

РЕЦЕНЗІЯ
на дисертаційну роботу

ГОРДІЄНКО КАТЕРИНИ ЮРІЇВНИ

на тему
**«ЗНИЖЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ВОДНІ ОБ'ЄКТИ
СИСТЕМ ПОМ'ЯКШЕННЯ ВОДИ»,**

представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 10 Природничі науки
за спеціальністю 101 Екологія

Актуальність теми дисертації.

Водні ресурси України представлені поверхневими та підземними водами, нерівномірний розподіл яких територією країни та їх інтенсивне використання створюють проблеми водозабезпечення, що посилюються забрудненням, нераціональним використанням водних джерел та військовими діями. Ряд регіонів практично не має підземних вод з оптимальним сольовим складом, відзначається підвищений вміст сухого залишку.

Для технологічних процесів значення загальної жорсткості може змінюватись у широких межах, що визначаються вимогами конкретного виробництва. Найбільш жорсткі вимоги до води існують в теплоенергетиці. Так, вміст солей кальцію та магнію у воді, що подається в барабанні котли, не повинен перевищувати 0,005 мг-екв/дм³.

Вирішенням проблеми забезпечення населення та промисловості України водою належної якості є вдосконалення технологій водопідготовки із використанням сучасних матеріалів. Більшість застосовуваних сьогодні технологій пом'якшення мають високу ефективність видалення сполук жорсткості, проте мають низку недоліків: висока вартість, необхідність ретельної попередньої підготовки води та труднощі утилізації регенераційних розчинів. Перспективним напрямом водопідготовки є створення нових підходів та реагентів, здатних забезпечувати необхідну якість води та мінімізацію витрат на їх виробництво та очищення. При цьому необхідно враховувати основні принципи модифікації – малостадійність виробництва, доступність джерел сировини та матеріалів, екологічну чистоту виробництва.

Саме тому дисертаційна робота Гордієнко Катерини Юріївни, присвячена питанням дослідження і створення ефективних технологій пом'якшення води, що забезпечують збалансований підхід до забезпечення якості води, раціональне використання водних ресурсів та мінімізацію утворення відходів, що негативно впливають на водні ресурси.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Обґрунтованість наукових результатів, представлених в роботі, підтверджується критичним аналізом наявних літературних джерел вітчизняних та зарубіжних науковців та статистичною оцінкою результатів проведених досліджень. Структура дисертації дозволила автору всебічно розкрити предмет дисертаційного дослідження. Справляє позитивне враження джерельна база роботи, що свідчить про системне і повне опрацювання проблеми і високий рівень наукової підготовки автора та його наукову зрілість.

Достовірність результатів дослідження Гордієнко Катерини Юріївни досягнуто шляхом застосування теоретичних і дослідно-експериментальних методів наукового дослідження; поєднання кількісного та якісного аналізу отриманих даних за результатами експерименту; компетентного використання методів математичної статистики.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в:

- детальному дослідженні ефективності содово-натрієвої технології пом'якшення води в умовах низьких температур, визначено доцільність використання її в системах малої та середньої продуктивності;
- розробці пропозиції в якості осаджувача іонів кальцію та магнію застосовувати суміш фосфату та дигідроортофосфату натрію у відповідному співвідношенні, що дозволяє уникнути необхідності корегування рН в обробленій воді;
- розробці технології пом'якшення води з можливістю використання в умовах незначного її споживання, яка дозволяє повністю автоматизувати виконання всіх необхідних процедур;
- вивченні процесів пом'якшення води з використанням в якості осаджувача силікату натрію;
- дослідженні процесів формування твердої фази при використанні в якості осаджувача карбонатів, фосфатів, силікатів та гідроксиду натрію.

Дисертаційна робота виконувалась на кафедрі екології та технології рослинних полімерів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Робота відповідає одному з напрямків прикладних наукових досліджень КПІ ім. Ігоря Сікорського «Створення високоефективних, екологічно чистих, енерго- та ресурсозберігаючих технологій і обладнання у машинобудуванні, хімічній, легкій, нафтопереробній промисловості, промисловості будівельних матеріалів, розробки об'єктноорієнтовних систем, конструкційно-технологічного моделювання та забезпечення якості й надійності прогресивної техніки» і виконувалась в рамках плану наукової роботи кафедри екології та технології рослинних полімерів Національного технічного

університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» та ініціативної теми «Розробка технологій для захисту довкілля від забруднення токсичними скидами та відходами» (номер держреєстрації 0115U006711). Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача **Гордієнко Катерини Юріївни** повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 101 Екологія та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Екологічна безпека».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота **Гордієнко Катерини Юріївни** є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Структура дисертації є загальноприйнятною. Дисертаційна робота складається із вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг складає 198 сторінок. Обсяг основного тексту становить 120 сторінок, з яких 7 сторінок повністю заповнені рисунками і таблицями. Робота містить 5 таблиць, 54 рисунки, 4 додатки, об'єм бібліографії складає 169 джерел. Дисертаційна робота написана українською мовою. Дисертаційна робота є логічною, послідовною та завершеною працею, що виконана автором самостійно. Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

У вступі доведено актуальність дослідження, визначено мету, завдання, предмет, об'єкт та методи дослідження, розкрито наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, подано відомості про апробацію результатів дисертації та їх впровадження.

