

**ВІСНОВОК**  
**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення**  
**результатів дисертації**  
**Колегової Анастасії Сергіївні**

**“Маловідходні технології очищення води від іонів важких металів”,**  
**що подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань**  
**18 “Виробництво та технології” за спеціальністю 183 “Технології захисту**  
**навколишнього середовища”**

Дисертаційна робота Колегової Анастасії Сергіївни “Маловідходні технології очищення води від іонів важких металів”, що подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 18 “Виробництво та технології” за спеціальністю 183 “Технології захисту навколишнього середовища” виконана на кафедрі екології та природоохоронних ресурсів Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова. “Розробка комплексної маловідходної технології очистки води від іонів важких металів” затверджено Вчену радою Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова 28.10.2016 року, протокол № 10 та відкориговано на “Маловідходні технології очищення води від іонів важких металів” Вчену радою Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова 31.01.2020 року, протокол № 1.

Для підготовки Висновку про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Колегової Анастасії Сергіївни на тему “Маловідходні технології очищення води від іонів важких металів” Вчену радою Вінницького національного технічного університету (протокол № 15 від 25.08.2020 року) визначено, що попередня експертиза дисертації проводитиметься на базі Інституту екологічної безпеки та моніторингу довкілля Вінницького національного технічного університету, та призначено двох рецензентів:

1. доцента кафедри екології та екологічної безпеки, доктора технічних наук, доцента Кватернюка Сергія Михайловича;
2. доцента кафедри екології та екологічної безпеки, кандидата технічних наук, доцента Петрука Романа Васильовича.

В результаті аналізу результатів виконання здобувачем ступеня доктора філософії, Колегової Анастасії Сергіївни освітньо-наукової програми, індивідуального плану, розгляду, опрацювання теоретичних та практичних положень дисертаційного дослідження, поданих до розгляду наукових публікацій за темою дисертації, а також за підсумками проведення фахового семінару, який відбувся на розширеному засіданні кафедри екології та екологічної безпеки Вінницького національного технічного університету та факультету екологічної та техногенної безпеки Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова (протокол № 1 від 10 вересня 2020 р.), визначено наступне.

**1. Актуальність теми та її зв'язок з планами наукових робіт установи**

Основний зміст роботи складають результати досліджень, що проводились на кафедрі екології та природоохоронних технологій

Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова у рамках наступних науково-дослідних програм: Загальнодержавна програма “Питна вода України на 2006 – 2020 роки”, Регіональна програма “Розвиток водного господарства Миколаївської області на період 2013-2021 роки”; “Загальнодержавна цільова програма розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпра на період до 2021 року” у ході виконання науково-дослідних робіт: “Розробка заходів та технологій захисту довкілля від забруднень” у 2018-2019 рр. (№ держреєстрації 0120U100038); “Інноваційні моделі і механізми управління проектами реконструкції та розвитку муніципальних систем водопостачання” у 2018-2019 рр. (№ держреєстрації 0117U000349), у яких автор був виконавцем.

## **2. Формулювання наукового завдання, нове розв'язання якого отримано в дисертації**

1. Вивчити процеси сорбції іонів важких металів та їх суміші на сильнокислотному катіоніті КУ-2-8 в кислій та сольовій формі. Вивчити процеси регенерації іонів важких металів з катіоніту та оцінка ефективності в залежності від концентрації і витрати сірчаної кислоти та сульфату натрію;
2. Створити теоретичні моделі сорбції металів на іонітах та апроксимація даних моделювання на експериментальні результати з використанням іоніту КУ-2-8;
3. Розрахувати об'єми очищених розчинів для виробничих масштабів на 1 дм<sup>3</sup> катіоніту на основі отриманих результатів сорбції експериментальним та теоретичним способами;
4. Провести оцінку ефективності електрохімічного вилучення іонів міді, кадмію, цинку та нікелю в одно- та двокамерному електролізерах із застосуванням аніонної мембрани та провести оцінку ефективності процесів екстракції і отримати чисті метали;
5. Розробити технологічні схеми вилучення іонів металів із промивних та регенераційних вод гальванічних виробництв.

