

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Шорохова Михайла Миколайовича «Ресурсозберігаюча технологія утилізації Cr^{6+} вмісних стічних вод», поданої на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія (галузь знань 16 – Хімічна та біоінженерія).

Актуальність теми дисертації. Сполуки шестивалентного хрому представляють серйозну небезпеку для поверхневих і ґрунтових вод, мають властивості токсикантів кумулятивного і адитивного характеру, можуть надавати мутагенну та канцерогенну дію на живі організми.

Одним з основних джерел утворення рідких Cr(VI) -вмісних відходів є гальванічні виробництва, текстильна та лакофарбова промисловість. Найпотужнішим джерелом утворення рідких Cr(VI) -вмісних відходів є гальванічні виробництва, у яких на 1 м^2 покриття утворюється від $0,5$ до $6,5 \text{ м}^3$ промивних вод, які вміщують від, здебільшого, від 40 до 1000 мг/дм^3 сполук Cr(VI) .

Більшість відомих способів очищення стічних вод від сполук Cr(VI) є або за технологією та експлуатацією простими, але не дозволяють отримати очищену воду з залишковими концентраціями Cr(VI) , які у сотні разів перевищують рівень ГДК, або дорогими, складними у виконанні та експлуатації. Деякі з відомих способів утилізації Cr(VI) -вмісних стічних вод орієнтовані на імпордне обладнання і дефіцитні основні та допоміжні речовини, а також передбачають утворення нових видів відходів, які, у свою чергу, вимагають утилізації. Тому в сучасних складних економічних умовах особливий інтерес представляють недорогі й ефективні реагентні способи очищення Cr(VI) -вмісних стічних вод, з широким використанням відходів місцевої промисловості як допоміжної сировини і, продуктом яких мають бути речовини, придатні до повторного використання.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконувалася на кафедрі «Хімічної інженерії та екології» Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля в рамках виконання держбюджетної науково-дослідної роботи «Розробка технології утилізації стічних вод гальванічних виробництв» (№ держ. реєстрації 0118U006979 від 19.11.2018 р.).

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Теоретичним аналізом визначені залишкові концентрації CrO_3^{2-} та SO_4^{2-} , що гранично досягаються, при хімічному осадженні малорозчинних солей барію(II) хроматів та сульфатів й плюмбуму(II) хромату та сульфату, з розчинів H_2CrO_4 та H_2SO_4 різної концентрації, у тому числі при їх сумісній присутності, насиченими при 20°C водними розчинами Ba(OH)_2 , BaCl_2 та $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$;

2. Встановлено вплив попереднього підлугування розчинів H_2CrO_4 та H_2SO_4 лужними Ca^{2+} - вмісними розчинами, у тому числі водною витяжкою із шлаків содового виробництва, на зменшення залишкової концентрації CrO_4^{2-} та SO_4^{2-} при утворенні малорозчинних BaCrO_4 та BaSO_4 осадженням розчинами Ba(OH)_2 ;

3. Встановлена взаємна залежність рН, електропровідності та залишкової концентрації CrO_4^{2-} в освітлених частинах суспензій від мольного співвідношення $\frac{\text{Ba(OH)}_2}{\text{H}_2\text{CrO}_4}$, що дозволяє організувати безперервний процес очистки Cr(VI)-вмісної стічної води в широкому діапазоні початкових концентрацій CrO_4^{2-} ;

4. Визначено кінетичні параметри процесу утворення твердої фази при хімічному осадженні BaCrO_4 з водних розчинів H_2CrO_4 та Ba(OH)_2 . Встановлена залежність швидкості осадження BaCrO_4 від початкової концентрації H_2CrO_4 та ступеня пересичення, що дозволяє розраховувати залишкову концентрацію CrO_4^{2-} в процесі осадження;

5. Встановлена залежність середнього розміру частинок твердої фази суспензій на швидкості їх розшарування від мольного співвідношення $\frac{\text{Ba(OH)}_2}{\text{H}_2\text{CrO}_4}$, швидкості перемішування та температури, що дозволяє оптимізувати процес фільтрації і отримувати осади заданого гранулометричного складу;

6. Визначені оптимальні технологічні режими осадження BaCrO_4 з рідких низькоконцентрованих Cr(VI)-вмісних відходів, що містять іон SO_4^{2-} , у тому числі з попереднім підлогуванням середовища.

