

Відгук

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Трус Інни Миколаївни

На тему «Створення наукових основ ресурсоефективних
екологічно-безпечних технологій використання води у промисловості»
подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за
спеціальністю 21.06.01 – Екологічна безпека

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Нині водні ресурси є обмеженими та найбільш уразливими з природних ресурсів. Прогресивний розвиток галузей промисловості неможливий без достатньої забезпеченості їх водними ресурсами. Нераціональне використання води призводить до виникнення негативних екологічних наслідків як для водних екосистем, так і для промисловості та населення України. Тому перспективним є розробка новітніх механізмів і технологій для забезпечення раціонального водокористування чи зменшення дефіциту води.

Комплексний підхід до вирішення проблем створення маловідходних технологій демінералізації води, знайдені рішення з розробки ефективних методів водопідготовки та знесолення мінералізованих, шахтних та інших стічних вод мають наукову та практичну цінність для фахівців в галузі екологічної безпеки експлуатації систем промислового водоспоживання. Цей підхід дозволяє різко знизити водоемність виробництва промислової продукції та електроенергії, забезпечити населення та промисловість якісною питною та технічною водою.

Вважаю, що робота Трус Інни Миколаївни, яка присвячена вирішенню проблеми забезпечення високоякісною водою промислових підприємств шляхом розробки маловідходних технологій, є актуальною та важливою, як у науковому, так і практичному значенні.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота виконана в рамках наступних науково-дослідних робіт Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», згідно з планами держбюджетних науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України: № 2733-п «Розробка нових реагентів, матеріалів та технологій водоочищення для замкнутих водоциркуляційних систем» (2014–2015 рр., № держреєстрації 0114U000546, автор – виконавець теми), № 2929-п «Захист поверхневих водойм від забруднення біогенними елементами та іонами важких металів» (2016–2017 рр., № держреєстрації 0116U003766, автор – виконавець теми), № 2113-п «Застосування електролізу при створенні безвідходних процесів очищення води» (2018–2020 рр., № держреєстрації 0118U002086, автор – виконавець теми); № 2504-п «Наукові основи розширення фонду джерел водозабезпечення

населення, усунення загроз національній безпеці України в екологічній сфері» (2022–2023 рр., № держресстрації 0122U001686, автор – виконавець теми); гранту Президента України для підтримки наукових досліджень молодих учених на 2017 рік «Створення маловідходної технології демінералізації природних та стічних вод» (розпорядження Президента України №78/2017-рп, № 0117U006126); наукового проєкту молодих вчених Ф83/50087 «Комплексна маловідходна технологія демінералізації стічних вод та очищення від йонів важких металів для забезпечення екологічної безпеки» (2018 р., № 0118U001605, автор – керівник теми).

Дисертаційна робота має логічну і чітку структуру. Мета та завдання роботи відзначаються коректністю постановки наукових задач, співвідносяться із висновками і пов'язані з структурою дослідження.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій сформульованих у дисертації та їх достовірність

Зміст дисертації Трус І.М. викладено з урахуванням існуючих теорій фундаментальних наук та надбань практики. Обґрунтованість та достовірність наукових положень дисертаційної роботи забезпечується великим обсягом експериментального матеріалу та глибоким і багатостороннім аналізом літературних джерел, які охоплюють сучасні уявлення щодо ефективних методів демінералізації води. Наукові положення і висновки, сформульовані у дисертації, достатньо обґрунтовані за рахунок використання експериментальних методів на сучасному обладнанні та ряду теоретичних методів досліджень. Про достовірність отриманих даних свідчить узгодженість отриманих результатів із розрахунковими та експериментальними даними інших дослідників. Одержані результати обговорені на авторитетних наукових конференціях.

Достовірність практичних рекомендацій підтверджена патентами України на корисну модель та актами апробації і перевірки результатів на ТОВ «Аква Форсайт», ТОВ «ІВІК ФОРМУЛА ВОДИ», ТОВ «Кальцеструм», ТОВ «БВТ Україна», ТОВ «Хлібокомбінат Кулиничі» затвердженими у чинному порядку.

