

Голові
разової спеціалізованої вченої ради
Д 64.707.036 у
Національному університеті
цивільного захисту України
д.т.н., професору
Роману ПОНОМАРЕНКУ

РЕЦЕНЗІЯ

члена разової спеціалізованої вченої ради Д 64.707.036
у Національному університеті цивільного захисту України
на дисертаційну роботу

МАКАРОВА Євгена Олексійовича

«ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРОЦЕСУ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ»,

подану до захисту на здобуття
наукового ступеня доктора філософії (PhD)
у галузі знань 18 «Виробництво та технології»
за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Актуальність дисертаційної роботи. Розробляння нового наукового конкурентоздатного продукту щодо технологій захисту гідросфери як компонента довкілля від скидів стічних вод підприємств харчової промисловості, зокрема молокопереробних, є актуальним напрямом досліджень з погляду функціонування таких підприємств як у мирний час, так і в період повоєнної відбудови та відновлення економічного потенціалу нашої країни.

За загальновідомими даними статистичних досліджень, значна частина популяції людини страждає непереносимістю лактози, причому серед мешканців Північної Європи втрачають здатність перетравлювати та засвоювати лактозу в дорослому віці приблизно 5 % осіб, а от серед жителів Середньої та Південно-Східної Азії – таких осіб уже близько 80 %, зокрема китайців – до 93 %, а серед індіанців США – до 100 %. Таким чином, продукція молокопереробної промисловості є важливою складовою споживчого кошика пересічного українця та водночас має значний потенціал як складова додатного експортного сальдо країни на ринку Європейського Союзу, Північної Америки.

Потужний аграрний та тваринницький потенціал нашої країни за якісними та кількісними показниками зазнав суттєвих збитків, зумовлених безпосереднім впливом воєнних дій та опосередкованим впливом засобів ураження країн-агресорів. Але за умов експортування молоковмісної сировини чи продуктів неповної її переробки з країн, де присутні стійкі багатостолітні традиції молочного скотарства із Західної та Східної Європи, молокопереробні підприємства стануть об'єктом вигідного фінансового інвестування після встановлення миру в нашій країні.

Забезпечення високого рівня техногенно-екологічної безпеки процесу

виробничої діяльності молокопереробних підприємств має базуватися на побудові сучасної технології захисту навколишнього середовища для очищення стічних вод такого типу підприємства харчової промисловості з можливістю організувати замкнений цикл оборотного водопостачання, яка містить удосконалені виконавчі пристрої з інноваційними принципами роботи, чому присвячена дисертаційна робота здобувача Євгена МАКАРОВА, що повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» у галузі знань 18 «Виробництво та технології» для третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти, який затверджено та введено в дію Наказом Міністерства освіти і науки України № 1427 від 23.12.2021 р., та освітньо-науковій програмі вищої освіти «Техногенно-екологічна безпека» зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» у галузі знань 18 «Виробництво та технології» для третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти, яка затверджена рішенням Вченої ради НУЦЗ України, протокол № 10 від 13.06.2019 р.

Таким чином, на думку рецензента, актуальність обраної теми дисертаційного дослідження здобувача Євгена МАКАРОВА зумовлена необхідністю розробки науково обґрунтованого інструментарію для розв'язання проблеми захисту об'єктів гідросфери від скидів стічних вод молокопереробних підприємств.

Згідно з поставленими за тематикою дисертаційного дослідження здобувача питань щодо окресленої науково-технічної проблеми у сфері техногенно-екологічної безпеки метою роботи є підвищення показників рівня техногенно-екологічної безпеки виробничої діяльності молокопереробних підприємств шляхом розробки технології очистки їх стічних вод завдяки встановленню колоїдно-хімічних і хіміко-технологічних закономірностей очищення хімічними та електрохімічними методами.

Задачами дослідження, розв'язаними в ході досягнення мети дисертації здобувача Євгена МАКАРОВА, є такі:

1. Аналіз наявних методів та принципів очистки стічних вод молокопереробних підприємств.

2. Дослідження хімічного складу, умов утворення та фізико-хімічних властивостей стічних вод молокопереробних підприємств та аналіз наявних технологічних схем очистки стічних вод на вітчизняних молокопереробних підприємствах.

