

## **РЕЦЕНЗІЯ**

на дисертаційну роботу

Вакуленко Анни Костянтинівни

на тему «Зниження екологічних ризиків засолення поверхневих вод

концентрованими сольовими відходами»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 10 Природничі науки

за спеціальністю 101 Екологія

### **Актуальність теми дисертації.**

Україна відноситься до вододефіцитних країн внаслідок, оскільки не забезпечені потреби промисловості та населення у воді достатньої якості. Високомінералізовані води підприємств гірничо-добувної промисловості скидаються у поверхневі водойми без належної очистки, цим самим знижуючи якість води і роблячи її малопридатною для використання у промисловості та комунальному господарстві. З одного боку, мінералізовані шахтні води забруднюють джерела водопостачання, а з іншого – самі є потенційним водним ресурсом, що актуально у регіонах з розвиненою гірничо-добувною промисловістю, де одночасно відчувається нестача прісної води з існуючих природних джерел.

Дисертація Вакуленко А.К. присвячена вирішенню проблем зниження екологічної небезпеки, що виникає внаслідок забруднення поверхневих вод концентрованими солевмісними водами гірничорудних підприємств. Отримання питної води із солонуватих шахтних та природних вод є одним із перспективних напрямків розширення фонду джерел водопостачання, що важливо для маловодних регіонів України. Для очищення таких вод рекомендовано використовувати технологію зворотнього осмосу, який дозволяє отримувати воду якості, яка не тільки дозволяє скидати її у водойми, але і переверщує вимоги до питної води.

### **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі, підтверджено достатнім обсягом проведених автором теоретичних і експериментальних досліджень зворотньоосмотичних та іонообмінних процесів. Дослідження виконані на високому науково-методичному рівні, з вивченням вітчизняних і закордонних наукових публікацій за даним напрямком.



Достовірність отриманих наукових результатів, висновків та рекомендацій забезпечується використанням класичних методів досліджень, підтверджується застосуванням апробованих методик, постановкою експериментальних досліджень. В процесі аналізу дисертаційної роботи не виявлено висновків та тверджень, що викликають сумніви. Наукові положення, висновки і рекомендації достатньо обґрунтовані, ілюстровані за допомогою рисунків, таблиць, і не суперечать фундаментальним основам хімічних та фізико-хімічних методів очистки води.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- встановлено залежність продуктивності і селективності мембрани Filmtec TW30-1812-50, зниження жорсткості, лужності, концентрації кальцію та магнію від ступеня відбору перміату;

- визначено залежності продуктивності, селективності мембрани, осмотичного та робочого тиску, коефіцієнту фільтрування від ступеню відбору перміату при заданому тиску у зворотньоосмотичній установці; це дало можливість вивести рівняння, яке, при заданій продуктивності установки, дозволяє розрахувати необхідний тиск в системі за визначених показників по селективності та коефіцієнту фільтрування;

- встановлено залежність селективності зворотньоосмотичної мембрани за фосфатами, сульфатами, іонами кальцію при фільтруванні розчину з різними значеннями рН середовища від ступеня відбору перміату;

- вдосконалено методи зворотньоосмотичного пом'якшення та знесолення води з урахуванням відкладень осадів солей жорсткості на мембрані при коригуванні рН середовища та ступеня відбору перміату;

- отримали подальший розвиток методи зворотньоосмотичного очищення води від токсичних речовин на прикладі вилучення сполук хрому (VI) за різних значень рН середовища та ступеня відбору перміату.

Отже, поставлене наукове завдання створення наукових засад комплексної маловідходної технології демінералізації шахтних та природних солонуватих вод на основі технології зворотнього осмосу та переробки концентратів з отриманням корисних продуктів, а також розробки технічних засобів захисту водойм від засолення в дисертаційній роботі 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 Вакуленко А.К. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 101 Екологія та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Екологія.



Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям Рациональне природокористування.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Вакуленко Анни Костянтинівни 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 дисертації добре структурований та логічно побудований і викладений зрозумілою мовою з використанням загальноприйнятої термінології.

Дисертація є завершеною науковою працею, яка складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних літературних джерел з 200 найменувань, та додатків. Загальний обсяг дисертації 214 сторінок друкованого тексту.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, її зв'язок з науковими програмами і планами, сформульовано мету роботи та задачі досліджень, описано об'єкт, предмет і методи досліджень, сформульована наукова новизна і практичне значення одержаних результатів роботи. Описано особистий внесок здобувача у наукові результати і стисло викладено апробацію результатів досліджень.

У першому розділі описано сучасні методи демінералізації та очищення висококонцентрованих стічних вод, до яких відносять зворотній осмос, іонний обмін, реагентний та електрохімічний методи, визначено переваги та недоліки методів, окреслено перспективи їх розвитку. Було проведено оцінку ефективності баромембранних методів знесолення води, відмічено високу якість очищеної води при застосуванні процесів зворотнього осмосу. Окреслені проблеми застосування методу пов'язані з попередньою підготовкою води, коригуванням складу очищеної води та переробкою концентратів. Також були визначені переваги та недоліки іонообмінного знесолення води, показано перспективи методу при розділенні іонів. Проведено детальний аналіз електрохімічних методів очищення води, що дало змогу оцінити перспективи їх використання при освітленні та знесоленні води, а також при переробці сольових розчинів, що утворюються при очищенні води.

У другому розділі дисертаційної роботи представлені об'єкти та методики досліджень, які включають в себе опис, характеристику, фізико-хімічні властивості середовищ, матеріалів та реагентів, що використовувалися та представлені в наступних розділах дисертації. У розділі описані методи



дослідження очищення води мембранними методами зворотньоосмотичного опріснення води, електрохімічні методи переробки концентратів. Наведені методики контролю фізико-хімічних процесів та визначення концентрацій речовин у воді.