4. Структура та зміст дисертації

Основний зміст дисертації Трус І.М. викладено за класичною схемою: від аналізу відомої інформації при огляді науково-технічної літератури через теоретичні дослідження, експериментальну перевірку зроблених висновків до практичного підтвердження ефективності наукових розробок, формулювання висновків.

Загальний обсяг дисертації становить 499 сторінок, робота містить 303 рисунки, 83 таблиці та 390 найменувань бібліографічних джерел, що відповідає чинним вимогам до докторських дисертацій.

У вступі описано актуальність роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, висвітлено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів. Описано особистий внесок здобувача, наведено відомості щодо апробації та публікацій за темою дисертації.

У першому розділі наведено структурований та логічний аналіз сучасних наукових публікацій щодо досліджуваної проблеми. Зроблено аналіз світового досвіду щодо можливості застосування методів вилучення з води різноманітних поллютантів. Показано доцільність застосування обраних підходів та технологій для забезпечення оптимального використання водних ресурсів.

У другому розділі описані об'єкти та методи досліджень, серед яких реагентні, іонообмінні, баромембранні, електрохімічні, флотаційні методи очищення води чи глибокого очищення при концентруванні розчинів. Також подано кількісні характеристики вихідних водних середовищ, наведено опис синтезу алюмінієвих коагулянтів та перелік приладів і експериментального устаткування. Представлені схеми і опис лабораторних установок та подано опис методики процесів. Представлено методи математичної обробки даних для підтвердження їх достовірності.

У третьому розділі обґрунтовано вибір алюмінійвмісних реагентів для ефективного пом'якшення гідрокарбонатно-кальцієвих вод та очищення концентратів від сульфатів та іонів твердості. Проведено оцінку стабілізаційної обробки води при використанні слабокислотного катіоніту в кислій та сольовій формах. Проведено оцінку застосування високоосновних аніонітів у основній формі для пом'якшення вод, що містять високі концентрації аніонів сильних кислот – хлоридів і сульфатів. У результаті проведених досліджень запропоновано технологію іонообмінного розділення аніонів стічних вод з повною переробкою утворених відходів у цільові продукти. Проведено оцінку ефективності застосування стабілізаторів накипоутворення для високомінералізованих вод та запропоновано для підвищення їх стабілізаційного і протинакипного ефектів обробку ультразвуком або озонуванням. На основі дисульфонату натрію розроблено новий доступний стабілізатор осадковідкладень.

У четвертому розділі запропоновано технологію знекиснення води для парових і водогрійних котлів, яка передбачає введенні у воду бісульфіту натрію, йонів кобальту чи заліза з послідуєчим фільтруванням води через аніоніт у сульфатній формі. Даний спосіб дає можливість забезпечити повне вилучення кисню з води при суттєвій економії реагентів.

П'ятий розділ присвячено розробці та дослідженню методів вилучення важких металів з води. Здійснено вибір комплексону для ефективного вилучення важких металів з води методами нанофільтраційного очищення. Визначено ефективність процесів вилучення важких металів з води при висадженні фероціанідом калію. Для забезпечення високої ефективності процесу флотації, використано квантово-хімічні розрахунки методом

неемпіричної молекулярної динаміки по програмі HyperChem. Досліджена ефективність іонного обміну при вилученні важких металів із води, та показано, що на їх сорбцію значний вплив має присутність іонів жорсткості, що призводить до зниження ефективності процесу. Запропоновано використання магнетиту для глибокого очищення води від іонів важких металів у присутності йонів жорсткості, даний метод дозволяє знизити концентрацію важких металів до 1,2 мкг/дм³.

