

Технічні науки

УДК 628.543

Шафаренко Микола Васильович

асистент кафедри біотехніки та інженерії

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

Шафаренко Николай Васильевич

ассистент кафедры биотехники и инженерии

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Shafarenko Nikolai

Assistant Department of Bioengineering and Biotechnics

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Воробйова Ольга Володимирівна

аспірант кафедри біотехніки та інженерії

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

Воробьева Ольга Владимировна

аспирант кафедры биотехники и инженерии

Национального технического университета Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Vorobyova Olga

PhD Student of Department of Bioengineering and Biotechnics

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

**ОЧИСТКА ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MEMBRANНЫХ АППАРАТОВ И
MEMBRANНОГО БИОРЕАКТОРА**
**INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT USING MEMBRANE
DEVICES AND MEMBRANE BIOREACTOR**

***Анотація.** Розглянуто схему очистки стічних вод при залпових скиданнях на хімічних підприємствах за допомогою трьохступеневої очистки методом первапорації, адсорбції та мембранного біореактора.*

***Ключові слова:** очистка стічної води, органічні речовини, мембранні апарати, мембранний біореактор, первапарація, адсорбція, мембрана.*

***Аннотация.** Рассмотрена схема очистки сточных вод при залповых сбросах на химических предприятиях с помощью трехступенчатой очистки методом первапарации, адсорбции и мембранного биореактора.*

***Ключевые слова:** очистка сточной воды, органические вещества, мембранные аппараты, мембранный биореактор, первапарация, адсорбция, мембрана.*

***Summary.** The scheme of wastewater treatment at salvo discharges at chemical plants using a three-stage purification method pervaporation, adsorption and membrane bioreactor.*

***Key words:** wastewater treatment, organic substance, membrane apparatus, membrane bioreactor, pervaporation, adsorption, membrane.*

При проведенні технологічних процесів на хімічних підприємствах виникають ситуації, при яких в стічні води скидаються в значній кількості органічні речовини. Такі випадки називають залповими скидами. При

цьому вміст органічних речовин у стічних водах може досягати концентрації 20 000 мг/л. За таких високих концентрацій, при проведенні аеробних або анаеробних процесів очистки стічних вод для мікроорганізмів для активного мулу, складаються несприятливі умови. Для проведення ефективної очистки за допомогою активного мулу максимальний вміст органіки в стічних водах не повинен перевищувати 200 мг/л. Знизити концентрацію органічних домішок з 20 000 мг/л до 100 мг/л можна за допомогою мембранних апаратів, а потім, застосувавши мембранні біологічні реактори можна знизити вміст органіки в стічній воді до граничнодопустимої концентрації. Схема такої очистки показана на рис. 1.