3. Встановлення колоїдно-хімічних закономірностей та хіміко-технологічних параметрів електрохімічного одержання коагулянтів на основі алюмінію для електрокоагуляційного очищення стічних вод молокопереробних підприємств.

4. Розробка математичної моделі процесу осадження шламу залежно від концентрації доданих реагентів в процесі електрокоагуляційного очищення стічних вод молокопереробних підприємств.

5. Визначення раціональних хіміко-технологічних параметрів та розробка технологічної схеми очистки стічних вод молокопереробного підприємства, які забезпечують максимальний еколого-економічний ефект.

Об'єктом дисертаційного дослідження здобувача Євгена МАКАРОВА є процеси та технології хімічної та електрохімічної очистки стічних вод молокопереробних підприємств, що реалізуються у виконавчих пристроях

технологій захисту навколишнього середовища.

Предметом дисертаційного дослідження здобувача Євгена МАКАРОВА є колоїдно-хімічні закономірності утворення коагулянтів та хіміко-технологічні параметри процесів коагуляції забруднювачів у стічних водах молокопереробних підприємств як основа робочих процесів відповідних виконавчих пристроїв технологій захисту навколишнього середовища.

Актуальність теми дисертаційного дослідження здобувача Євгена МАКАРОВА додатково обґрунтовується з одного боку тим, що вона відповідає змісту Розпорядження Кабінету Міністрів України від 21.04.2021 р. № 443-р «Про схвалення Національного плану дій з охорони навколишнього природного середовища на період до 2025 року» та Указу Президента України №722/2019 від 30.09.2019 р. «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» та додатково, з другого боку, підтверджується зв'язком її з науковими програмами, планами та темами, що виконуються в рамках науково-дослідних робіт кафедри прикладної механіки та технологій захисту навколишнього середовища Національного університету цивільного захисту України (м. Харків) «Підвищення екологічної безпеки процесу електрокоагуляційної очистки стічних вод молокопереробних підприємств» (№ ДР 0120U000007), у якій здобувач був відповідальним виконавцем.

Ступінь обґрунтованості й достовірності наукових положень, висновків, рекомендацій, сформульованих у дисертації. Основною науково-практичною проблемою у сфері техногенно-екологічної безпеки, яка досліджується в дисертаційній роботі здобувача Євгена МАКАРОВА, є захист об'єктів гідросфери від техногенного впливу скидів стічних вод від підприємств харчової промисловості, зокрема молокопереробних. Технічні основи такого захисту базуються на розробці інноваційних процесів та технологій хімічної та електрохімічної очистки стічних вод молокопереробних підприємств, що реалізуються у виконавчих пристроях технологій захисту навколишнього середовища на основі виконаних теоретичних досліджень та експериментальних даних, аналізу сучасного доробку провідних науковців та спеціалістів, зокрема робіт Гівлюд А.М., Гіроль А.М., Лісіченко Г.В., Лукашенко С.В., Шевченко А.А., Gerson de Freitas Silva Valente, Chezeau B., Banaissa F., Varank G.

Таким чином, висновки та практичні результати дисертаційного дослідження належним чином обґрунтовані та є виключно достатніми за сумою отриманих у дисертації нових наукових положень для демонстрації успішного виконання наукової складової освітньо-наукової програми вищої освіти на основі повного виконання її освітньої складової та повного набуття відповідності науковому ступеню «доктор філософії».

При послідовному й повному виконанні поставлених у дисертації завдань здобувачем Євгеном МАКАРОВИМ застосовані класичні та інноваційні методи дослідження та обладнання: стандартні та спеціальні фізико-хімічні методи визначення складу стічних вод; лабораторні установки для здійснення й дослідження закономірностей очистки стічних вод хімічними та електрохімічними методами; методи математичного моделювання для встановлення раціональних хіміко-технологічних параметрів процесів очистки, які дозволяють підвищити рівень значень показників еколого-економічної досконалості технології захисту навколишнього середовища.

Основні складові дисертаційного дослідження здобувача Євгена МАКАРОВА базуються на результатах аналізу достатньої кількості сучасних наукових публікацій (у списку джерел посилання дисертації міститься 76 позицій) і взаємопов'язаного й послідовного комплексу виконаних здобувачем теоретичних та експериментальних досліджень. Нові наукові результати отримані здобувачем відповідно до вдосконалених ним методик і обладнання, із застосуванням сучасних методів вимірювань належним чином атестованими засобами вимірювальної техніки, їх проаналізовано та описано.

