою змісту шкідливих домішок у стічних водах. Вибір здійснюється за мінімальними обсягами змісту шкідливих речовин у стічних водах після очищення.

3. Складається зведена таблиця основних показників порівнюваних варіантів із зазначенням обсягів змісту шкідливих речовин за фактичним варіантом і двома-трьома розглянутими варіантами, а також наводиться показник відносної небезпеки, ум.т/рік

(приймається згідно з чинним класифікатором).

4. Складається таблиця основних економічних показників: капітальні вкладення на будівництво очисної споруди, витрати під час очищення води, річний обсяг стічних вод підприємства, робочий період очисної споруди.

5. Визначається наведена маса викидів шкідливих речовин за кожним розглянутим варіантом, включаючи фактичний:

$$M = \sum Z_i \cdot K_i$$

де Z_i – кількість шкідливих речовин i -го виду, що містяться у стічних водах підприємства, ум. т/рік;

k_i – коефіцієнт відносної небезпеки забруднюючої речовини, ум. т./рік.

6. Визначається коефіцієнт ступеня очищення стічних вод промислового підприємства за

розглянутими варіантами очищення:

$$DO_{\text{сосв-1}} = \frac{(M - M_1)}{M}$$

$$DO_{\text{сосв-2}} = \frac{(M - M_1)}{M}$$

де M – маса викидів забруднюючих речовин за фактичним варіантом, ум. т/рік.;

M_1, M_2 – наведена маса викидів забруднюючих речовин за першим і другим варіантами очищення, ум. т/рік.

7. Визначається економічність очищення за кожним розглянутим

варіантом очищення:

$$EK_1 = \frac{(M - M_1)}{(P_1 \cdot W_1)}$$

$$EK_2 = \frac{(M - M_1)}{(P_2 \cdot W_2)}$$

де P_1, P_2 – поточні витрати на очищення стічних вод підприємства за першим і другим варіантами очищення, грн./тис. м³;

W_1, W_2 – річний обсяг стічних вод підприємства за першим і другим варіантом очищення тис. м³.

8. На підставі законодавчих норм, рекомендацій Республіканського комітету з екологічних ресурсів приймається норматив питомого екологічного збитку, грн./ум.т.

9. У разі відсутності у підприємства фінансових ресурсів на проведення природоохоронного

заходу можливе одержання кредиту з відсотковою ставкою, r , %.

10. На підставі рекомендацій Національного банку України до розрахунку закладається прогнозний рівень інфляції, %.

11. Визначається економічний збиток за кожним варіантом очищення стічних вод на весь період експлуатації очисних споруд:

$$EY_1 = \sum S \cdot K_p (M - M_1) \cdot (1 + r)^t$$

$$EY_2 = \sum S \cdot K_p (M - M_2) \cdot (1 + r)^t$$

де S – нормативний питомий екологічний збиток, грн./ум.т;

K_p – коефіцієнт відносної гідрохімічної небезпеки водного джерела ;

r – відсоткова ставка, %;

t – період експлуатації очисних споруд, рік.

12. Екологічний збиток за кожним варіантом перераховується з | урахуванням рівня інфляції:

$$EY_{1 \text{ инф}} = EY_1 + (EY_1 \cdot K_{\text{инф}})$$

$$EY_{2 \text{ инф}} = EY_2 + (EY_2 \cdot K_{\text{инф}})$$

де $K_{\text{инф}}$ – прогнозний показник рівня інфляції, %.

13. Визначається ефективність | очищення за варіантами:

$$EO_1 = EY_{1 \text{ инф}} - \sum Z_{m1} \cdot W_1 \cdot \frac{(1 + r)^t}{DO_1}$$

$$EO_2 = EU_{2 \text{ инф}} - \sum Z_{m2} \cdot W_2 \cdot \frac{(1+r)^t}{DO_2}$$

де DO_1 , DO_2 – капітальні вкладення на будівництво очисних споруд за варіантами очищення, тис.грн,

Z_{m1} , Z_{m2} – поточні витрати на очищення стічних вод, грн./тис.м³.

14. Визначається найефективніший варіант на підставі проведених розрахунків.

Висновки

Проведено аналіз джерел літератури щодо існуючих технологій очищення стічних вод, який показав, що серед поширених методів мембранні технології є найбільш високоефективними та

економічно вигідними в порівнянні з звичайною фільтрацією, коагуляція-флокуляцією та біологічною системою очистки. Запропоновано та описано більш доцільний алгоритм розрахунку економічної ефективності застосування мембранних технологій для очистки стічних вод.

Література

- Буртна, І. А., Литвиненко, Д. В. (2010). Мембранна технологія очистки стічних вод від органічних домішок. Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 6(10 (48)).
- Коваленко, О. О., Патік, Т. П. (2011). Визначення оптимальних технологічних режимів мембранного очищення стічних вод консервних виробництв. Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій], (40 (2)), 80-83.
- Руденко, Л. С., Буртна, І. А., Шафаренко, М. В. (2015). Експериментальне дослідження технологічних схем мембранної очистки стічних вод.
- Чуб, І. М., & Шевченко, Т. О. (2018). Можливості застосування мембранних біореакторів для очистки побутових стічних вод на каналізаційних очисних спорудах України. Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура, (7), 248-256.
- Буртна, І. А., Литвиненко, Д. В. (2010). Мембранна технологія очистки стічних вод від органічних домішок. Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 6(10 (48)).

- Комаровська, Д. (2020). Вдосконалення системи очищення стічних вод на машинобудівних підприємствах в Україні (Master's thesis, КПП ім. Ігоря Сікорського).
- Пашенцев, О. І. (2011). Економічна оцінка варіантів очищення стічних вод промислових підприємств. Культура народів Причорномор'я.
- Зінченко, І., Бабіч, О., Цитлішвілі, К., Шостенко, О. (2019). Визначення найкращих доступних технологій очищення стічних вод підприємств харчової промисловості стосовно до економічних і екологічних умов України. Охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки, 111.
- Киричук, І. І., Мирончук, В. Г., Змієвський, Ю. Г. (2014). Мембранні процеси в очищенні стічних вод молочних підприємств.
- Бондар, С. М., Чабанова, О. Б., Чабанова, А. А. (2015). Дослідження мембранного процесу очищення стічних вод олійножирової промисловості. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені СЗ Гжицького, (17, № 4), 23-27.

How to Cite:

Vlahopoluchna , A. H., Parakhnenko , V., & Liakhovska , N. APPLICATION OF ECONOMIC EVALUATION OF MEMBRANE TECHNOLOGIES FOR WASTEWATER TREATMENT. *Economies' Horizons*, (2(20), 33–41.
[https://doi.org/10.31499/2616-5236.2\(20\).2022.261847](https://doi.org/10.31499/2616-5236.2(20).2022.261847)