

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»**



**МІНІСТЕРСТВО
ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ**



ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

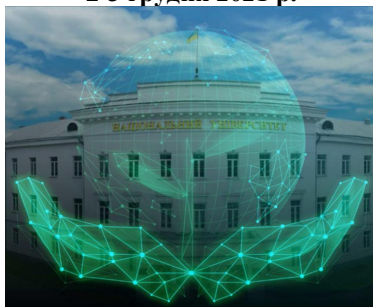
**II Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Довкілля. Енергозбереження»
присвячена 203-річчю Національного університету
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»**

ПОЛТАВА, 2 - 3 ГРУДНЯ 2021 Р.

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Інститут ботаніки імені М.Г. Холодного НАН України
Департамент екології та природних ресурсів Полтавської ОДА
Institute of Mathematical Sciences, Faculty of Science,
University of Malaya, Malaysia
University of Life Sciences in Lublin, Poland
Comsats University Islamabad-Abbottabad Campus, Pakistan
Quaid-i-Azam University Islamabad, Pakistan
Islamic Azad University Science and Research Branch, Iran
National Military University "Vasil Levski", Bulgaria
University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Bulgaria
Deutsche Gesellschaft Für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Gemeinde Filderstadt, Deutschland
University of Stuttgart, Stuttgart, Deutschland
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний університет імені І. Сікорського»
Київський національний університет будівництва та архітектури
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
Одеський державний екологічний університет
Сумський державний університет
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Вінницький національний технічний університет
Запорізький національний університет
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
Національний університет «Львівська політехніка»
ТОВ «НЬЮФOLK НТЦ»
СП «Полтавська газонафтова компанія»
Екологічна рада Полтавщини

II Міжнародна науково-практична конференція «Екологія. Довкілля. Енергозбереження»

2-3 грудня 2021 р.



Полтава 2021

Відповідальний за випуск: завідувачка кафедри прикладної екології та природокористування,
д.т.н., доц. СТЕПОВА Олена

Збірник матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія.
Довкілля. Енергозбереження», присвяченої 203-річчю Національного університету
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (2-3 грудня 2021 року). Полтава :
НУПІ, | | é√ЩЩЩЩ, - 2021. 379 с.

ISBN 978-617-7915-44-6

Учасники конференції – міжнародні експерти, почесні гості, науковці, шкільна й студентська
молодь та освітяни – розглядають проблеми раціонального використання природних ресурсів,
захисту довкілля та енергозбереження.

Матеріали подано мовами оригіналів. За викладення, зміст і достовірність
матеріалів відповідають автори.

Оргкомітет конференції.

ISBN 978-617-7915-44-6

© Національний університет
«Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка», 2021 р.

*Трус І. М., к.т.н., Гомеля М. Д., д.т.н., Твердохліб М. М., к.т.н.,
Яценко О. В., к.т.н., Крисенко Т. В., к.т.н.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна*

КОНЦЕНТРУВАННЯ СУЛЬФАТНОЇ КИСЛОТИ ДЛЯ БАГАТОРАЗОВОГО ВИКОРИСТАННЯ В ПРОЦЕСІ ВИРОБНИЦТВА НАНОЦЕЛЮЛОЗИ

Целюлоза має широке застосування у різних галузях промисловості (целюлозно-паперовій, хімічній, фармацевтичній). На сьогоднішній день перспективним є одержання наноматеріалів, які можуть використовуватись самостійно чи як добавки в традиційні матеріали, що дозволить покращити їх властивості [1].

Одержання наноцелюлози полягає в дії кислоти на аморфну частину целюлозних фібрил. Необхідним є використання сульфатної кислоти високої концентрації, що потребує значних економічних витрат на забезпечення виробництва кислотостійкими апаратами, а також на регенерацію та очищення стічних вод після промивання целюлози від залишків сульфатної кислоти.

Після промивання суспензії наноцелюлози утворюються розведені розчини сульфатної кислоти. Скид цих розчинів у каналізацію чи в природні водойми призводить до значного засолення води, тому необхідно розробити спосіб концентрування сульфатної кислоти, що дозволить її повторно використовувати в процесі виробництва наноцелюлози [2, 3].