У першому розділі описано сучасні методи пом'якшення води з використанням реагентних, іонообмінних, фізичних та електрохімічних технологій. Зазначено, що реагентні технології відносяться до найбільш простих та поширених технологій. Вони реалізуються з використанням простого обладнання, але потребують кількох етапів обробки води, включаючи відстоювання та фільтрування. В той же час, в промисловому масштабі ця технологія потребує високооб'ємних споруд, тривалого відстоювання води та утилізації утвореної твердої фази. Іонообмінні

технології сьогодні досить часто застосовуються як в промислових так і в побутових умовах. Фізичні технології орієнтовані на стабілізацію води по накипоутворенню і не супроводжуються видаленням іонів жорсткості. Тому вони можуть бути застосовані в лініях підготовки води для побутової техніки (пральні та посудомийні машини) і не забезпечують вимог чинних документів до питних вод. Електрохімічні методи досліджені на сьогодні ще недостатньо, відсутні дані про їх впровадження в промислових масштабах чи побуті, тому використання їх в якості етапу пом'якшення води поки неможливе.

У другому розділі представлені відомості про об'єкти та методи досліджень, матеріали та реагенти, що використовувалися в процесі експериментів, методики проведення досліджень та методи математичної обробки експериментальних результатів. Методи статистичної та математичної обробки експериментальних даних застосовували для підтвердження достовірності отриманих результатів.

У третьому розділі роботи проведено аналіз стану природних вод на території України. Розглянуто будову типової системи іонообмінного пом'якшення води, визначено основні ризики при її експлуатації, описано технологічний процес та його особливості. Проведено порівняння основних технологій пом'якшення води в побутових та офісних умовах з точки зору негативного впливу на довкілля, витрати енергії, води та інших ресурсів. Зроблено порівняльний аналіз технологій.

У четвертому розділі детально вивчено ефективність традиційного методу пом'якшення води з використанням карбонату та гідроксиду натрію. Встановлено, що при низьких температурах ефективність обробки цим методом надзвичайно низька і супроводжується значною перевитратою реагентів, потребує корегування рН і складного регулювання. Досліджено також застосування силікату та фосфату натрію. Дослідженнями встановлено, що ефективність фосфатів відносно іонів кальцію вища, ніж відносно іонів магнію. Якщо залишкова кальцієва жорсткість за відповідних умов може бути доведена до рівня 0,1 – 0,2 мг-екв/дм³, то для магнієвої жорсткості цей показник сягає лише 0,7 – 1,5 мг-екв/дм³. В процесі пом'якшення для підтримання в обробленій воді допустимого значення рН запропоновано використовувати комплексний реагент із суміші фосфату та дигідроортофосфату натрію у відповідному співвідношенні. Дослідженнями зафіксовано деякі труднощі при відділенні твердої фази фільтруванням. Тому в об'ємі роботи підібрано флокулянт та його дози для покращення процесу розділення фаз. Запропоновано розділяти пом'якшену воду на два потоки – для побутового використання та для споживання. Пом'якшення розробляється як попередній етап обробки води перед зворотним осмосом. Приведено оцінку економічної доцільності застосування реагентної технології в системах малої та середньої продуктивності.

У п'ятому розділі роботи обґрунтовано вибір реагентної технології пом'якшення води установками малої та середньої продуктивності, визначено особливі умови застосування технології пом'якшення, акцентовано увагу на модифікації відомих осаджувачів іонів жорсткості для підтримання оптимального водневого показника після обробки води. Розраховано рівняння регресії для залежностей між основними параметрами процеу пом'якшення води. Отримані результати представлені у вигляді поверхонь рішень, що дозволяє досить просто визначати рівень основних параметрів в залежності від вхідних параметрів води. На основі отриманих результатів розроблено технологічну схему пом'якшення води установками малої та середньої продуктивності, що можуть бути використані в якості підготовчого етапу обробки води системами зворотного осмосу.

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 19 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 8 статей у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 1 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, віднесених до третього квартилів (Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports. Отримано патент на корисну модель.

Також результати дисертації були апробовані на 9 міжнародних наукових фахових конференціях.

Внесок автора в опублікованих у співавторстві роботах полягав в отриманні експериментальних результатів, аналізі літератури, спільному аналізі отриманих результатів, оформленні робіт.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. В роботі є описки та некоректно сформульовані вирази. Наприклад, ст. 88 – перше речення, ст. 93 – «...пом'якшення води обробкою карбонатом кальцію...».

2. Чи доцільно при обробці осаду, що утворюється при пом'якшенні, використовувати настільки великі дози флокулянтів (до 50 мг/дм³).

3. Чим пояснюється протилежна дія на осади фосфату магнію та кальцію флокулянту Zetag-7692 від компанії Ciba.

4. Доцільно було б привести порівняльну таблицю щодо ефективності та вартості різних співвідношень суміш фосфату та дигідроортофосфату натрію.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу.

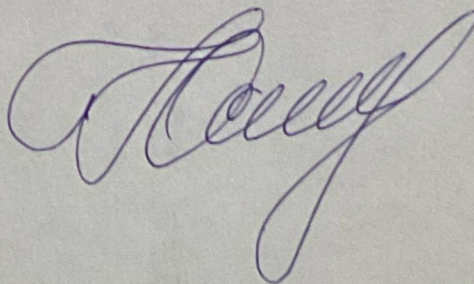
Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії **Гордієнко Катерини Юріївни** на тему «Зниження негативного впливу на водні об'єкти систем пом'якшення води» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 10 Природничі науки.

Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач **Гордієнко Катерини Юріївни** заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 101 Екологія.

Рецензент:

Доцент каф. Е та ТРП
КПІ ім. І. Сікорського,
к.т.н., доцент, доцент



Юлія НОСАЧОВА



« 06 » червня 2025 року