Теоретичне значення отриманих результатів полягає у науковому обґрунтуванні можливості розробки ефективного методу безперервного реагентного очищення низькоконцентрованих Cr^{6+} вмісних стічних вод електрохімічних виробництв з одночасним отриманням товарних продуктів.

Практичне значення одержаних результатів.

1. Отримані математичні залежності процесу хімічного сумісного осадження BaCrO_4 та BaSO_4 з розчинів можуть бути використані для розрахунку оптимальних умов при виборі режимів осадження в промисловості;

2. Встановлено вплив основних технологічних параметрів на процес хімічного осадження BaCrO_4 та BaSO_4 , які дозволяють в промислових умовах впровадити автоматизоване дозування хімічних реагентів, знизити витрати осаджувача, досягти залишкових концентрацій CrO_3 близьких до значень ГДК для водних об'єктів;

3. Розроблена технологічна схема локальної утилізації Cr(VI)-вмісних низькоконцентрованих розчинів з отриманням товарного продукту та частковим поверненням очищеної води в технологічний цикл;

4. Розроблена технологія і проведені дослідно-промислові випробування установки для одержання суміші BaCrO_4 та BaSO_4 при локальній реагентній утилізації відпрацьованих Cr(VI)-вмісних розчинів в умовах ТОВ «Северодонецькі металеві вироби та конструкції» (м. Северодонецьк). Визначена кратність використання води в технологічному циклі.

Достовірність і обґрунтованість результатів і висновків дисертації підтверджується використанням сучасних методів та експериментальної техніки для проведення фізико-хімічного аналізу.

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 18 наукових праць, з них: 5 статей в наукових фахових виданнях України та 1 публікація в фаховому виданні іноземної держави (в т. ч. 2 у виданнях, що індексуються

наукометричною базою Scopus), отримано 1 патент України на корисну модель. Публікації здобувача в повній мірі розкривають основний зміст дисертації.

Публікації, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації (публікації, що зараховані за темою дисертації)

1. **Шорохов М.М.**, Суворін О.В., Казаков В.В., Ожередова М.А. Вплив надлишку осаджувача на очищення Cr^{6+} вмісних стічних вод промислових підприємств / *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. – Северодонецьк: СНУ. – 2018. - № 3 (244). – С. 109 – 113.

(Внесене до переліку наукових фахових видань України).

Особистий внесок здобувача – виконання експериментальних досліджень та їх обробка.

2. **Шорохов М.М.**, Ожередова М.А., Суворін О.В., Заїка Р.Г., Доценко А.Д. Вплив додавання затравочних кристалів BaCrO_4 та наявності ацетат-іонів на залишкову концентрацію Cr(IV) в очищених розчинах / *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. – Северодонецьк: СНУ. – 2019. - № 7 (255). – С. 98 – 102. *(Внесене до переліку наукових фахових видань України).*

Особистий внесок здобувача – критичний аналіз джерел інформації, виконання експериментальних досліджень, обробка експериментальних даних.

3. Суворін О.В., **Шорохов М.М.**, Ожередова М.А., Зубцов С.І. Високоєфективна технологія знешкодження Cr(VI) -вмісних промивних вод електрохімічних виробництв / *Вісник Черкаського державного технологічного університету*. – 2019. - №4. – С. 88 – 95. *(Внесене до переліку наукових фахових видань України).*

Особистий внесок здобувача – критичний аналіз методів очищення Cr(VI) -вмісних промивних вод, дослідження температурного режиму технології, що розробляється.

