

COLLECTION OF RESEARCH PAPERS

of the 6th International Research and Practical Conference

**CHEMICAL TECHNOLOGY:
SCIENCE, ECONOMY AND PRODUCTION**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

VI Міжнародної науково-практичної конференції

**ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ:
НАУКА, ЕКОНОМІКА ТА ВИРОБНИЦТВО**



МІНІСТЕРСТВО
ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ



Фармак



ISSN 2786-4898

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Шосткинський інститут Сумського державного університету
Центральний науково-дослідний інститут
озброєння та військової техніки збройних сил України
Публічне акціонерне товариство «Фармак»
Управління освіти Шосткинської міської ради
Виконавчий комітет Шосткинської міської ради

COLLECTION OF RESEARCH PAPERS

of the 6th International Research and Practical Conference

CHEMICAL TECHNOLOGY: SCIENCE, ECONOMY AND PRODUCTION



ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

VI Міжнародної науково-практичної конференції
**ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ:
НАУКА, ЕКОНОМІКА ТА ВИРОБНИЦТВО**

(м. Шостка, 23-25 листопада 2022 року)



Суми

Сумський Державний Університет

2022

УДК 66.01

Редакційна колегія:

Головний редактор Закусило Р.В., доцент кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.т.н., доцент.

Заступник головного редактора Павленко О.В., ст. викладач кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.т.н.

Відповідальний секретар Скуба Ю.Г. фахівець кафедри економіки та управління Шосткинського інституту Сумського державного університету

Члени редакційної колегії:

Лукашов В.К. – професор кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, д.т.н., професор;

Тур О.М. – завідувач кафедри економіки та управління, к.е.н.;

Худолей Г.М. – завідувач кафедри системотехніки і інформаційних технологій, к.т.н.;

Бондар Н.Ю. – доцент кафедри економіки та управління, к.філ.н.;

Тимофіїв С.В. – ст. викладач кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.х.н.

Збірник наукових праць VI Міжнародної науково-практичної конференції «Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво», м. Шостка, 23 - 25 листопада 2022 року. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 267 с.

ISSN 2786-4898.

Збірник містить наукові праці учасників VI Міжнародної науково-практичної конференції «Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво», що складаються з узагальнених матеріалів науково-дослідних робіт науковців різних галузей виробництв та наукових закладів України.

У збірнику висвітлюються актуальні питання спеціальної хімічної технології і виробництва боєприпасів, утилізації відходів виробництв різних галузей, енергозбереження, моделювання технологічних процесів, соціально-економічні аспекти виробництва та природокористування в умовах війни.

Збірник корисний робітникам хімічної промисловості, науковим співробітникам, аспірантам і студентам спеціальностей хіміко-технологічного та соціально-економічного профілів, фахівцям інформаційних технологій виробництва.

Наукові праці учасників конференції подаються в авторській редакції.

© Шосткинський інститут
Сумського державного університету, 2022
© Сумський державний університет, 2022

СИНТЕЗ ТА ПЕРЕВІРКА ХАРАКТЕРИСТИК КЕРАМІЧНИХ МАТРИЦЬ

І.М. Бриченко¹, А.О. Федченко¹, І.В. Косогіна¹, З.В. Малецький²,
Т.А. Донцова¹

¹Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

²Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway

kosogina@xtf.kpi.ua

Пошук нових, більш екологічних, ефективніших та дешевших методів водоочищення є актуальним через наростаючу проблему дефіциту водних ресурсів. Поява мембранних технологій та їх удосконалення протягом багатьох років призвели до розвитку стабільного ринку полімерних мембран та широкого їх використання в різних галузях хімічної промисловості для очищення води. Різні полімерні мембрани можуть очищати воду до вимог підприємства чи до норм санітарного регламенту води питної, при цьому ефективно видаляючи завислі частинки, мікроорганізми, розчинені солі тощо. Хоч даний інструмент є зараз доволі популярним, це не анулює його найбільший недолік – потребу в утилізації відпрацьованих мембран, що є або занадто високовартісним або ігнорується, спричиняючи негативний вплив на навколишнє середовище [1, 2].

В останній час спостерігається тенденція підвищення інтересу до керамічних мембран, які виготовляються з доступних матеріалів, мають кращі терміни експлуатації, є термічно, хімічно, біологічно стійкими та не несуть шкоди екології [3]. Фізико-хімічні та транспортні властивості керамічних мембран залежать від таких факторів, як вибір сировини для виготовлення, обраний метод та режим синтезу. В літературних джерелах зустрічаються різні способи отримання керамічних мембранних матриць, серед яких метод шлікерного лиття, стрічкове лиття, пресування, екструзія, метод сублімованого лиття тощо [4]. Зважаючи на переваги й недоліки згаданих методів, для виготовлення плоских керамічних матриць було застосовано метод сухого порошкового пресування з подальшою термообробкою.

Метою дослідження було виготовлення керамічних матриць нового складу та експериментальне випробовування характеристик синтезованих зразків.