При детальному критичному аналізі рукопису дисертації не виявлено сумнівних, неоднозначних чи необгрунтованих висновків і тверджень, ознак академічного чи інших видів плагіату, ознак фальсифікації чи фабрикації даних. Таким чином, ступінь обгрунтованості, достовірність нових наукових положень, отриманих здобувачем Євгеном МАКАРОВИМ, сформульованих висновків та рекомендацій не викликає сумнівів.

Наукова новизна отриманих результатів. У дисертаційному дослідженні здобувача Євгена МАКАРОВА надано наукове обгрунтування вдосконалення методів та робочих процесів у засобах для підвищення рівня кількісних і якісних показників екологічної безпеки виробничої діяльності молокопереробних підприємств і відповідне йому зниження рівня показників техногенного впливу від скидів їх стічних вод в об'єкти гідросфери на компоненти навколишнього природного середовища на основі виконаних теоретичних досліджень та отриманих експериментальних даних щодо процесів та технологій хімічної та електрохімічної очистки стічних вод.

За результатами критичного аналізу результатів досліджень здобувача, наведених у рукописі дисертації, визначено такі пункти наукової новизни:

– *вперше* встановлені колоїдно-хімічні закономірності електрохімічного одержання коагулянтів на основі алюмінію для електрокоагуляційного очищення стічних вод молокозаводів, а саме, факт утворення колоїдного розчину малорозчинних частинок молекулярної будови $Al(OH)_3$ при електрокоагуляції кислих та слабко кислих стічних вод ($4 < pH < 6$), які чинять коагулятивний ефект, і реалізації при цьому адсорбційного механізму коагуляції; а також факт отримання більш високого ступеня очистки при електрокоагуляції нейтральних та слабко лужних стічних вод ($9 > pH > 6$) при використанні в якості коагулянтів заряджені мономерні та полімерні комплексні іони алюмінію, що зумовлюється реалізацією змішаного механізму коагуляції, а саме поряд із адсорбційною здійснюється електростатична коагуляція;

Висвітлено в публікаціях [9, 34, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60]*.

* нумерація публікацій відповідає такій нумерації в списку джерел посилання в рукописі дисертації здобувача.

– *вперше* розроблено математичну модель осадження шламу в процесі електрокоагуляційної очистки стічних вод молокопереробних підприємств, яка являє собою систему із трьох нелінійних диференціальних рівнянь зі сталими коефіцієнтами, які визначаються на основі експериментальних даних з використанням методу найменших квадратів. Модель описує кінетику процесу осадження шламу залежно від концентрації доданих реагентів – лужної добавки кальцію оксиду (CaO) та флокулянту поліакриламід (ПАА);

Висвітлено в публікаціях [34, 57, 58, 59, 60, 61].

– удосконалено технологічну схему очистки висококонцентрованих стічних вод молокопереробного підприємства, яка включає послідовне видалення грубодисперсних механічних домішок відстоюванням і фільтруванням, електрокоагуляційну очистку, відстоювання після додавання лужної добавки та флокулянту та остаточне зневоднення шламу і флотоконденсату центрифугуванням. Упровадження удосконаленої схеми у виробничий процес забезпечує високий ступінь очистки (98–99 %) стічної води від жирів, білків та інших органічних етеророзчинних речовин, а також суттєву економію електроенергії;

Висвітлено в публікаціях [52, 53, 54, 57, 58, 59, 60].

Практична цінність отриманих результатів. На основі теоретичних пропозицій щодо захисту об'єктів гідросфери від техногенного впливу стічних вод молокопереробних підприємств – потужних джерел скидів у ріки, водосховища та озера урбанізованих екосистем здобувачем Євгеном МАКАРОВИМ отримано такі практичні результати.