Відомі реагентні методи переробки концентратів та елюатів потребують використання дорогих реагентів, таких як високоосновні алюмінієві коагулянти, але їх застосування має певні обмеження [4, 5]. Більш універсальними є методи електролізу та електродіалізу [6, 7]. Так у літературі описано результати дослідів із одержання розчинів кислот та лугу в процесі переробки розчинів солей в електролізерах з іонообмінними мембранами [8]. Автори роботи [9] детально вивчили процеси одержання сульфатної кислоти в трикамерному електролізері з катіонообмінною та аніонообмінною мембранами.

На рисунку 1 представлені результати електрохімічного концентрування сульфатної кислоти, що використовується в процесі виробництва наноцелюлози, в двокамерному електролізері. Протягом 28 годин електролізу вдалось підвищити концентрацію кислоти до 37 % при густині струму 9,09 А/дм². При густині струму 18,18 А/дм² кислотність аноліту зросла до 43,2 % за аналогічний час. Вихід за струмом в початковий період часу становив 50-60 % і поступово знижувався.

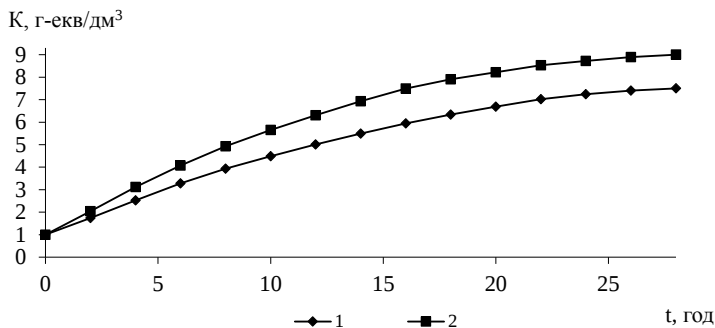


Рис. 1. Залежність концентрації сульфатної кислоти, що використовується в процесі виробництва наноцелюлози, від часу електролізу при анодній щільності струму 9,09 А/дм² (1) та 18,18 А/дм² (2)

У якості критерію вибору оптимальної математичної моделі використовували максимальне значення коефіцієнту кореляції (R), яке спостерігається при обробці вхідних експериментальних даних у координатах $f(C)-t$, результати представлені в таблиці 1 свідчать про те, що реакція електрохімічного концентрування сульфатної кислоти відповідає першому порядку ($n = 1$).

Таблиця 1. Коефіцієнти кореляції розраховані за допомогою розробленої програми

j, А/дм ²	Порядок реакції			
	n = 0 ($C = f(\tau)$)	n = 1 ($\ln(C) = f(\tau)$)	n = 2 ($1/C = f(\tau)$)	n = 3 ($1/C^2 = f(\tau)$)
9,09	0,856	0,93	0,725	0,521
18,18	0,831	0,919	0,684	0,855

Константи швидкості процесу концентрування сульфатної кислоти, розраховані з використанням розробленої програми як тангенс кута нахилу прямої у координатах $f(C)-t$. (табл. 2, табл.3).

Як видно з таблиці 2 константи швидкості процесу при 20 °С, тобто температурі проведення експерименту, для густини струму 9,09 А/дм², 18,18 А/дм² становлять відповідно: 0,0000199 с⁻¹ і 0,0000217 с⁻¹.

Розрахована енергія активації, при використанні програми, процесу концентрування складає 13,02 та 12,78 кДж/моль для густини струму 9,09 та 18,18 А/дм² відповідно.

Передекспоненціальний множник виражений з рівняння Арреніуса дорівнює: $K_{01} = 0,2514$ та $K_{02} = 0,234 \text{ хв}^{-1}$.