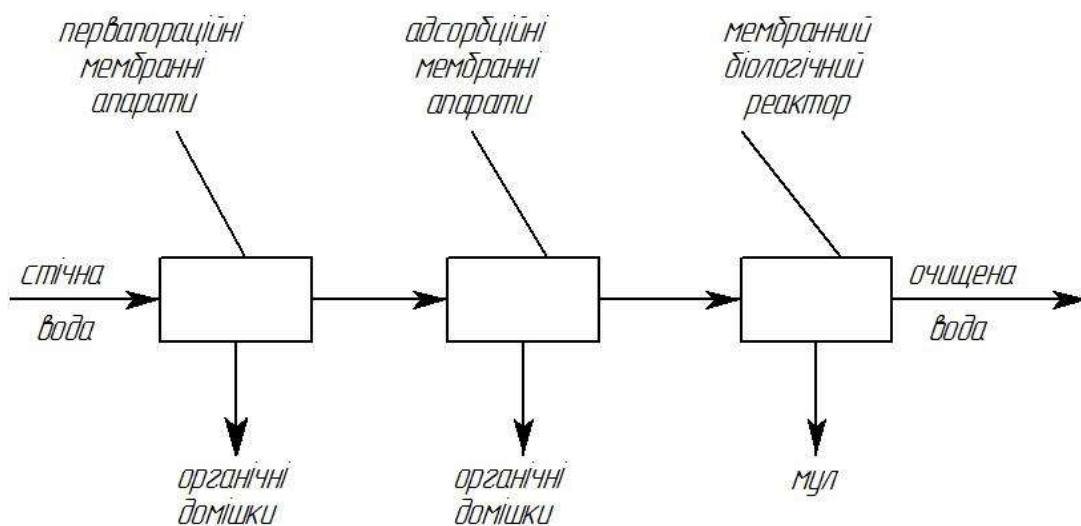


Рис. 1. Структурна схема очистки

Зупинимось більш детально на окремих стадіях очистки. Первапораційні мембранні апарати дозволяють зменшити вміст органічних речовин в стічній воді до 0,2 % (мас.) або до 2 000 мг/л. На хімічному заводі середньої потужності (наприклад, виробництво полістиролу на заводі пластмас, м. Актолу, Казахстан) витрата стоків складає 10 м³/год. При концентрації органіки в залповому викиді 2 % (мас.) загальна кількість стирулу, етилбензолу, толуолу сягає 200 кг/год. За допомогою первапораційних мембранних апаратів можна забрати 180 кг/год

органічних речовин. При проникності мембран $0,5 \div 1 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$, загальна поверхня останніх складає 360 м^2 . Таку поверхню мають 4 мембранні апарати із внутрішнім діаметром 600 мм і висотою 2,5 м, які займають площу 6 м^2 .

Стадія очистки методом первапорації представлена на рис. 2.

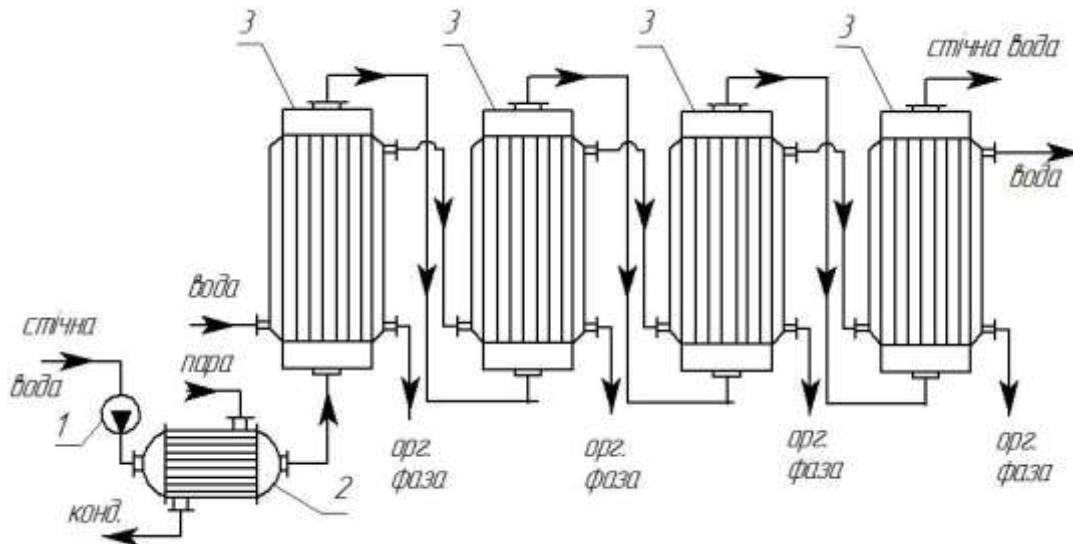


Рис. 2. Технологічна схема очистки стічних вод методом первапорації

Стічна вода залпового викиду із вмістом органічних речовин $c = 20\,000 \text{ мг}/\text{л}$ насосом 1 через теплообмінник 2, в якому нагрівається насиченою водяною парою до температури $40 \div 45 \text{ }^\circ\text{C}$, подається в первапораційні мембранні апарати 3.