4. Towards Development IoT-Based Water Quality Monitoring System / Inna Skarga-Bandurova, Yana Krytska, **Mikhail Shorokhov**, Oleksandr Suvorin, Lina Barbaruk, Maryna Ozheredova // *The First International Symposium on Artificial Intelligence, IoT, Robotics and Smart Systems (AIRS2-19)*, Istanbul, Turkey. P.P. 140 – 146. *(Є науковим і технічним міжнародним виданням, індексується SCOPUS).*

Особистий внесок здобувача – критичний аналіз джерел інформації, обґрунтування виконання експериментальних досліджень.

5. Суворін О.В., Ожередова М.А., Близнюк О.М., **Шорохов М.М.**, Зубцов С.І., Критська Я.О. Реагентне очищення Cr(VI) - вмісних промивних вод. Вплив дозування Ca(OH)_2 та Ba(OH)_2 на ступінь очищення / *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*. – 2020. - №. 2, С. 112 - 117. *(Є науковим і технічним виданням, індексується SCOPUS та належить до наукових фахових видань України).*

Особистий внесок здобувача – критичний аналіз джерел інформації, виконання експериментальних досліджень, обробка отриманих результатів.

6. **Шорохов М.М.**, Суворін О.В., Ожередова М.А. Вплив температури та інтенсивності перемішування на технічні характеристики хімічно утвореної суспензії PbCrO_4 / *Вісник Національного Технічного Університету «ХІІІ»*. Серія:

Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів, 2020. № 1. С. 3 - 7.
(Внесене до переліку наукових фахових видань України).

Особистий внесок здобувача – виконання експериментальних досліджень та їх математична обробка, обґрунтування висновків.

Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

7. Григоренко Ю.Ю., **Шорохов М.М.**, Суворін О.В., Заїка Р.Г. Оцінка ефективності технологій утилізації Cr^{6+} вмісних стічних вод промислових підприємств на основі SWOT-аналізу / *Технологія-2018 : матеріали XXI міжнар.наук.-техн. конф. - Северодонецьк : Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2018. – С. 83 - 85.*

8. Григоренко Ю.Ю., **Шорохов М.М.**, Суворін О.В. Ефективність технологій утилізації Cr^{6+} вмісних стічних вод промислових підприємств / *Актуальні проблеми науково-промислового комплексу регіонів. Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції – Рубіжне: видавець О. Зень, 2018. – С. 161 - 162.*

9. **Shorokhov M.N.**, Ozheredova M. A., Suvorin A.V. Effect of temperature and redundant excess on the effectiveness of purification of Cr(VI) - containing wastewater / *The 7th International conference - Science and society, Accent Graphics Communications & Publishing, Hamilton, Canada, 2018. - P. 51 - 56.*

10. **Шорохов М.М.**, Ожередова М.А., Суворін О.В. Вплив тиску осаджувача на ефективність очищення Cr^{6+} - вмісних стічних вод промислових підприємств / *Perspectives of science and education. Proceedings of the 3rd International youth conference. SLOVO\WORD, New York, USA., 2018. - P. 235 - 244.*

11. **Шорохов М.М.**, Суворін О.В., Ожередова М.А. Дослідження впливу дозування $\text{Ca}(\text{OH})_2$ та $\text{Ba}(\text{OH})_2$ на ступінь очищення $\text{Cr}(\text{VI})$ - вмісних промислових вод / *Topical Issues of the Development of Modern Science. Abstracts of International Scientific and Practical Conference. Sofia, Bulgaria, 2019. - P. 204 - 208.*

12. Бескровна І.О., **Шорохов М.М.**, Суворін О.В., Заїка Р.Г. Сумісна утилізація $\text{Cr}(\text{VI})$ та $\text{Zn}(\text{II})$ вмісних промислових стічних вод / *Майбутній науковець – 2019: матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю, м. Северодонецьк., Ч. I, С. 40 - 41.*

13. Суворін О.В., Ожередова М.А., Зубцов Є.І., **Шорохов М.М.**, Титаренко А.О., Яровий Є.В. Відходи виробництва кальцинованої соди як перспективна вторинна сировина / *Технологія-2020 : Матеріали міжнар.наук.-техн. конф. - Северодонецьк : [Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля], 2020. С. 11 - 13.*