## **3. Наукові положення, які розроблені особисто дисертантом, та їх новизна**

*уперед:*

- встановлена закономірність екстракції іонів міді, цинку, кадмію і нікелю та їх суміші на сильнокислотному катіоніті в кислій та сольовій формах у діапазоні концентрацій 2,5-25 ммоль/дм<sup>3</sup> (5-50 мг-екв/дм<sup>3</sup>), що в подальшому сприяє їх ефективному вилученню зі стічних вод та підвищенню рівня екологічної безпеки промислових підприємств;
- встановлено умови електрохімічної екстракції катіонів важких металів в одно- та двокамерному електролізерах із застосуванням аніонної мембрани МА-41 та вплив кислотності на вилучення металів, а також перебіг процесів відновлення нікелю та цинку, що дозволяє знизити енергозатратність розробленої технології водоочищення;

*удосконалено:*

- модель Томаса для вихідних кривих сорбції важких металів на іоніті КУ-2-8 у кислій та сольовій формах і константи К цієї моделі для катіоніту в

$H^+$ - та  $Na^+$ -формах і для іонів міді, цинку, кадмію та нікелю, а також об'єми очищених розчинів для виробничих масштабів на 1 дм<sup>3</sup> катіоніту на основі порівняльного аналізу результатів експерименту та моделювання процесів сорбції, що дало можливість зменшення часу прогнозування процесу у виробничих умовах для динамічного процесу іонообміну;

– процес розділення іонів важких металів з регенераційних розчинів електроекстракцією в однокамерному електролізери та отримання металів в чистому вигляді, в результаті чого встановлено, що при електролізі суміші катіонів металів (мідь та цинк, мідь та нікель) відновлення іонів міді відбувається більш ефективно при стабільній концентрації інших металів;

*набуло подальшого розвитку:*

– процеси розділення суміші металів в однокамерному електролізери, в результаті чого встановлено, що разом з екстракцією міді відбувається також невелика кількість виділення кадмію, яка ускладнює процес розділення металів, за відповідних фізико-хімічних умов з участю міді та кадмію.

#### **4. Практичне значення дисертаційної роботи**

За безпосередньою участю автора розроблені і впроваджені окремі результати дисертаційної роботи у ТДВ “Миколаївський шиноремонтний завод”, впроваджено методи вилучення сполук важких металів стічних вод (акт впровадження від 11.12.2019 р.), що дозволило проводити очищення стічних вод підприємства від іонів міді та нікелю.

Технології очищення стічних вод від сполук важких металів з використанням методу іонного обміну були впроваджені на ТОВ “КОНУС-ВІДЕО” (акт впровадження від 16.01.2020 р.), що дозволило зменшити антропогенний вплив стічних вод на навколишнє середовище, що містять іони міді та цинку.

У навчально-методичному процесі Національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова, для студентів 183 “Технології захисту навколишнього середовища” при проведенні лабораторних та практичних робіт з дисциплін “Виробничі технології”, “Технології утилізації відходів”, “Технології очищення повітря та води” впроваджено методичні та практичні підходи очищення стічних вод від іонів важких металів, що дало змогу підвищити рівень знань студентів та якість фахової підготовки, поглибити теоретико-методологічні основи даних дисциплін (акт впровадження від 19.02.2020 р.).

#### **5. Використання результатів роботи**

Може бути використано на виробництвах, де утворюються стічні води з високим вмістом важких металів.

#### **6. Повнота викладення матеріалів дисертації в публікаціях та особистий внесок у них автора**

[1] С. Ю. Кельїна, Д. О. Цимбал, Г. Г. Трохименко, та А. С. Сухарева, “Моніторинг поверхневих вод Миколаївської області за показниками ХСК в умовах гетерогенного фото каталізу”, *Науковий вісник НЛТУ України: збірник науково-технічних праць*, № 25.6, с. 147-153, 2015. (DOAJ, Index Copernicus,

Vernadsky National Library, Crossref, WorldCat, CYBERLENINKA).

[2] А. С. Колєгова, Г. Г. Трохименко, та М. Д. Гомеля, “Вивчення іонообмінних процесів вилучення іонів міді та цинку на катіоніті КУ-2-8 та електрохімічне розділення регенераційних розчинів у системі Cu-Zn”, *Науковий журнал «Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки»*, № 1(29(68)), с. 142-147, 2018. (Index Copernicus).

[3] A. Koliehova, H. Trokhymenko, and M. Gomelya, “Electrochemical extraction of zinc from acid neutral regeneration solutions”, *Environmental Problems*, vol 3, no. 3, pp. 183-187, 2018. (Index Copernicus, Google Scholar, Vernadsky National Library, Crossref).

[4] A. Koliehova, H. Trokhymenko, S. Melnychuk, and M. Gomelya, “Treatment of Wastewater Containing a Mixture of Heavy Metal Ions (Copper-Zinc, Copper-Nickel) using Ion-Exchange Methods”, *Journal of Ecological Engineering*, vol. 20, iss. 11, pp. 146-151, 2019. doi:10.12911/22998993/112746. (Scopus, Web of Science Core Collection, EBSCOhost, J-Gate, BazTech, IndexCopernicus, Google Scholar, DOAJ, CNKI Scholar).