1. Розроблено раціональний технологічний режим електрокоагуляційної очистки стічних вод молокопереробних підприємств, який забезпечує максимальну ефективність очищення від полютантів за показниками ХСК, БСК, ЕРР, сполук нітрогену, завислих речовин. У результаті виконаного комплексу з теоретичних, розрахункових та експериментальних досліджень встановлені такі раціональні параметри технологічного режиму: рН = 4,0–6,5; щільність електричного струму – 30–50 А/м²; тривалість електрообробки – 5–7 хвилин. Встановлено, що за дотримання вказаного режиму для очищення 1 м³ стічної води витрачається 27–54 г алюмінію та 0,43–1,6 кВт·год електроенергії, що суттєво менше, ніж з використанням альтернативних технологій захисту довкілля.

2. Надано характеристику матеріальних потоків процесу очистки стічних вод молокопереробних підприємств, розрахунково оцінено значення еколого-економічного ефекту від впровадження запропонованої інноваційної технології захисту навколишнього середовища, основою якої є процеси хімічної та електрохімічної очистки стічних вод молокопереробних підприємств. У порівняльних розрахунках показано, що еколого-економічний ефект від впровадження хімічного методу очистки становить понад 14 тис. грн, а від впровадження електрокоагуляційного методу – понад 16 тис. грн.

3. Розроблено рекомендації з проектування очисних споруд та вибору обладнання для очистки висококонцентрованих стічних вод молокопереробного підприємства.

Використання наукових і практичних результатів роботи та ступінь їх реалізації. Вказані перспективи практичного використання отриманих у дисертації наукових продуктів підкріплюються прикладами – результати досліджень упроваджено:

– у виробничий процес на ТОВ «Богодухівський молокозавод» (м. Богодухів, Харківської обл.) (акт про впровадження від 27.04.2023 р.),

– у науково-дослідну діяльність Науково-дослідної установи «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем» (УКРНДІЕП) (м. Харків) (акт про впровадження від 18.11.2022 р.),

– у навчальний процес кафедри прикладної механіки та технологій захисту навколишнього середовища факультету техногенно-екологічної безпеки

Національного університету цивільного захисту України ДСНС України (м. Харків) при підготовці здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» у галузі знань 18 «Виробництво та технології» за освітньо-науковою програмою «Техногенно-екологічна безпека» (акт про впровадження від 21.11.2022 р.).

Повнота викладення результатів роботи в наукових фахових виданнях. Викладений у публікаціях 2019–2023 рр. матеріал повною мірою відображає основні результати, отримані особисто здобувачем Євгеном МАКАРОВИМ, та обґрунтовує всі наукові положення дисертаційного дослідження, оскільки здобувачем опубліковано 16 друкованих та електронних наукових праць, а саме: 3 статті у наукових фахових виданнях України, що входять до міжнародних наукометричних баз та є фаховими виданнями категорії «Б» з переліку МОН України за спеціальністю 183 (з них 1 одноосібна, обсягом відповідно 9, 7 та 9 стор. (0,38, 0,29 та 0,38 авт. арк.), з авторським внеском відповідно 1/4, 1,0 та 1/4), 2 публікації у наукових періодичних виданнях інших держав з напрямку, з якого підготовлено дисертацію (Scopus) (усі у співавторстві, обсягом відповідно 7 та 8 стор. (0,29 та 0,33 авт. арк.), з авторським внеском відповідно 1/4 та 1/3) та 11 наукових праць, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації (з них 3 одноосібні).

Усі публікації здобувача за темою дисертації викладено у відкритий доступ у цифровий репозиторій Національного університету цивільного захисту України ДСНС України за покликанням:

<http://repositsc.nuczu.edu.ua/simple-search?query=макаров>.

та на особистій сторінці здобувача на сайті випускової кафедри за покликанням:

<http://fteb.nuczu.edu.ua/uk/sklad-kafedri-pmtatzns/1317-makarov-yevhen-oleksiiovych>

У профілях здобувача в системах GoogleScholar, ORCID та Scopus проіндексовані всі позиції, заявлені у списку опублікованих праць за темою дисертації, а саме:

<https://scholar.google.com/citations?user=lyNtK4EAAAAAJ>,

<https://orcid.org/0000-0003-0785-3041>,

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57226608658>.

Апробація результатів наукового дослідження здобувача Євгена МАКАРОВА здійснювалась шляхом доповідей на 11 науково-технічних і науково-практичних конференціях (м. Харків, м. Херсон, м. Львів), з яких 1 закордонна (Республіка Польща), усі заходи – міжнародного рівня.