Сировиною для синтезу керамічних матриць слугували такі речовини як: оксид алюмінію (Al_2O_3), оксид кремнію (SiO_2), карбід кремнію (SiC), кальцій карбонат ($CaCO_3$), гідрокарбонат амонію (NH_4HCO_3), силікат натрію (Na_2SiO_3) та крохмаль. З метою отримання керамічних матриць з досить великими значеннями пористості до їх складу додаються пороутворювачі – речовини які розкладаються за високих температур з утворенням газу, через що в матеріалі утворюються пори. До пороутворювачів належать гідрокарбонат амонію, кальцій карбонат, крохмаль та, за температур 1100 °C і вище, силікат натрію.

Головними етапами синтезу керамічних матриць були підготовка компонентів, усереднення складу (подрібнення, змішування), пресування утвореного порошку при тиску 8 тон, термічна обробка (спікання) при 950 °C, ультразвукова обробка отриманих керамічних матриць та подальша їх модифікація.

В таблиці 1 наведено склад серії зразків, які було виготовлено за тиску пресування 8 тон та температури спікання $T = 950$ °C. Як пороутворювач використали гідрокарбонат амонію, кальцій карбонат та крохмаль. Також для

зразків КМ-11, КМ-12, КМ-13 було взято активованій Al_2O_3 . Активація відбувалась в печі за температури 600 °С протягом 30 хвилин.

Таблиця 1 – Склад зразків КМ-9, КМ-10, КМ-11, КМ-12, КМ-13

Зразок	Компонент, %						
	Al_2O_3	SiO_2	NH_4HCO_3	$CaCO_3$	SiC	Na_2SiO_3	Крохмаль
КМ-9	41,7	8,3	-	12,5	8,3	8,3	20,9
КМ-10	41,7	8,3	12,5	-	8,3	8,3	20,9
КМ-11	55	30	-	-	-	-	15
КМ-12	55	30	10	-	-	-	5
КМ-13	50	30	10	-	-	-	10

На рисунку 1 представлено фото серій керамічних матриць після процесу термічної обробки. Найбільш механічно стійкими виявилися зразки КМ-9 та КМ-10.



Рисунок 1 – Серія зразків КМ-9 та КМ-10 після термічної обробки

Основними характеристиками керамічних матриць, перевірка яких здійснювалась в дослідженні є пористість, вологоємність, рН водної витяжки, а також транспортні характеристики, такі як ефективність видалення мутності та природної органіки.

Для визначення пористості та вологоємності готові зразки керамічних матриць висушували за зважували. Після чого проводили етап просочення керамічних матриць дистильованою водою за допомогою вакуумування за тиску не вище 2,5 КПа впродовж 15 хвилин та витримки протягом 30 хвилин для насичення рідиною відкритих пор. Потім насичені зразки зважували без надлишку вологи, а також в дистильованій воді, в якій здійснювалось насичення.

За результатами проведених зважувань і значень дійсної густини матеріалу, з якого виготовлена керамічні матриці для мембран, обчислювали уявну густину, відкриту і загальну пористість та водопоглинання. Обробка результатів експериментальних досліджень здійснювалась згідно ГОСТ 2409-80 [5].

Для зразків КМ-9, КМ-10, КМ-11, КМ-12 та КМ-13 визначено пористість та вологоємність (табл. 2). Встановлено, що найбільшою відкритою пористістю близько 59 % володіють зразки КМ-12 та КМ-13, які в своєму складі містять як пороутворювач гідрокарбонат амонію.

Для визначення рН водної витяжки зразки замочували в дистильованій воді на 24 години та на тиждень. Водневий показник вимірювали на рН-метрі Portlab 102 з хлорсрібним електродом, заповненим насиченим розчином КСl (3М). Деякі зразки мали дещо лужне середовище, наприклад, для зразку КМ-9 рН через добу був 8,57, а для КМ-10 він склав 8,26. КМ-11, КМ-12 та КМ-13 мали нейтральне

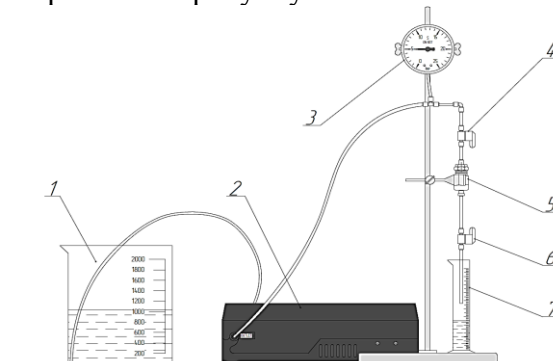
середовище. Через тиждень значення рН водної витяжки в середньому не значно зменшувався або не змінювався.

