

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Тивоненка Артема Вікторовича
на тему «Екологізація процесів зворотного осмосу»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 16 Хімічна та біоінженерія
за спеціальністю 161 Хімічні технології та інженерія

Актуальність теми дисертації.

З метою інтеграції у співтовариство високорозвинених країн світу Україна взяла на себе зобов'язання неухильно дотримуватися глобальних цілей сталого розвитку, які проголошені резолюцією Генеральної Асамблеї Організації Об'єднаних Націй. Зокрема, Указ Президента України «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» передбачає стале управління, збереження та раціональне використання водних ресурсів, екологічну стійкість населених пунктів.

Дисертаційна робота відповідає цілям сталого розвитку та присвячена вирішенню нагальних екологічних проблем, пов'язаних із зменшенням пластикових відходів, що виникають при експлуатації комерційних зворотноосмотичних мембранних елементів, а також забезпеченню виробництва безпечної та фізіологічно повноцінної питної води. Дослідження має як практичне значення - запропоновані рішення можуть бути впроваджені у промислових масштабах, так і теоретичне, оскільки в процесі роботи було встановлено нові властивості поліамідних зворотноосмотичних мембран та елементів, створених на їх основі.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

Встановлено критичні межі забруднення для відпрацьованих зворотноосмотичних мембранних елементів комерційного класу, що дозволяють практично повністю відновити їх властивості під час регенерації.

Вперше визначено характер і природу змін структурних, хімічних та фізико-хімічних характеристик поліамідного мембранного полотна під впливом шести модифікуючих агентів, що сприяє зниженню схильності мембранних елементів до утворення флулінгу під час очищення води.

Практична цінність дослідження полягає в тому, що отримані експериментальні дані можуть бути використані для впровадження процесів регенерації відпрацьованих зворотноосмотичних елементів та їх модифікації,

що забезпечує виробництво абсолютно безпечної та фізіологічно повноцінної води у комерційних установках.

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 Тивоненка А.В. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Хімічні технології та інженерія».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям екологізації процесів зворотного осмосу. Отримані результати стимулюють розвиток хімічних технологій та інженерії, зокрема в сфері переробки використаних комерційних мембранних елементів і виробництва води, що відповідає фізіологічним вимогам.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Тивоненка Артема Вікторовича 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

Дисертаційна робота написана українською мовою. Матеріал вирізняється логічністю написання, чіткістю та легкістю сприйняття. Робота виконана в науковому стилі із застосуванням загальновизнаних термінів, що відповідають сучасним стандартам хімічних технологій та інженерії. Дисертант демонструє глибоке розуміння досліджуваної проблематики та впевнено передає результати своєї роботи.

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 139 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність тематики, окреслено мету та завдання дослідження, визначено об'єкт і предмет, описано застосовані методи, а також наведено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. До того ж підкреслено взаємозв'язок роботи з існуючими науковими програмами, планами та темами, наведено дані про апробацію, публікації за темою дисертації і впровадження розроблених методик у виробничу та освітню практику.

У першому розділі детально розглянуто екологічні проблеми, пов'язані із застосуванням методу зворотного осмосу, зокрема утворення пластикових відходів та отримання очищеної води, що не відповідає вимогам фізіологічної повноцінності. Показано, що ці проблеми можуть бути вирішені за допомогою регенованих і хімічно модифікованих зворотноосмотичних елементів. Аналіз літературних джерел свідчить, що типовий термін експлуатації комерційних мембранних елементів становить 6-12 місяців, після чого вони перетворюються на пластикові відходи, які утилізуються на сміттєзвалищах. Наведено статистичні дані щодо кількості таких відходів і темпів їх щорічного зростання, а також проаналізовано причини їх утворення й існуючі методи продовження життєвого циклу мембран. Доведено, що повторне використання мембранних елементів після регенерації або модифікації (зокрема, шляхом обробки розчином активного хлору для зменшення селективності) є одним із ефективніших рішень.

Отримана питна вода, вироблена методом зворотного осмосу, є безпечною, проте не відповідає стандартам фізіологічної повноцінності: мінералізація повинна бути не менше 100 мг/дм³, а загальна жорсткість – не менше 1 мг-екв/дм³. Зазвичай ці показники досягаються лише на окремій стадії домінералізації, яка має свої недоліки. Саме тому доцільно застосувати одноступеневу мембранну систему із зворотноосмотичними елементами з точно заданою селективністю, що дозволить отримувати воду, що відповідає як нормативам безпеки, так і стандартам фізіологічної повноцінності.

Другий розділ присвячено характеристиці об'єктів дослідження - нових і відпрацьованих комерційних зворотноосмотичних елементів. Детально описано методику визначення початкових характеристик мембранних елементів, а також представлено режим регенерації відпрацьованих елементів шляхом послідовної обробки лужним, кислотним та окисним реагентами. Окремо розглянуто процедури модифікації зворотноосмотичних елементів та методи визначення змін їх робочих характеристик під впливом солевмісту вихідної води, температури та робочого тиску.