Дисертаційне дослідження та його результати обговорені та схвалені на розширеному засіданні кафедри прикладної механіки та технологій захисту навколишнього середовища факультету техногенно-екологічної безпеки Національного університету цивільного захисту України ДСНС України (протокол № 11 від 09.05.2023 р.).

Таким чином, матеріали дисертації здобувача Євгена МАКАРОВА за науковим рівнем і повнотою викладення у друкованих фахових виданнях повністю відповідають чинним вимогам МОН України та пройшли апробацію на конференціях міжнародного рівня в необхідному обсязі (Порядок присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 17.11.2021 р. № 1197 у чинній редакції від

23.05.2023 р.).

Оцінка змісту дисертаційної роботи та її оформлення. Дисертаційне дослідження здобувача Євгена МАКАРОВА є завершеною науковою роботою, рукопис якої викладено на 172 сторінках друкованого тексту (7,2 авторського аркуша, майже 271 тис. друкованих знаків), з яких 116 сторінок основного тексту (4,8 авторського аркуша). Рукопис дисертації складається з титульного аркуша, анотації на 29 сторінках державною та англійською мовами, змісту на 3 сторінках, переліку умовних позначень на 1 сторінці, вступу на 8 сторінках, 4 розділів, висновків на 4 сторінках, списку з 76 використаних джерел літератури на 10 сторінках та 2 додатків на 12 сторінках, містить 28 рисунків та 18 таблиць.

Оформлення рукопису дисертації здобувача Євгена МАКАРОВА за мовою та стилем викладання, а також за своєю структурою повністю відповідає вимогам до оформлення дисертацій, затвердженим Наказом МОН України № 40 від 12.01.2017 р.

Відповідність теми дисертації паспорту спеціальності. Тема та сутність здійснених здобувачем досліджень відповідають Стандарту вищої освіти спеціальності 183 «Екологічна безпека» в галузі знань 18 «Виробництво та технології» для третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти, який затверджено та введено в дію Наказом Міністерства освіти і науки України № 1427 від 23.12.2021 р.

У **вступі** дисертації здобувача Євгена МАКАРОВА, що викладений на 8 стор., наведено обґрунтування актуальності теми дисертаційного дослідження, вказано її зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Наведено формулювання мети, завдання та задач дослідження, викладено наукову новизну, практичну цінність отриманих результатів. Сформульовано об'єкт і предмет дослідження, перелічено методи наукового дослідження, викладено інформацію про особистий внесок здобувача, про апробацію та публікації отриманих нових наукових результатів дисертаційного дослідження.

У **першому розділі** дисертації здобувача Євгена МАКАРОВА «**СУЧАСНІ ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**», який займає 18 стор., містить 2 рисунки, 1 таблицю та не містить формул, викладено результати аналізу інформаційних джерел з наукових досліджень визнаних закордонних і вітчизняних науковців та фахівців щодо стану вивчення аспектів техногенного негативного впливу на компоненти довкілля та людину поліютантів у скидах стічних вод підприємств харчової промисловості, зокрема молокопереробних. Зокрема, надано характеристику сучасного стану молокопереробної галузі України і встановлено загальні позитивні тенденції до зростання обсягів виробництва та продажу молока й виробів із нього як на внутрішньому ринку, так і на ринку країн Європейського Союзу навіть під час широкомасштабної військової агресії. Показано додатну кореляцію між продуктивністю підприємства та обсягом скидів стічних вод, які за компонентним складом і властивостями поліютантів та за хімічним складом, фізико-хімічними та санітарно-гігієнічними властивостями є небезпечними для довкілля, не можуть скидатись у мережі центрального водовідведення без попередньої очистки та знешкодження. Виконано аналіз чинників, які зумовлюють хімічний склад та властивості стічних вод. Надано порівняльну характеристику наявних хімічних,

механічних, біологічних та фізико-хімічних (електрохімічних) методів очистки стічних вод молокозаводів та встановлено найбільш перспективні з них – електрохімічні методи, зокрема, електрокоагуляцію. Сформульовано основні напрями підвищення екологічної безпеки електрохімічних методів очистки. Викладено обґрунтування актуальності теми дисертаційної роботи, сформульовано її мету та перелік завдань для її досягнення.