[5] A. Koliehova, H. Trokhymenko, and N. Magas, “Extraction of  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  and  $\text{Ni}^{2+}$  cations from industrial wastewater by ionite KU-2-8”, *Technology audit and production reserve.*, № 5/3 (49), pp. 4-9, 2019. doi:10.15587/2312-8372.2019.181411. (Index Copernicus Journals Master List, <sup>1</sup>findr, EBSCO, OpenAIRE, DOAJ , Vernadsky National Library, Ulrich's Periodicals Directory, BASE, WorldCat, CrossRef, WorldWideScience.org, SAJI, CNKI Scholar, Microsoft Academic Search, Socionet, ZDB, EconBiz, MIAR, Scilit, EconPapers, IDEAS, ERIH PLUS, Dimensions, Julkaisufoorumi, FSTA, JournalTOCs, ResearchBib, ROAD, DRJI, Genamics JournalSeek, PBN, SHERPA RoMEO, CORE, Neliti).

[6] А. С. Колєгова, та Г. Г. Трохименко, “Вивчення процесів сорбції та десорбції іонів кадмію ( $\text{Cd}^{2+}$ ) на іоніті КУ-2-8 у кислій формі з мінералізованих стічних вод”, *Збірник наукових праць НУК*, №1 (475), с. 243-250, 2019. doi:10.15589/znp2019.1(475).34. (CrossRef, BASE, Vernadsky National Library, Google Scholar).

[7] G. Trokhymenko, N. Magas, N. Gomelya, I. Trus, and A. Koliehova, “Study of the Process of Electro Evolution of Copper Ions from Waste Regeneration Solutions”, *Journal of Ecological Engineering*, vol. 21, iss. 2, pp. 29-38, 2020. doi:10.12911/22998993/116351. (Scopus, Web of Science Core Collection, EBSCOhost, J-Gate, BazTech, IndexCopernicus, Google Scholar, DOAJ, CNKI Scholar).

[8] А. С. Сухарева, Г. Г. Трохименко, та М. Д. Гомеля, “Електрохімічне розділення міді та цинку в процесі іонообмінного очищення води”, *Збірник наукових праць НУК*, № 3 (470), с. 114-120, 2017.

## 7. Апробація матеріалів дисертації.

[1] А. С. Сухарева, Трохименко Г. Г., та М. Д. Гомеля, “Електрохімічне розділення міді та цинку в процесі іонообмінного очищення води”, на XII Міжнарод. наук.-практ. конф. *Проблеми екології та енергозбереження в суднобудуванні*, Миколаїв, 2017, с. 121-123.

[2] А. С. Сухарева, Г. Г. Трохименко, та М. Д. Гомеля, “Електрохімічне розділення міді та нікелю в процесі іонообмінного очищення води”, на VIII

*Міжнарод. наук.-практ. конф. Інновації в суднобудуванні та океанотехніці, Миколаїв, 2017, с. 293-294.*

[3] А. С. Сухарева, та Г. Г. Трохименко, “Електрохімічне розділення міді, цинку та нікелю в процесі іонообмінного очищення води”, на *V Міжнарод. наук.-практ. конф. Чиста вода. Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти*, Київ, 2017. с. 204-206.

[4] А. С. Колєгова, та Г. Г. Трохименко, “Сучасні методи очищення стічних вод гальванічних виробництв від важких металів в Україні”, на *ІІ Всеукр. наук.-практ. конф. студ., аспір. та молод. наук. з міжнар. участю Актуальні проблеми сучасної хімії*, Миколаїв, 2018. с.50.

[5] A. S. Koliehova, and G. G. Trokhymenko, “Perspective methods of wastewater treatment of electroplating manufacture from copper and zinc ions”, in *The international research and practical conference The development of technical sciences: problems and solutions*, Brno, 2018, pp. 113-116.

[6] А. С. Колєгова, та Г. Г. Трохименко, “Електрохімічне вилучення цинку з кислих та нейтральних регенераційних розчинів”, на *5-у Міжнар. конгресі Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування*, Львів, 2018, с. 137.

[7] А. С. Колєгова, та Г. Г. Трохименко, “Аналіз процесів іонного обміну міді, цинку та нікелю на катіоніті КУ-2-8”, на *ІІІ Всеукр. наук.-практ. конф. студ., аспір. та молод. наук. з міжнар. участю Актуальні проблеми сучасної хімії*, Миколаїв, 2019, с. 110-113.

[8] А. С. Колєгова, Г. Г. Трохименко, та М. Д. Гомеля, “Сорбція іонів важких металів ( $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  та  $Ni^{2+}$ ) з високомінералізованих стічних вод”, на *XIII Міжнарод. наук.-техн. конф. Проблеми екології та енергозбереження*, Миколаїв, 2019, с. 89-91.