**Таблиця 2. Константи швидкості реакції першого порядку
концентрування розчинів сульфатної кислоти**

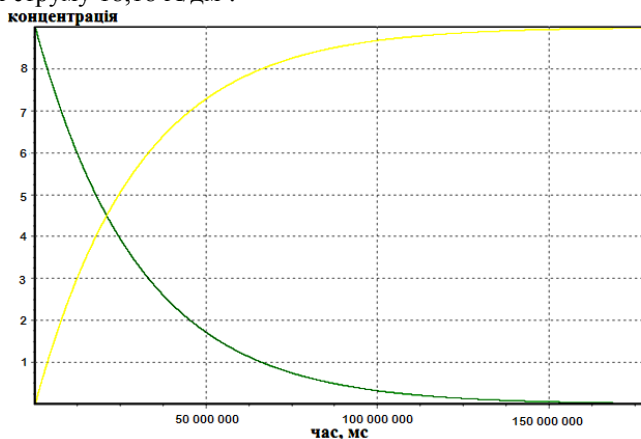
Температура, °C				
10	20	30	40	50
Густина струму 9,09 А/дм ²				
$0,66 \cdot 10^{-5}$	$1,99 \cdot 10^{-5}$	$5,97 \cdot 10^{-5}$	$1,79 \cdot 10^{-4}$	$5,37 \cdot 10^{-4}$
Густина струму 18,18 А/дм ²				
$0,72 \cdot 10^{-5}$	$2,17 \cdot 10^{-5}$	$6,51 \cdot 10^{-5}$	$1,95 \cdot 10^{-4}$	$5,86 \cdot 10^{-4}$

На основі розрахованих констант та експоненціального множника були отримані наступні рівняння Арреніуса для реакції електрохімічного концентрування сірчаної кислоти:

$$K_1 = 0,2514 \cdot \exp(-13024/RT)$$

$$K_2 = 0,234 \cdot \exp(-12780/RT)$$

За допомогою модулю програми розрахунку зміни концентрації речовини у розчині було розраховано кінетичну криву процесу та час повного концентрування кислоти (рис.2). На рисунку представлено збільшення концентрації (г-екв/дм³) сірчаної кислоти з часом в анодній області та її відповідне зменшення в катодній при проведенні електролізу при густині струму 18,18 А/дм².



**Рис. 2. Кінетичні залежності концентрування сульфатної
кислоти від часу**

Отже, для вибору оптимальної математичної моделі та визначення кінетичних параметрів процесу електрохімічного концентрування кислоти з сульфатвмісних елюатів було розроблено програму в середовищі Delphi 7. На основі розрахованих констант було отримано наступне

рівняння Арреніуса для реакції концентрування сульфатної кислоти: $K_1 = 0,2514 \exp(-13024/RT)$ і $K_2 = 0,234 \exp(-12780/RT)$.

Процес електролізу розведених розчинів сульфатної кислоти для їх концентрування до 40 % суттєво розширює можливості використання отриманої електролізом сульфатної кислоти. Застосування такої технології очищення води після відмивання наноцелюлозної суспензії є перспективним напрямком. Отриману концентровану сульфатну кислоту можна використовувати для гідролізу, що скорочує витрати хімікатів і вартість виробництва наноцелюлози.

Література

1. Barbash V. A., Yaschenko O. V., Shniruk O. M., *Preparation and Properties of Nanocellulose from Organosolv Straw Pulp.* // *Nanoscale Research Letters.* 2017. 12. 241.

2. Гомеля М. Д., Трус І. М., Василенко І. В. Математичне моделювання кінетики процесу концентрування сірчаної кислоти при електрохімічній переробці сульфатвмісних елюатів // *Праці Одеського політехнічного університету.* 2015. №1 (45). С. 146–151.

3. Трус І. М., Грабітченко В. М., Гомеля М. Д. Отримання сірчаної кислоти при електрохімічній переробці елюатів, що містять сульфати // *Східно-Європейський журнал передових технологій.* 2013. № 4/6 (64). С. 10–13.

4. Gomelya M. D., Trus I. M., Shabliy T. O. Application of aluminium coagulants for the removal of sulphate from mine water // *Chemistry & Chemical Technology.* 2014. 8 (2). P. 197–203.

5. Трус І. М., Грабітченко В. М., Гомеля М. Д. Застосування алюмінієвих коагулянтів для очищення стічних вод від сульфатів при їх пом'якшенні // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий.* 2012. № 6/10 (60). С. 13–17.