Основні результати дослідження, представленого в цьому розділі рукопису дисертації, опубліковано в наукових працях: [8, 9, 15, 16, 33, 34]*.

* нумерація публікацій відповідає такій у нумерації анотації в рукописі дисертації здобувача.

У **другому розділі** дисертаційного дослідження здобувача Євгена МАКАРОВА «МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ», який займає 15 стор., містить 4 рисунки, 8 формул та не містить таблиць, наведено результати щодо хіміко-технологічної характеристики процесів утворення загального скиду стічних вод молокопереробного підприємства, а також обґрунтування запропонованої схеми очистки стічних вод, що складена на основі вивчення наявних схем та очисних споруд на молокопереробних підприємствах у Сумському та Харківському регіонах. Більш детально описано та взято за прототип технологічну схему очистки стічних вод на ТОВ «Богодухівський молзавод» (Харківська обл.) та виявлено, що вона не дозволяє забезпечити можливості здійснювати скид стічних вод безпосередньо в систему централізованого водовідведення. При аналізі умов та закономірностей утворення, режимів скиду й формування стічних вод обраного прототипу виявлено, що процес формування загального стоку відбувається у складних виробничих умовах, що включають раптові викиди сильно забруднених стоків з високою концентрацією основних забруднювачів, нестабільне значення обсягу скиду вод, утворених у різних технологічних процесах, наявна залежність обсягу і складу скиду вод від сезону, виробничої зміни й часу доби тощо. Експериментально досліджено хімічний склад стічних вод з підприємства-прототипа за основними показниками, регламентованими для скидів стоків у систему водовідведення та на споруди біологічної очистки, та встановлено суттєву невідповідність вказаним вимогам за такими показниками: ХСК – у 4–24 рази; концентрація ЕРР – у 8–26 разів; концентрація ортофосфат-іонів – у 10–15 разів; концентрація ЗР – у 4–10 разів. Показник рН таких стічних вод є кислим, на відміну від нормативно встановленого нейтрального чи слабко лужного. Порівняльна характеристика виробництв окремих молокопродуктів свідчить про те, що найбільш забруднені стічні води утворюються в цеху масла й цеху сиру, у меншому ступені – з відділення приймання сировини та цеху плавлених сирів.

Основні результати дослідження, представленого в цьому розділі рукопису дисертації, опубліковано в наукових працях: [8, 9, 15, 16, 33, 34, 52–61].

Третій розділ роботи здобувача Євгена МАКАРОВА «ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА», який займає 54 стор., містить 20 рисунків, 1 таблицю та 35 формул, присвячено визначенню хіміко-технологічних та колоїдно-хімічних закономірностей електрохімічного одержання коагулянтів на основі алюмінію для електрокоагуляційного очищення стічних вод молокопереробних підприємств. Встановлено та описано технологічні чинники, які впливають на ефективність

електрохімічного утворення та хімічну природу коагулянтів: рН середовища й хімічний склад стічних вод, щільність електричного струму, тривалості процесу електрокоагуляції, а також особливості перебігу самого процесу. При цьому виконано експериментальні дослідження ефективності використання лугів різної хімічної природи та агрегатного стану в процесі електрокоагуляційної очистки стічних вод вказаного генезису та описано і проаналізовано їх результати, у першу чергу ефективність очистки та енергоефективність цього процесу, встановлено раціональні значення технологічних чинників. На основі аналізу експериментальних даних запропоновано математичну модель кінетики осадження шламу залежно від концентрації доданих реагентів, яка є системою із трьох нелінійних диференціальних рівнянь зі сталими коефіцієнтами, які визначаються методом найменших квадратів. Показано, що лінії рівня обсягу шламу, як функції від кількості доданих реагентів, є прямими, що дозволило успішно розв'язати задачу про вибір реагентів з мінімальною загальною вартістю, що забезпечують досягнення обсягу шламу не більше певного рівня. Доведено, що при чинних цінах на СаО і ПАА економічно вигідним для освітлення таких скидів стічних вод є використання ПАА.

Основні результати дослідження, представленого в цьому розділі рукопису дисертації, опубліковано в наукових працях: [9, 34, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61].