[9] А. С. Колєгова, Г. Г. Трохименко, та М. Д. Гомеля, “Іонообмінне вилучення іонів міді, цинку та нікелю з стічних вод металооброблювальних виробництв”, на *ІІІ Міжнарод. наук.-практ. конф. Чиста вода. Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти*, Київ, 2019, с. 120-123.

[10] А. С. Колєгова, та Г. Г. Трохименко, “Сорбція іонів  $Cd^{2+}$  катіонітом КУ-2-8 В  $H^+$ -формі”, на *З-й Міжнарод. наук.-практ. конф. Водопостачання та водовідведення: проектування, будова, експлуатація, моніторинг*, Львів, 2019. с. 222-223.

[11] А. С. Колєгова, та Г. Г. Трохименко, “Вилучення іонів міді в однота двокамерному електролізера”, на *ІV Всеукр. наук.-практ. конф. студ., аспір. та молод. наук. з міжнар. участю Актуальні проблеми сучасної хімії*, Миколаїв, 2020. с. 42-46.

## **8. Відповідність змісту дисертації спеціальності, за якою вона подається до захисту**

Дисертаційна робота відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми ВНТУ зі спеціальності 183 “Технології захисту навколишнього середовища”.

## **9. Відповідність дисертації вимогам, що пред'являються до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.**

Дисертаційна робота Колєгової Анастасії Сергіївни “Маловідходні технології очищення води від іонів важких металів”, що подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 18 “Виробництво та технології” за спеціальністю 183 “Технології захисту навколишнього середовища” є завершеною науковою працею, в якій отримано нові обґрунтовані результати. Дисертаційну роботу виконано на достатньо високому рівні, її результати мають наукову новизну і практичну цінність. Основні положення дисертаційної роботи опубліковані в наукових фахових виданнях, оприлюднені на науково-практичних конференціях. Дисертаційне дослідження відповідає обраній темі, розкриває її та підтверджує, що автором вирішено поставлені у роботі завдання. Здобувачем дотримано вимоги академічної добросердечності та не допущено її порушень під час дослідження. За змістом дисертаційна робота, її науково-прикладні результати та висновки відповідають галузі знань 18 “Виробництво та технології” за спеціальністю 183 “Технології захисту навколишнього середовища”.

## **ВИСНОВОК**

Ознайомившись із дисертацією Колєгової А. С. “Маловідходні технології очищення води від іонів важких металів”, та науковими публікаціями, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, а також взявши до уваги підсумки фахового семінару, вважаємо, що:

1. Варто скоригувати тему дисертаційної роботи Колєгової А. С. “Маловідходні технології очищення води від іонів важких металів” на “Маловідходні екологічно безпечні технології очищення стічних вод від іонів важких металів”.
2. Дисертаційна робота Колєгової А. С. “Маловідходні екологічно безпечні технології очищення стічних вод від іонів важких металів”, відповідає спеціальності 183 “Технології захисту навколишнього середовища”.
3. Колєговою А. С. опубліковано по темі дисертації 7 наукових праць, які розкривають основний зміст дисертації, відображають наукову новизну отриманих результатів і відповідають вимогам пунктів 9, 11, 12 Постанови Про проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Кабінетом Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167.
4. Дисертаційна робота Колєгової А. С. “Маловідходні екологічно безпечні технології очищення стічних вод від іонів важких металів” відповідає вимогам, що ставляться до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, а саме вимогам пунктів 9, 10, 11, 12 Постанови Про проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Кабінетом Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167.
5. Рекомендувати Вченій раді Вінницького національного технічного університету розглянути у якості опонентів дисертації Колєгової А. С. “Маловідходні екологічно безпечні технології очищення стічних вод від іонів важких металів” таких учених:

**Степова Олена Валеріївна** – доктор технічних наук, доцент, доцент кафедри прикладної екології та природокористування Національного

університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»;

**Шаблій Тетяна Олександрівна** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри екології та технології рослинних полімерів Київського національного університету України “КПІ імені Ігоря Сікорського”.

6. Дисертація Колєгової А. С. “Маловідходні екологічно безпечні технології очищення стічних вод від іонів важких металів” відповідає вимогам, що ставляться до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, і може бути рекомендована до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 18 “Виробництво та технології” за спеціальністю 183 “Технології захисту навколишнього середовища”.

**Рецензент:**

доцент кафедри екології та  
екологічної безпеки ВНТУ,  
доктор технічних наук, доцент

С. М. Кватернюк

**Рецензент:**

доцент кафедри екології та  
екологічної безпеки ВНТУ,  
кандидат технічних наук, доцент

P. V. Петрук

21 бересень 2020 р.



Підпис Кватернюк С.М.  
ПОСВІДЧУЮ

Зав. канцелярією

Петрук Р.В.