Мембранний апарат за конструкцією подібний до кожухотрубного теплообмінника, в якому замість труб використовуються трубчасті мембрани. Крім того корпус апарата обладнаний сорочкою, в яку подається холодна вода.

Стічна вода поступає у внутрішні канали мембран, а органічна фаза, пройшовши через стінки мембран, у вигляді пари (дифузійний процес) виділяється в міжмембранний простір, конденсується на поверхні корпуса і виводиться з нижньої частини апарата. А стічна вода, з якої вилучено частину органічних домішок в першому апараті, поступає в другий і т. д. Апарати з'єднані послідовно, і тому продуктивність кожного з них, яка

залежить від концентрації і фазової рівноваги, буде різна. Так із першого апарату буде виводитись 90 кг/год органічної фази, з другого – 40 кг/год, з третього – 30 кг/год і з четвертого – 20 кг/год. Таким чином, очищаючи воду методом первапорації можна в 10 разів зменшити в ній вміст органічних речовин.

Стадія адсорбційної очистки представлена на рис. 3.

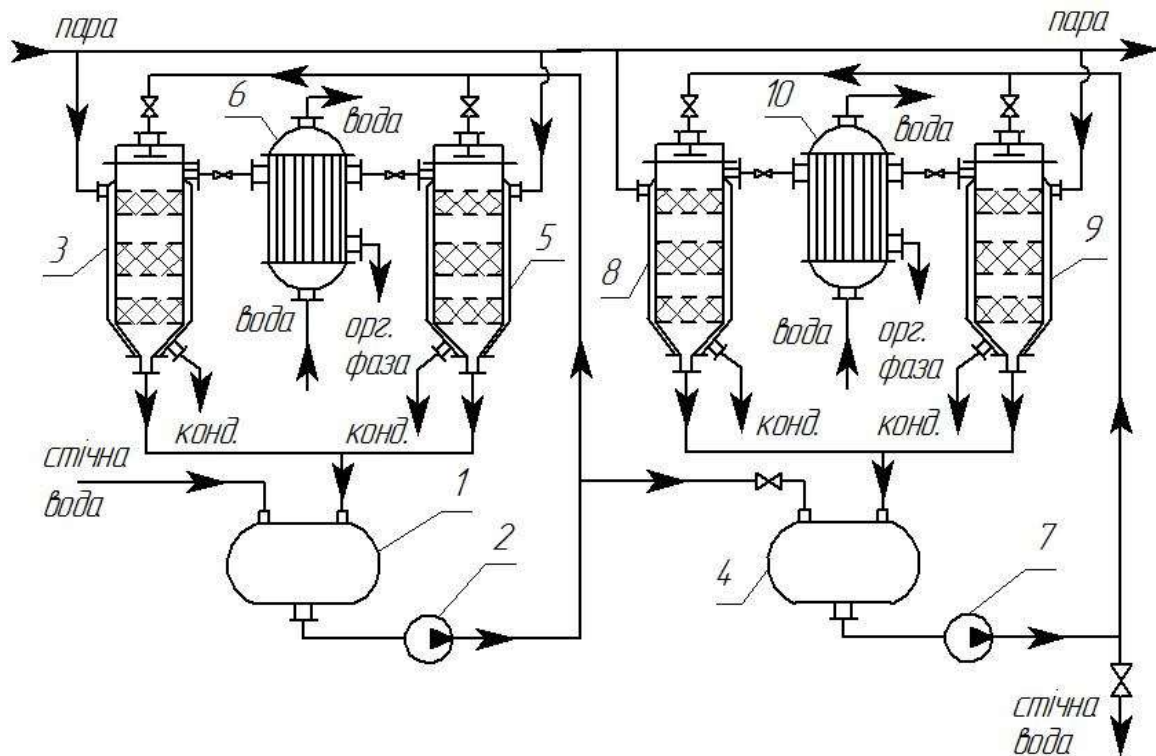


Рис. 3. Технологічна схема адсорбційного очищення

Стічна вода після первапораційної очистки з вмістом органічної фази 2 000 мг/л поступає в ємність 1, а потім насосом 2 подається в мембранний адсорбер 3, в якому відбувається поглинання мембранною насадкою органічних речовин. Частково очищена стічна вода знову зливається в ємність 1. Таким чином вода функціонує по замкнутому циклу до тих пір, поки вміст органіки в ній не досягне величини 1 000 мг/л. Після чого вода подається на другу ступінь очищення в ємність 4.

В спорожнілу ємність 1 знову подається вода зі стадії первапораційної очистки, яка насосом 2 подається в адсорбційний