У шостому розділі представлено результати електрохімічного окислення амонію в залежності від складу розчинів. Вивчено процеси сорбції нітратів на низькоосновних і високоосновних аніонітах. Встановлено умови ефективного розділення сульфатів і нітратів на високоосновному аніоніті аніоніті АВ-17-8. Визначено умови очищенні води від фосфатів іонообмінними методами. Визначено перспективи застосування відпрацьованих регенераційних розчинів виробництва рідких добрив. Досліджено застосування методів електрокоагуляції в процесах ефективного вилучення фосфатів із розчинів у вигляді осаду.

У сьомому розділі показано можливість одержання електролізом із сольових відходів зворотньоосмотичного очищення води розчинів соляної, сірчаної кислот та лугу. Розроблені методи утилізації осадів, що утворюються при очищенні мінералізованих, шахтних вод та вод у промисловості будівельних матеріалів.

5. Наукова новизна отриманих у роботі результатів, сформульованих положень та висновків

Аналіз представленого та захисту наукового дослідження та публікації дозволяють дійти висновку про наукову обґрунтованість і достовірність викладених дисертанткою результатів. Основні результати, викладені в дисертаційній роботі, відповідають критерію новизни в даній галузі. Серед найважливіших результатів слід зазначити розробку ефективних реагентів та технологій кондиціонування води для стабілізаційної обробки та зниження її корозійної активності, а також рекомендацій до водопідготовки підживлюючої води на основі характеристик визначених виходячи з вимог надійної експлуатації систем теплопостачання та охолодження.

Досліджено залежність корозійної активності води від рівня мінералізації та концентрації в ній кисню, вплив характеристик води, каталізаторів на ефективність її знекиснення з допомогою реагентів та редокситів.

Уперше встановлено граничну ефективність іонного обміну, магнітосорбційного методу та зворотнього осмосу при вилученні з води ряду важких металів з урахуванням типу і умов використання комплексуютьовачів.

Автором визначено залежність ефективності сорбції важких металів від характеристик води, способу модифікування магнетиту в процесі його синтезу при глибокому очищенні вод від іонів важких і кольорових металів.

Доведено, що для досягнення раціональних якісно-кількісних показників процесу флоатації доцільно використовувати квантово-хімічні розрахунки методом молекулярної динаміки по програмі HyperChem, що сприяє досягненню високої ефективності очищення за рахунок вибору високоселективних збирачів та оптимізації витрат реагентів.

Встановлено вплив щільності струму, рН середовища, мінералізації води на ефективність електрохімічного очищення води від амонію в одно- та двокамерних електролізерах, встановлено залежність ефективності електрокоагуляційного вилучення фосфатів із стічних вод від складу розчину і параметрів процесу електролізу. Визначено залежності виходу за струмом активного хлору, гіпохлориту натрію та інших окислених сполук хлору від концентрації хлориду натрію у воді, анодної щільності струму, типу електролізера, глибини знесолення розчину, визначено умови електролізу (анодної щільності струму, концентрації розчинів хлориду та сульфату натрію, рН середовища) концентрування луку та сірчаної кислоти.

Запропоновано способи вилучення з води фосфатів та нітратів при використанні іонного обміну і зворотнього осмосу в залежності від складу водних розчинів, розроблено технологічні процеси переробки регенераційних розчинів у мінеральні добрива, що дозволило створити безвідходні процеси вилучення біогенних елементів із стічних та природних вод у ресурсозберігаючих технологіях.

6. Практична значимість роботи

Значимість підтверджують успішні результати промислових випробувань спільно з ТОВ «Аква Форсайт», ТОВ «ІВІК ФОРМУЛА ВОДИ», ТОВ «Кальцеструм», ТОВ «БВТ Україна», ТОВ «Хлібокомбінат Куличичі».

Особливістю представленої роботи є наявність суттєвого масиву експериментальних даних. Всі представлені дослідження спрямовані на вирішення конкретних практичних задач. Обсяг та рівень опрацювання матеріалу, представленого в дисертації, свідчить про проведену Трус І.М. потужну експериментальну роботу.

