

## **ВІДГУК**

офіційного опонента 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.**

Недостатній ступінь очищення стічних вод комунальних, промислових, сільськогосподарських підприємств, скид шахтних вод, відходів при розробці рудних копалин – є одними з головних причин забруднення навколишнього природного середовища. Забруднення природних поверхневих водних об'єктів речовинами, котрі містяться в шахтних водах є однією з основних природоохоронних проблем гірничо-добувної промисловості. Ці води характеризуються хімічним, механічним, бактеріальним забрудненнями, а також досить високою мінералізацією на глибоких шахтах (іноді понад 70 г/дм<sup>3</sup>). Також проблемою є те, що дуже часто такі води скидаються безпосередньо у водойми без належної необхідної попередньої очистки. І, як наслідок, поверхневі води забруднюються шахтними, що спричиняє величезні екологічні та матеріальні збитки. Слід відмітити, що шахтні води погіршують якість поверхневих вод у маловодних регіонах, де існують серйозні проблеми із забезпеченням населення та промислових об'єктів прісною водою. При цьому часто значна частина шахтних вод придатна для опріснення та використання. Шахтні води, що скидаються в водойми, придатні для отримання питної води при використанні баромембранних методів очищення, таких як зворотній осмос, нанофільтрація та ультрафільтрація. Проблема опріснення води гостро стоїть і в приморських регіонах, де підземні та поверхневі води часто характеризуються підвищеною мінералізацією та жорсткістю. Тому вдосконалення баромембранних процесів знесолення води, комбінування їх з іншими технологіями, вирішення проблеми утилізації відходів водоочищення є актуальною проблемою.

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

Дисертаційна робота Вакуленко Анни присвячена створенню комплексної маловідходної технології демінералізації шахтних та солонуватих вод методом зворотнього осмосу та переробці концентратів з отриманням корисних продуктів. Сама ідея переробки концентратів з вилученням корисних продуктів є складною та новою задачею даного дослідження.

Новизною даного дослідження є наступні результати:

- в процесі знесолення шахтних вод зворотньоосмотичним методом встановлено, що ефективність очищення по іонах жорсткості, лужності, концентрації сульфатів, мінералізації ефективність очищення була задовільною до вкрай високого ступеню відбору пермеату 89%. А також по хлоридах – до ступеню відбору пермеату 78%. Мембранний процес характеризується високою ефективністю очищення та знесолення при невисоких робочий тисках;

- в дисертації виведено рівняння, за рахунок якого можна визначити необхідний тиск в системі, оперуючи визначеними показниками по селективності та коефіцієнту фільтрування при заданій продуктивності установки;

- проведений порівняльного аналіз очищення водних розчинів від нітратів методами зворотнього осмосу та іонного обміну та доведено більш високу ефективність очищення води від нітратів іонним обміном;

- досліджена селективність зворотньоосмотичних мембран по фосфатах та продуктивність при фільтруванні артезіанських вод. Також новизною даного дослідження є факт зростання селективності 30 мембрани по фосфатах при збільшенні ступеню відбору пермеату. Крім того, в роботі показано, що зворотньоосмотична мембрана забезпечує не тільки ефективне пом'якшення води, а і знижує її лужність, концентрацію фосфатів, хлоридів і сульфатів при дуже високому ступені відбору пермеату 90%.

Достовірність та обґрунтованість сформульованих у дисертації наукових положень, висновків та рекомендацій забезпечувались критичним аналізом існуючих методів опріснення води, оцінкою переваг та недоліків баромембранного очищення води, застосуванням ряду сучасних взаємодоповнюючих методів досліджень процесів очищення води від мінеральних солей. Достовірність експериментальних результатів забезпечувалась використанням сучасних фізико-хімічних методів аналізу. Отримані результати по опрісненню та очищенню води зворотнім осмосом та іонним обміном добре узгоджуються з описаними результатами аналогічних досліджень. Отримані результати доповнюють відомі теорії баромембранного очищення та узгоджуються з ними за основними положеннями.

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 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.

Всі підрозділи дисертації викладені в доступній зрозумілій формі з використанням загальноприйнятої термінології, яка стосується проблем, які розглянуті у дисертації. Автор дотримувався вимог нормативних документів щодо оформлення дисертації.

Дисертація складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 214 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету та задачі досліджень, показано зв'язок роботи з науковими програмами та темами, представлено наукову новизну та практичну цінність роботи.

У першому розділі описано сучасні методи демінералізації та очищення висококонцентрованих стічних вод. Даний розділ містить 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. Визначені переваги та недоліки іонообмінного знесолення води, показано перспективи методу при розділенні іонів. Проведений детальний аналіз електрохімічних методів очищення води.

У другому розділі дисертаційної роботи представлені об'єкти та методології досліджень. Наведені методики для контролю фізико-хімічних процесів та визначення концентрацій речовин у воді.