мембранний апарат 5, де частково очищається і зливається в ємність 1 і т. д.

Мембранні елементи в адсорбері 3, які насичені органічними речовинами, для подальшого використання в процесі очистки піддаються регенерації. Для чого в сорочку адсорбера подається насичена водяна пара. При нагріванні мембранні елементи виділяють органічні речовини у вигляді пари, яка поступає в холодильник-конденсатор 6, де конденсується і охолоджується. Таким чином установка працює в безперервному режимі.

На другій ступені очищення води від органічних домішок відбувається аналогічним чином. Поки насичення мембранних елементів органічною фазою відбувається в 3 та 8 адсорберах, в 5 та 9 адсорбері проходить регенерація мембранних елементів. Потім відбувається переключення адсорберів: в 3 та 8 проходить регенерація, а в 5 та 9 насичення. Холодильники-конденсатори 6 та 10 працюють ввесь час. Таким чином установка працює в безперервному режимі.

Стічна вода після адсорбційного очищення з вмістом органічної фази 200 мг/л подається на біологічну очистку, яка відбувається з використанням мембранної технології та мікроорганізмів.

Процеси очищення стічних вод в воду, вільну від забруднень і повернення її в технологічний цикл, закладені в одну із самих передових технологій – технологію мембранного біологічного реактора. Основна його відмінність від систем традиційного біологічного очищення в аеротенках – наявність мембранного апарата. В даному апараті використовується метод мембранної дистиляції.

За конструкцією мембранний апарат представляє собою горизонтальний апарат «типа пластинчастий теплообмінник», в якому канали утворюються плоскими мембранами, що розміщені на підложках (рис. 4).