Для оцінки змін властивостей поверхні мембранного полотна після модифікації використано такі методи, як інфрачервона спектроскопія, скануюча електронна мікроскопія, вимірювання контактного кута змочування (для визначення гідрофільності), а також визначення дзета-потенціалу та аналіз розміру пор. Крім того, наведено умови проведення пілотних випробувань очищення водопровідної води м. Києва на комерційній установці зворотного осмосу з використанням нового, регенованого, нового модифікованого та регенованого модифікованого мембранних елементів.

У третьому розділі подано результати експериментальних досліджень процесів регенерації відпрацьованих мембранних елементів та модифікації як

нових, так і регенованих зворотноосмотичних елементів. У розділі 3.1 продемонстровано ефективність обраного режиму регенерації за допомогою фотографій, мікрофотографій, інфрачервоних спектрів та аналізу хімічного складу фоулінгу на поверхні як відпрацьованих, так і регенованих елементів. Встановлено граничні показники забруднення, при досягненні яких можливе повне відновлення властивостей мембран, а результати пілотних випробувань очищення води з використанням як нових, так і регенованих елементів виявились ідентичними.

Проведено порівняння різних режимів модифікації зворотноосмотичних елементів і визначено оптимальні умови їх проведення. Для отримання елементів із різною селективністю застосовували режими з однаковим часом експозиції, але з різною концентрацією активного хлору. Доведено, що обрані режими є актуальними як для нових, так і для регенованих елементів. Встановлено також вимоги до заданої селективності для досягнення фізіологічної повноцінності води залежно від солівмісту вихідної води; зокрема, для водопровідної води м. Києва із середнім вмістом солей 300 мг/дм³ селективність модифікованих елементів не повинна перевищувати 60 %. Досліджено вплив основних робочих параметрів – солевмісту, температури та тиску - на характеристики модифікованих елементів: при збільшенні солевмісту знижується як селективність, так і продуктивність, при зниженні температури селективність підвищується, а продуктивність падає, а при підвищенні тиску зростають обидва показники.

Аналіз впливу модифікації на властивості поверхні поліамідного мембранного полотна показав, що після обробки поверхня стає більш гладкою, гідрофільною, набуває негативного заряду, а розмір пор збільшується з 4,04 до 4,50 Å. Такі зміни фізико-хімічних характеристик сприяють зменшенню утворення фоулінгу під час процесу очищення води.

Четвертий розділ зосереджено на аналізі екологічних наслідків та економічної доцільності регенерації відпрацьованих комерційних зворотноосмотичних елементів. За методикою розрахунку витрат матеріалів на одиницю продукції та коефіцієнтів інтенсивності маси встановлено, що застосування процесу регенерації, що продовжує життєвий цикл мембранних елементів, дозволяє не лише зменшити кількість пластикових відходів, але й знизити обсяги матеріалів, що потрапляють до навколишнього середовища. Також проведено розрахунок вартості регенованих елементів, що демонструє можливість значної економії при їх використанні замість нових.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлені у 10 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 1 стаття у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 2 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 2 статей у виданнях, віднесених до першого-третього квартилів (Q1-Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports.

Також результати дисертації були апробовані на 7 наукових фахових конференціях.

Публікації дисертанта відзначаються високим науковим рівнем, при цьому під час їх підготовки та публікації суворо дотримувалися всі принципи академічної доброчесності. Особистий внесок здобувача є значним як у співавторських роботах, так і у публікаціях, що зараховано за темою дисертації.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Експериментальні дослідження проводилися (с. 51) на водопровідній воді м. Києва з попереднім очищенням від каламутності та сполук активного хлору? Які методи були використані та як це вплинуло на забарвленість попередньо очищеної води?
2. В роботі стверджується про визначені експериментально раціональні режими регенерації (с. 57). Це доробок автора чи інформація отримана з літературних джерел? Який критерій приймався для обґрунтування раціональності?
3. Чим пояснюється більша продуктивність для регенованої мембрани №2 в порівнянні з новою (рис. 3.7)?
4. Що розуміється під поняттям «органічні речовини» (табл.3.2) і які речовини визначалися під назвою «тригалогенметани» (табл. 3.3), наприклад, це хлороформ, бромформ, трихлоретан чи інші?
5. Тип апроксимуючої кривої на рис. 3.10 підібраний невдало, оскільки селективність перевищує 100%. Яке рівняння апроксимуючої кривої?
6. В роботі доцільно було приділити більше уваги статистичній обробці експериментальних даних – навести оцінку відтворюваності експериментів, довірчі інтервали тощо.
7. Робота була б значимішою, як би автор дослідив довготривалий період експлуатації модифікованої мембрани.

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 Тивоненка Артема Вікторовича на тему «Екологізація процесів зворотного осмосу» 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 хімічної та біоінженерної галузі. 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 Тивоненко Артем Вікторович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 16 Хімічна та біоінженерія за спеціальністю 161 Хімічні технології та інженерія.

Офіційний опонент:

завідувач кафедри водопостачання,
водовідведення та бурової справи
Національного університету водного
господарства та природокористування,
д.т.н., проф.

/  / Сергій МАРТИНОВ

М.П. « 03 » березня 2025 року