7. Повнота викладення результатів роботи у наукових працях

Основні положення і висновки дисертаційного дослідження засновані на отриманих автором експериментальних даних та повністю викладені у наукових працях. Отримані результати не викликають сумнівів у їх достовірності, зроблені висновки досить аргументовані і спираються на практичні і теоретичні основи. Основні результати відображено в 5 монографіях, 33 статтях у наукових фахових виданнях: 23 статті в

періодичних виданнях, що індексуються наукометричною базою даних Scopus (серед яких, відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports 4 статті відносяться до другого квартиля Q2, 11 статей до третього квартиля Q3 та 8 статей до четвертого квартиля Q4), 5 патентах України на корисну модель. Результати досліджень автора представлені в 12 доповідях на конференціях міжнародного та національного рівня.

Зміст автореферату повністю відповідає основному змісту дисертації.

8. Мова та стиль дисертації

Дисертація написана державною мовою, загалом грамотно, легко сприймається. Виклад матеріалу в роботі має логічну послідовність, науково грамотний, розділи взаємопов'язані та цілком розкривають поставлену мету. Тема і зміст дисертації відповідають паспорту спеціальності 21.06.01 – екологічна безпека.

9. Дискусійні положення та зауваження щодо дисертаційної роботи

Недоліки та зауваження до дисертації:

- З роботи неясно, наскільки можливе утворення водонерозчинних карбонатів кальцію або гідроксидів магнію у порах високоосновного аніоніту при використанні його в основній формі для пом'якшення води.
- У чому перевага пом'якшення води на високоосновних аніонітах для пом'якшення води в порівнянні із реагентною обробкою води?
- Хотілось би почути конкретні рекомендації автора щодо перспективи застосування стабілізаторів накипоутворення в залежності від характеристик води.
- При вивченні процесів очищення води від іонів важких металів досліджувались і баромембранні процеси. Наскільки доцільно дані процеси застосовувати при вилученні важких металів із води?
- Наскільки допустимо використовувати магнетит модифікований високотоксичним гуанідіном при очищенні води, враховуючи її можливе скидання у водойми.
- В роботі приведено ряд процесів переробки сольових розчинів електродіалізом. Але не наведені варіанти отримання окислених сполук хлору придатних для промислового використання.
- Не зрозумілий принцип роботи трикамерного електролізера з двома аніонообмінними мембранами.

Відмічені недоліки не зменшують високої теоретичної та науково-практичної цінності дисертаційної роботи. Одержані у роботі результати є важливими для багатьох галузей промисловості.

10. Відповідність автореферату змісту дисертаційної роботи

Автореферат за структурою та технічним оформленням відповідає встановленим чинним вимогам. В ньому відображені головні результати дисертаційної роботи та наукові здобутки автора. За змістом автореферат ідентичний до тексту дисертаційної роботи

11. Загальний висновок щодо відповідності дисертації встановленим вимогам

Дисертаційна робота Трус Інни Миколаївни «Створення наукових основ ресурсоефективних екологічно-безпечних технологій використання води у промисловості» є завершеною науковою працею, в якій отримано нові наукові та практичні результати щодо теоретичного обґрунтування та нового вирішення науково-прикладної проблеми розширення фонду джерел водозабезпечення шляхом розроблення методів ефективного знесолення води та комплексної переробки утворених відходів у корисні продукти.

Автореферат за змістом ідентичний до тексту дисертаційної роботи, яка відповідає паспорту спеціальності 21.06.01.

Дисертація Трус І.М. за своєю актуальністю, науковою новизною, обґрунтованістю та достовірністю наукових положень, за отриманими новими науково-обґрунтованими результатами, висновками, практичними рекомендаціями та реалізацією в промисловості сприяє вирішенню проблеми водозабезпечення населення та промисловості. Дисертаційна робота відповідає вимогам пп. 7, 8, 9 «Порядок присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 р. № 1197, а її автор Трус Інна Миколаївна заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор, професор кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля Вінницького національного технічного університету

 Сергій КВАТЕРНЮК

Підпис д.т.н., проф. С.М. Кватернюка засвідчую

Вчений секретар Вінницького національного технічного університету





Інна ВІШТАК