У **четвертому розділі** дисертаційного дослідження здобувача Євгена МАКАРОВА «РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА», завершальному в її структурі, який займає 17 стор., містить 2 рисунки, 4 таблиці та 2 формули, висвітлено результати розробки вдосконаленої інноваційної технологічної схеми очистки стічних вод для молокопереробного підприємства, обраного за прототип, яка включає послідовно такі технологічні процеси: видалення грубодисперсних механічних домішок відстоюванням і фільтруванням, електрокоагуляційну очистку, відстоювання після додавання лужної добавки та флокулянту, зневоднення шламу і флотоконденсату центрифугуванням. Здійснено розрахункове визначення еколого-економічного ефекту практичного впровадження запропонованої технологічної схеми у виробничу діяльність молокопереробного підприємства, на основі чого показано, що еколого-економічний ефект від запровадження хімічного методу очистки стічних вод становить понад 14 тис. грн, а від запровадження електрокоагуляційного методу очистки стічних вод – понад 16 тис. грн. Відповідно до всіх виконаних теоретичних та експериментальних досліджень здобувачем розроблено перелік рекомендацій із проектування очисних споруд та вибору обладнання для очистки найбільш забруднених стічних вод молокопереробного підприємства, які дозволяють підвищити екологічну безпеку процесу очистки в цілому.

Основні результати дослідження, представленого у цьому розділі рукопису дисертації, опубліковано в наукових працях: [9, 34, 52–61].

Висновки за дисертаційною роботою здобувача Євгена МАКАРОВА містять 5 пунктів на 4 стор. та на високому рівні лаконічно, послідовно й повно відображають усі основні етапи виконання дисертаційного дослідження згідно з поставленою метою та поставленими задачами дослідження, викладено всі цінні

отримані нові наукові та практичні результати, що відповідають рівню дисертації на здобуття наукового ступеня «доктор філософії» за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища».

Список використаних джерел містить 76 найменувань джерел інформації, на які наявні посилання в роботі, що відповідають вимогам сучасності й актуальності виконаних досліджень за темою дисертації. Джерел, старших за 5 років, виявлено помірну кількість, їх використання є обґрунтованим, а джерела, що належать до країн-агресорів й видані після 2014 року, відсутні. У списку джерел наявні посилання на всі основні власні публікації.

Отже, дисертаційна робота здобувача Євгена МАКАРОВА є закінченою науковою працею з розв'язання проблемних нагальних природоохоронних задач стосовно надання науково обґрунтованих рекомендацій, готових для негайного впровадження у виробничий процес підприємства харчової промисловості, зокрема молокопереробного, щодо забезпечення високого рівня значень показників техногенно-екологічної безпеки цього процесу шляхом розробки інноваційних робочих процесів у виконавчих органах технології захисту навколишнього середовища від негативного техногенного впливу скидів стічних вод в об'єкти гідросфери як компонента довкілля. Оформлення дисертації відповідає вимогам ДСТУ 3008-95 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення» та вимогам АК України згідно з Бюлетенем ВАК України за № 2 за 2000 р. та № 9–10 за 2011 р.

Зауваження та дискусійні питання до дисертаційної роботи.

За змістом і викладеним у рукописі здобувача Євгена МАКАРОВА матеріалом дисертаційного дослідження можна зробити такі зауваження.

1. У текстах висновків за розділами рукопису дисертації відсутня інформація про публікацію результатів, отриманих здобувачем у цьому розділі, з посиланнями на список опублікованих праць за темою дисертації. Таку інформацію наведено в анотації розділів перед викладом основного матеріалу в них, що є незвичним прийомом оформлення рукопису дисертації.

2. Оформлення формул дещо відрізняється від вимог ДСТУ 3008-95 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення», наприклад, формули (2.1)–(2.8) на стор. 68–72 у підрозділі 2.4 «Методи дослідження хімічного складу, фізико-хімічних та санітарно-гігієнічних властивостей стічних вод».

3. У формулах (3.19)–(3.34) на стор. 117–119 пункту 3.5.2 «Математичне моделювання осадження шламу в очищених стічних водах» відсутня інформація про одиниці вимірювання фізичних величин, що входять у ці формули. Так само позначення одиниць вимірювання фізичних величин, відкладених по вертикальній осі координат та на легендах графіків на рис. 3.15–3.20 на стор. 120–123.