14. Титаренко А.О., Яровий Є.В., Ожередова М.А., Зубцов Є.І., **Шорохов М.М.**, Суворін О.В. Аналіз методів утилізації шлаків содового виробництва / *Технологія-2020 : Матеріали міжнар.наук.-техн. конф. - Северодонецьк : [Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля], 2020. – С. 88 - 90.*

15. **Шорохов М.М.**, Суворін О.В., Ожередова М.А. Дослідження впливу технологічних параметрів на процес хімічного осадження основних солей хрому (VI) з відпрацьованих $\text{Cr}(\text{VI})$ вмісних розчинів / *Сучасні виклики і актуальні проблеми науки, освіти та виробництва: міжгалузеві диспути :*

Матеріали VII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. – Київ, 2020. – С. 145 - 150.

16. **Шорохов М.М.**, Суворін О.В., Ожередова М.А. Вплив зміни технологічних параметрів на характеристики хімічно утвореної суспензії BaCrO_4 / «Майбутній науковець –2020»: Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. - Северодонецьк, 2020. - С. 180 – 182.

17. **Шорохов М.М.**, Суворін О.В., Ожередова М.А. Фізико-хімічний склад продуктів осадження Cr^{6+} з відпрацьованих хромвмісних розчинів / «Майбутній науковець –2020»: Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. - Северодонецьк, 2020. - С. 182 – 184.

Патент України на корисну модель

18. Патент України на корисну модель 133168, МПК C02F 1/62 (2006.01). Спосіб сумісної утилізації відпрацьованих промивних вод, що містять сполуки шестивалентного хрому, та лужних стічних вод содового виробництва / **Шорохов М.М.**, Суворін О.В., Ожередова М.А., Зубцов Є.І., Барбарук, Л.В., Критська Я.О., Мочалов В.В.; заявник та власник патенту ТОВ «ДАЙМОНТХІМ»; заявл. 22.10.2018 ,опубл. 25.03.2019, Бюл. № 6.

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Шорохова М.М. «Ресурсозберігаюча технологія утилізації Cr^{6+} вмісних стічних вод», що подається на здобуття ступеня доктора філософії, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням відповідає вимогам наказу МОН України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (із змінами, внесеними згідно наказу МОН № 759 від 31.05.2019 р.), п. 10 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженому Постановою КМ України від 6 березня 2019 р. № 167 (із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 979 від 21.10.2020 р.) та напряму наукових досліджень освітньо-наукової програми Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля зі спеціальності 161 – Хімічні технології та інженерія.

РЕКОМЕНДУВАТИ дисертаційну роботу «Ресурсозберігаюча технологія утилізації Cr^{6+} вмісних стічних вод», подану Шороховим Михайлом Миколайовичем на здобуття ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

Запросити опонентами дисертаційної роботи Шорохова М.М. «Ресурсозберігаюча технологія утилізації Cr^{6+} вмісних стічних вод»:

1. Знака Зеновія Орестовича, доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри хімії і технології неорганічних речовин, Національного університету «Львівська політехніка», інституту хімії та хімічних технологій.;
2. Іванченко Анну Володимирівну, доктора технічних наук, доцента, професора кафедри хімічної технології неорганічних речовин Дніпровського державного технічного університету

Рецензенти:

професор кафедри
машинобудування та прикладної механіки,
доктор технічних наук,

 Созонтов В.Г.

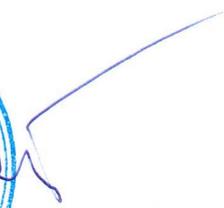
доцент кафедри
хімії та охорони праці,
кандидат технічних наук, доцент

 Корчуганова О.М.

Підписи д.т.н., проф. Созонтова В.Г. та к.т.н., доц. Корчуганової О.М. засвідчую:

Вчений секретар, к.т.н., доц.



 Бойко Г.О.