У третьому розділі роботи представлена оцінка впливу шахтних вод на стан водних об'єктів. Проаналізовано вплив шахтних вод на стан природних водних об'єктів, приведено об'єм скидів високомінералізованих вод у поверхневі водні об'єкти за регіонами. Показані екологічні ризики засолення поверхневих вод концентрованими сольовими відходами, а також розраховані екологічні ризики для річки Казенний Торець, що входить до складу річок басейну Сіверського Дінця.

У четвертому розділі дисертаційної роботи представлені результати досліджень при застосуванні зворотнього осмосу в процесах водопідготовки. Також у даному розділі приведено виведення рівняння, за рахунок якого можна визначити необхідний тиск в системі та приведена принципова технологічна схема опріснення слабомінералізованих вод зворотнім осмосом.

У п'ятому розділі роботи представлено результати досліджень при застосуванні зворотнього осмосу при очищенні води від нітратів, фосфатів та хроматів. Представлені результати по проведенню порівняльного аналізу по визначенню ефективності зворотнього осмосу та іонного обміну при вилученні нітратів. Доведено, що використання іонного обміну є більш доцільним, ніж використання зворотнього осмосу для вилучення з води нітратів. Також приведена оцінка ефективності зворотнього осмосу при вилученні із води хроматів та показано, як впливає рН на вміст хроматів у концентраті.

У висновках сформульовано основні наукові результати роботи.

У додатках представлено результати математичної обробки експериментальних даних та акти дослідно-промислових випробувань.

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 стаття у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 4 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 4 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 4 наукових фахових конференціях.

Наведений у публікаціях матеріал повністю відображає результати та наукові положення дисертації. Публікації оформлені на належному рівні та з дотриманням принципів академічної доброчесності.

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

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

1. З літературного огляду та власних результатів автора не зрозуміло який спосіб переробки концентратів є найбільш перспективним. Крім того, список літератури містить велику кількість посилань на дослідження співавторів публікацій і не містить сучасних зарубіжних досліджень за останні 5 років. 90% посилань стосуються 2007-2013 рр.
2. Ст 21. Автор вживає термін «зворотньоосмотична мембрана низького тиску». Така термінологія є застарілою, варто зважати що це нанофільтраційна мембрана.
3. З розділу матеріали і методи не зрозуміло характеристики мембран, або фільтруючих елементів, а саме не вказано матеріал мембрани, площа поверхні, в таблиці 2.2 вказано пористість 0,0001 мкм, що є невірно, бо пористість не має розмірності.
4. Стр. 25. Автор зазначає, що рушійною силою в процесі ЗО є різниця тисків по обидві сторони мембрани, насправді ж рушійною силою ЗО є різниця між прикладеним та осмотичним тиском по обидві сторони мембрани.
5. Таблиця 2.1. стр 53. Чому водопровідна вода м. Києва не містить хлоридів?
6. Стр 59. Не зрозуміло як контролювали концентрацію хлориду натрію в процесі електролізу.
7. Стр 62. У формулі 2.16. не правильно зазначені розмірності величин для розрахунку осмотичного тиску, якщо тиск обраховувати в атм, то величину газової сталої потрібно приводити в л\*атм/мольК.
8. Стр. 63. Коефіцієнт фільтрування  $L_p$  в літературі вказується як коефіцієнт водопроникності і визначається виключно по воді.
9. Ступінь відбору пермеату автор в одному випадку вказує як  $E(\%)$ , а в інших як  $A(\%)$ , що призводить до плутанини.
10. Розділ 3.3. стр. 88. Не проведено аналіз рис. 3.1, яку інформацію він несе, і чому зазначається, що це частка забруднених зворотних вод, якщо це об'єм в млн. м<sup>3</sup>.

11. Стр 133. Автор приводить залежність селективності від тиску як неоднозначну, що спочатку зростала, а потім знижувалась. Без пояснень причин. І де рис. 6?
12. Таблиця 5.2. Не зрозуміло як проведені розрахунки коефіцієнту затримки, так як при збільшенні ступеню відбору і зростанні концентрації хроматів в пермеаті R зростає аж до 99%.
13. Стр. 177. Значення рН розчинів вказані до третього знаку після коми, що є сумнівним, зважаючи на похибку рН-метра. В розділі матеріали і методи вказані формулу розрахунку похибок, але по тексту дисертації вони не вказані.

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 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.

**Офіційний опонент:**

Старший науковий співробітник кафедри хімії  
Національного університету  
«Києво-Могилянська Академія»,  
кандидат технічних наук, доцент

Вікторія КОНОВАЛОВА

Особистий підпис \_\_\_\_\_  
ЗАСВІДЧУЮ

Начальник ВК

Підпис



14 » листопада 2023 року