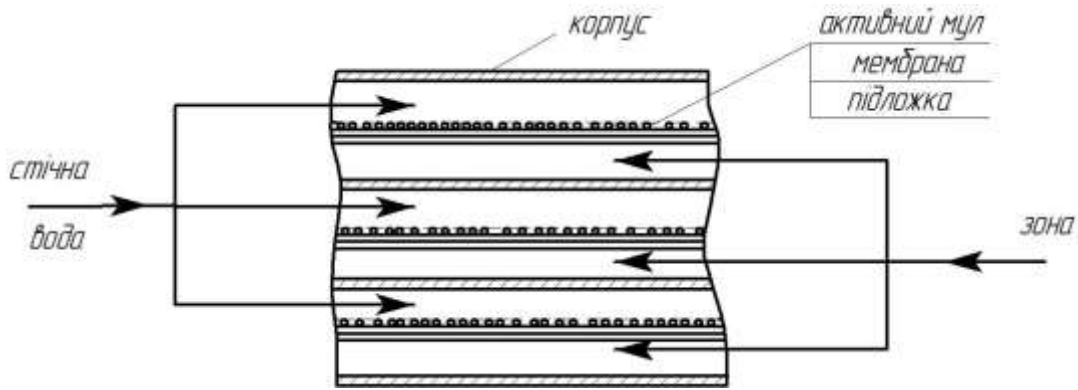


Рис. 4. Схема роботи апарата мембранної дисциплії

Крім того на поверхні мембран розміщені мікроорганізми у вигляді активного мулу. Перепад тиску між каналами, по яким рухається стічна вода, і каналами, по яким тече очищена вода, дорівнює $100 \div 200$ мм.вод.ст. Під дією цього тиску температури ($50 \div 60$ °C) і мікроорганізмів, які розкладають органічні речовини, очищена від органіки вода, проходячи через мембрани, змішується з очищеною водою, яка подається протитоком в апарат. Технологічна схема мембранно-біологічного очищення стічної води від органічних домішок показана на рис. 5.

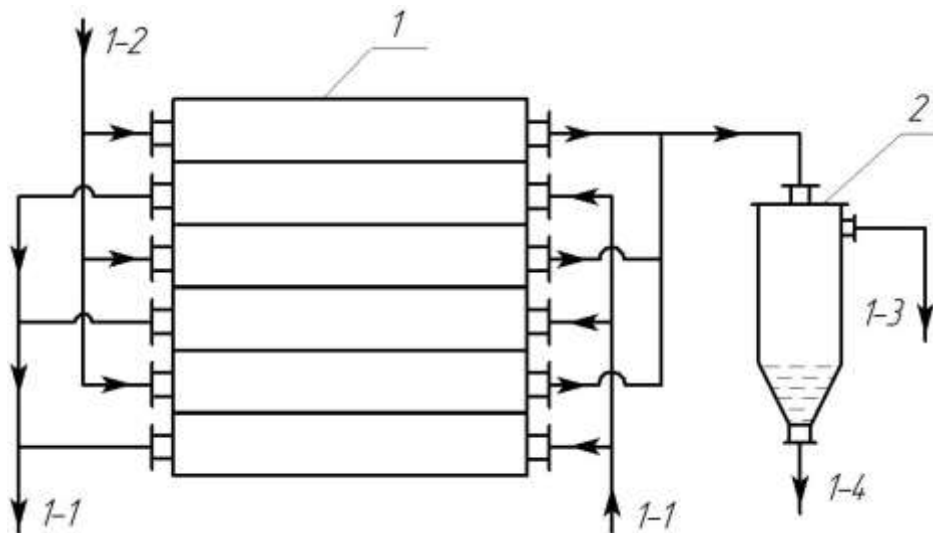


Рис. 5 Технологічна схема очищення стічної води:

1-1 вода очищена; 1-2 стічна вода; 1-3 стічна вода; 1-4 мул

Стічна вода 1-2 із вмістом органічної фази ~ 200 мг/л поступає в апарат мембранної дистиляції 1 (мембранний біореактор), в який протичком подається вода очищена 1-1. Стічна, проходячи через мембрани і активний мул, очищається та змішується з водою очищеною. Неочищена стічна вода поступає у відстійник 2, з нижньої частини якого видаляється мул 1-4, а з верхньої частини неочищена стічна вода 1-3 знов поступає на очищення методом первапорації. Таким чином технологічний цикл замикається. Вміст органічних речовин в очищеній стічній воді складає $1 \div 10$ мг/л.

Література

1. Очистка промышленных сточных вод / В.Е. Терновцев, В.М. Пухачев. К. Будівельник, 1986. 120 с.
2. Синицын А.Б., Райкина Е.И., Ладинский В.И., Спасов С.Д. Имобилизованные клетки микроорганизмов. – М. Из-во МТУ, 1994. 228 с.
3. Гладкова Е.В. Использование мембранного биореактора в очистке сточных вод. / Е.В. Гладкова, Ю.В. Демьянова, А.М. Николаева, Д.К. Кутузов // Экология: традиции и инновации: материалы всерос. конф. молодых ученых, 9–13 апреля 2012 г., г. Екатеринбург / РАН, УрО, Ин-т экологии растений и животных. — Екатеринбург: Голицкий, 2012. 144 с.