4. У переліку публікацій за темою дисертації та в додатках рукопису дисертації відсутні документи про захист права інтелектуальної власності на розроблені здобувачем конструктивні рішення для виконавчих пристроїв технологій захисту компонентів довкілля.

5. У рукописі дисертації наявні «Технологічна схема електрокоагуляційної очистки стічних вод» на рис. 4.1 і «Технологічна схема очисних споруд» на рис. 4.2 на стор. 132 і 133 у підрозділі 4.1 «Технологія електрокоагуляційної очистки стічних вод», які являють собою власне схеми запропонованих

здобувачем технологій захисту навколишнього середовища. Проте, дослідження в дисертації здійснювалося на прикладі конкретного молокопереробного підприємства, яке вже мало технологію очищення стічних вод, тому доцільно було б навести також відповідну технологічну схему для забезпечення можливості наочної демонстрації устрою й переваг запропонованої схеми та її принципів відмінностей від тієї, що вже існує.

6. У тексті дисертації недостатньо уваги приділено можливостям організації повторного використання зворотних очищених стічних вод у технологічному процесі означеного молокопереробного підприємства.

7. У тексті рукопису дисертації наявні друкарські помилки, неточності перекладу.

Наведені рецензентом зауваження жодним чином не впливають на рівень обґрунтованості отриманих нових наукових положень і висновків дисертації, не знижують рівня наукової новизни та практичного значення отриманих результатів. Зауваження мають більш дискусійний характер, спрямовані на покращення сприйняття пропозицій і отриманих автором результатів у вказаному напрямі подальших досліджень і не впливають негативно на загальне цілком позитивне враження від роботи.

Загальний висновок. У цілому дисертаційне дослідження МАКАРОВА Євгена Олексійовича «**ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРОЦЕСУ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**» є завершеною науковою роботою, основні отримані нові науково-практичні положення якої не викликають жодних заперечень і в жодному аспекті не порушують принципів академічної доброчесності. Тема та матеріали дисертації здобувача повною мірою відповідають Стандарту вищої освіти для третього (освітньо-наукового) рівня за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища».

За результатами здійсненого ретельного критичного неупередженого аналізу матеріалів кваліфікаційної наукової роботи здобувача Євгена МАКАРОВА рецензентом виявлено, що дисертаційне дослідження виконано з дотриманням усіх вимог до дисертацій на здобуття наукового ступеня «доктор філософії» відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України від 23.03.2016 р. № 261 «Про затвердження Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах)» у чинній редакції від 23.05.2023 р., Постанови Кабінету Міністрів України від 17.11.2021 р. № 1197 «Про порядок присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук» у чинній редакції від 23.05.2023 р. та у зв'язку зі встановленням факту повного виконання освітньої та наукової складової освітньо-наукової програми вищої освіти «Техногенно-екологічна безпека» для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища» у галузі знань 18 «Виробництво та технології», яка провадиться в Національному університеті цивільного захисту України ДСНС України та акредитована НАЗЯВО (Сертифікат про акредитацію освітньої програми № 4160 від 28.04.2023 р.) і яку присвячено розв'язанню актуальної у сфері техногенно-екологічної безпеки науково-практичної проблеми забезпечення високого рівня значень показників техногенно-екологічної безпеки цього процесу шляхом розробки інноваційних робочих процесів у виконавчих

органах технології захисту навколишнього середовища від негативного техногенного впливу скидів стічних вод від підприємства харчової промисловості, зокрема молокопереробного, в об'єкти гідросфери як компонента довкілля та надання науково обґрунтованих рекомендацій, готових для негайного впровадження у виробничий процес такого підприємства.

На основі викладеного вище зроблено однозначний висновок, що здобувач, МАКАРОВ Євген Олексійович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища».

Офіційний рецензент,

професор кафедри
прикладної механіки
та технологій захисту
навколишнього середовища
факультету
техногенно-екологічної безпеки
Національного університету цивільного
захисту України ДСНС України,
доктор технічних наук, доцент



Олександр КОНДРАТЕНКО

Підпис засвідчую

Вчений секретар
Національного університету
цивільного захисту України
ДСНС України,
кандидат психологічних наук,
старший науковий співробітник



Андрій ПОБІДАШ