У третьому розділі роботи представлена оцінка впливу шахтних вод на стан водних об'єктів. Представлено еколого-технологічну класифікацію мінералізованих шахтних вод, показано вплив шахтних вод на стан природних водних об'єктів, наведено об'єм скидів високомінералізованих вод у поверхневі водні об'єкти за регіонами, а також показані екологічні ризики засолення поверхневих вод концентрованими сольовими відходами. Проаналізовано вплив шахтних вод на стан природних водних об'єктів, розраховані екологічні ризики для річки Казенний Торець, що входить до складу басейну Сіверського Донця.

У четвертому розділі представлені результати досліджень при застосування зворотнього осмосу в процесах водопідготовки. Показана оцінка ефективності застосування зворотнього осмосу в процесах водопідготовки на прикладі пом'якшення води; показано залежність ефективності зворотньоосмотичних мембран від мінералізації води, показана оцінка впливу початкових концентрацій солей на селективність і продуктивність мембран, встановлено залежність зміни концентрації солей та тисків у системі зворотньоосмотичного опріснення води від ступеню відбору перміату, визначено необхідні тиски у системах знесолення води з використанням зворотньоосмотичних мембран, проведено оцінку ефективності зворотньоосмотичного очищення шахтних вод, приведена принципова технологічна схема опріснення слабомінералізованих вод зворотнім осмосом. Досліджено можливість переробки регенераційних розчинів методом електродіалізу. Також визначено ефективність алюмінієвих коагулянтів, отриманих з відходів промислових виробництв, а також отриманих в результаті переробки хлористого натрію методом електролізу.

У п'ятому розділі роботи представлено результати досліджень при застосуванні зворотнього осмосу при очищенні води від нітратів, фосфатів та хроматів. Проведено порівняльний аналіз ефективності зворотнього осмосу та іонного обміну та представлено результати по вилученню із води нітратів методом зворотнього осмосу та іонообмінним методом та доведено, що використання іонного обміну є більш доцільним, ніж використання зворотнього осмосу для вилучення з води нітратів. Також приведені результати по вилученню із води фосфатів методом зворотнього осмосу на прикладі використання модельних розчинів ортофосфату натрію. Показано, що в процесі очищення води від фосфатів зворотнім осмосом селективність по вказаних іонах зростає із ступенем відбору перміату. Також наведена оцінка ефективності зворотнього осмосу при вилученні із води хроматів.



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 9 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 1 статті у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України; 4 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus (усі у видання віднесені до першого-третього квартилів (Q1-Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports).

Також результати дисертації були апробовані на 4 наукових фахових конференціях.

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

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

1. Ст. 61, 64, 65, 66, 70, 71. Вказано, що перміат відбирався в окрему ємність, а концентрат повертався у ємність із початковим розчином. Який сенс у поверненні концентрату у вихідну ємність? У такому випадку концентрація солей у воді, яка подається на мембрану, буде постійно зростати.
2. Оскільки методи контролю жорсткості, лужності тощо одні й ті ж для різних досліджень, варто було б їх винести у окремий підрозділ, а не вказувати кожного разу після опису проведення досліджень з вилучення іонів.
3. У Розділі 2 відсутня інформація щодо кількості паралельних дослідів/вимірювань контрольованих параметрів процесу знесолення води.
4. На рис. 4.12 і 4.13 на кривих №4 є явно виражені екстремуми, але у дисертації відсутнє пояснення цьому.
5. На рис 4.14. і 4.15 розміщено надто багато кривих, частина з яких повністю накладаються одна на одну по 3-4 шт. Фактично не зрозуміло які криві там розміщені.
6. Точність подання величини робочого тиску (ст. 129) 3 значущі цифри після коми є надлишковою, крім того, ця точність подання різна навіть в межах одного абзацу. Аналогічно, на ст. 175, 176 концентрації хроматів у мг/дм<sup>3</sup> подані з точністю до 3 і 4 цифри після коми, що, очевидно, є надлишковим і необґрунтованим.
7. На основі даних, наведених у підрозділі 5.1.2, варто було б розрахувати коефіцієнт розділення хлоридів і нітратів при іонообмінному вилученні, а не тільки обмінну динамічну ємність.
8. Для рис. 5.5 і 5.6 не вказана швидкість пропускання розчину через іонообмінну колонку. Можливо, при зростанні часу контакту об'єм пропущеного розчину до проскоку суттєво зростає.



9. У роботі іноді зустрічаються граматичні помилки, стилістичні неточності, опечатки, некоректні вирази (піддаватися, являється, в якості).

Вказані зауваження не знижують загального позитивного враження від дисертаційної роботи та не знижують наукової новизни і практичної значимості отриманих результатів.

### **Висновок про дисертаційну роботу.**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Вакуленко Анни Костянтинівни на тему «Зниження екологічних ризиків засолення поверхневих вод концентрованими сольовими відходами» 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.

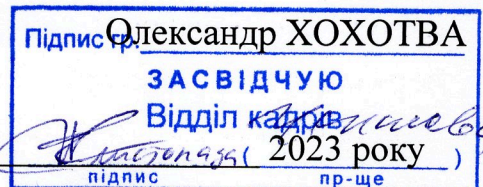
Здобувач Вакуленко Анна Костянтинівна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 101 Екологія.

### **Рецензент:**

Доцент кафедри екології та технології  
рослинних полімерів,  
доктор технічних наук, доцент



*Handwritten signature of the reviewer*



« 22 »