Таблиця 2 – Дослідження пористості зразків КМ-9, КМ-10, КМ-11, КМ-12 та КМ-13

Зразки	Водопоглинання, $W_{\text{погл}}, \%$	Густина уявна, $\rho_{\text{уяв}}, \text{г/см}^3$	$P_{\text{відкр}}, \%$	$P_{\text{заг}}, \%$
КМ-9	33,35	1,5045	50,28	56,22
КМ-10	40,85	1,3368	54,71	65,38
КМ-11	43,30	1,3130	56,97	79,08
КМ-12	50,82	1,1747	59,82	87,80
КМ-13	50,18	1,1760	59,13	67,45

Для вимивання вільних частинок з поверхні та внутрішніх структур матриць було прийняте рішення здійснити обробку ультразвуком (УЗ) на ультразвуковій ванні УХ-3030 з робочою частотою 40 кГц. Після обробки рН водної витяжки зразків суттєво зростає. Наприклад, після однієї обробки ультразвуком зразку КМ-9 рН виріс до 9,71 і спостерігалось помутніння розчину, в якому знаходилась керамічна матриця, яке не зникало навіть після кількох обробок підряд. Отримані результати зумовлені особливостями складу матриць, оскільки вони містять компоненти, які в результаті УЗ обробки вимивається зі складу, що і призводить до негативного ефекту підлучування води, тому воду необхідно додатково після обробки нейтралізувати до норм ДСанПіНу (рН 6,5-8,5) [6].

Установка, на якій здійснювалась перевірка транспортних характеристик керамічних матриць зображена на рисунку 2.



1 – ємність з досліджуваною водою, 2 – насос, 3 – манометр, 4 – кран регулювання тиску на вході, 5 – мембранотримач з ущільнювальним кільцем, 6 – кран регулювання витрати на виході, 7 – мірний циліндр

Рисунок 2 – Установка з визначення транспортних характеристик мембран

Для приготування модельних розчинів в якості замутиювачів обрано спонділову глину, перевірка ефективності видалення високомолекулярних органічних речовин з води здійснена на прикладі гумату натрію. Подача модельного розчину здійснювалась під тиском 5 бар, відбирались проби по 100 см³ вихідної води та води пропущеної через мембрану. Коефіцієнт розділення або ефективність видалення забруднювачів визначались відповідно за зменшенням мутності або кольоровості фільтрату по відношенню до вихідної води. Мутність вимірювали за допомогою НАСН DR 2800 (кювети зі звичайного

скла 20 мм, довжина хвилі 430 нм), колірність на спектрофотометрі UV-5800PC (кювети кварцові 10 мм, довжина хвилі 202 нм).

Ефективність видалення гумінових речовин та коефіцієнт розділення частинок, що спричиняють мутність розраховували за формулою:

$$E = K_{\text{розд.}} = \frac{C_0 - C_n}{C_0} \cdot 100, \%$$

де C_0 – концентрація забруднювача в вихідній воді, мг/дм³; C_n – концентрація забруднювача в фільтраті, мг/дм³.

Для визначення концентрації забруднювачів у фільтраті готували серії стандартних розчинів та будували відповідні градувальні графіки з яких отримували рівняння перерахунку показників приладу в концентрацію (С, мг/дм³).

За результатами експериментів встановлено, що більшість протестованих матриць на основі каоліну виявились не ефективними для очищення води від мутності та кольоровості, а деякі зразки мали низьку механічну міцність, що проявлялося крихкістю та руйнуванням самої матриці, підвищуючи мутність фільтрату. Зразок КМ-9, виготовлений за тиску пресування 8 тон та температури спікання 950 °С виявив достатньо високу ефективність очищення води на рівні 38%. Варто зазначити, що усі зразки синтезованих керамічних матриць в цілому показали низьку ефективність щодо видалення з водних розчинів гумату натрію, оскільки розмір їх пор був більше ніж розмір молекул забруднювача.

Для того, щоб підвищити ефективність затримання забруднювачів необхідно провести модифікацію матриць за допомогою нанесення селективного шару. Це дасть змогу отримати композитну структуру мембран з градацією пор, що суттєво вплине на ефективність фільтрування.

Список літературних джерел

1. Recycling and Reutilizing Polymer Waste via Electrospun Micro/Nanofibers: A Review / X. Li та ін. *Nanomaterials*. 2022. Т. 12, № 10. С. 1663. URL: <https://doi.org/10.3390/nano12101663> (дата звернення: 15.11.2022).
2. Goh P. S., Othman M. H. D., Matsuura T. Waste Reutilization in Polymeric Membrane Fabrication: A New Direction in Membranes for Separation. *Membranes*. 2021. Т. 11, № 10. С. 782. URL: <https://doi.org/10.3390/membranes11100782> (дата звернення: 15.11.2022).
3. Characterization and beneficiation of Ethiopian kaolin for use in fabrication of ceramic membrane / T. M. Zewdie та ін. *Materials Research Express*. 2021. Т. 8, № 11. С. 115201. URL: <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ac2f75> (дата звернення: 15.11.2022).
4. Issaoui M., Limousy L. Low-cost ceramic membranes: Synthesis, classifications, and applications. *Comptes Rendus Chimie*. 2019. Т. 22, № 2-3. С. 175–187. URL: <https://doi.org/10.1016/j.crci.2018.09.014> (дата звернення: 15.11.2022).
5. ГОСТ 2409-80 «МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ ОГНЕУПОРНЫЕ. Метод определения водопоглощения, кажущейся плотности, открытой и общей пористости».
6. Про затвердження Державних санітарних норм та правил "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10). Офіційний вебпортал парламенту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text> (дата звернення: 15.11.2022).