6. Гомеля М. Д., Трус І. М., Шаблій Т. О. Електродіалізне опріснення розчинів з високим вмістом іонів жорсткості // *Вісник ЧДТУ.* 2014. № 1 (71). С. 50–55.

7. Гомеля М. Д., Трус І. М., Грабітченко В. М. Вплив аерації та електролізу на зниження вмісту заліза // *Екологічна безпека.* 2014. №1 (17). С. 78–82.

8. Trus I., Hrabitchenko V., Gomelya M. Electrochemical processing of mine water concentrates with obtaining available chlorine // *British Journal. Of Science, Education and culture.* 2014. № 2(6). P. 103–108.

9. Писарска Б., Дылевски Р. Анализ условий получения H_2SO_4 и $NaOH$ из растворов сульфата натрия методом электролиза // *Журнал прикладной химии.* 2005. 78, №8. С. 1311–1316.

<i>Тітова А. О., Шмандій В. М., Ригас Т. Є., Бігдан С. А., Павлюк Г. О.</i>	
ВИКОРИСТАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ ПРИ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ СМІТТЄЗВАЛИЩ	304
<i>Ткаченко Т. М., Федорова Д. А.</i>	
ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ КИЄВА У НАПРЯМКУ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТОГО МІСТА	307
<i>Трохименко Г. Г., Недорода В. М., Почечуєв В. В.</i>	
ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИННИХ ТЕСТ-СИСТЕМ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ФІТОТОКСИЧНОСТІ ЗАБРУДНЕНОГО НАФТОПРОДУКТАМИ ҐРУНТУ	311
<i>Трус І. М., Гомеля М. Д., Твердохліб М. М., Яценко О. В., Крисенко Т. В.</i>	
КОНЦЕНТРУВАННЯ СУЛЬФАТНОЇ КИСЛОТИ ДЛЯ БАГАТОРАЗОВОГО ВИКОРИСТАННЯ В ПРОЦЕСІ ВИРОБНИЦТВА НАНОЦЕЛЮЛОЗИ	315
<i>Усачов О. Д., Романчук М. Є.</i>	
ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ БІОГЕННИХ РЕЧОВИНУ БАСЕЙНІ Р.ТЕТЕРІВ – М.ЖИТОМИР У ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ФАЗ ВОДНОГО РЕЖИМУ	319
<i>Фещенко Н. В., Фещенко Є.Я.</i>	
ВИКОРИСТАННЯ ГЛИНИСТИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ОЧИЩЕННІ СТИЧНИХ ВОД ВІД ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ	323
<i>Фещенко Н.В., Фещенко Є.Я.</i>	
ВИЛУЧЕННЯ ІОНІВ ЦИНКУ З ШЛАМІВ МЕТОДОМ ВИЛУГОВУВАННЯ	326
<i>Філоненко О. І., Череднікова О. В., Циганок О. О.</i>	
ДО ПИТАННЯ ТЕПЛО-ВОЛОГІСНОГО РЕЖИМУ ГОРИЩНИХ ДАХІВ	330
<i>Хоміч Л. В.</i>	
ПІСЛЯПРОЕКТНИЙ МОНІТОРИНГ – ІНСТРУМЕНТ ДОСТУПУ ДО ЕКОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ	334
<i>Ціпан Ю. Р., Грицюк І. І., Миронець М. А., Грицюк В. В.</i>	
МІКРОБІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ҐРУНТУ РЕКРЕАЦІЙНОЇ ДІЛЯНКИ ЛІСОВОГО МАСИВУ	338
<i>Цюман Є. С., Дворецька В. І.</i>	
ВПЛИВ ТРАНСПОРТУ НА РІВЕНЬ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА РЕСУРСОЄМНІСТЬ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ	341
<i>Черниш Є. Ю., Пляцук Л. Д., Чубур В. С., Білоус О.О., Рубік Г.</i>	
БІОЕНЕРГЕТИЧНІ ІННОВАЦІЇ ДЛЯ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ	345