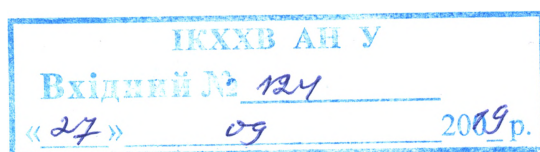


## ВІДГУК

**офіційного опонента на дисертаційну роботу Деремешко Людмили Аркадіївни «Екологічно обґрунтоване очищення води від фторидів баромембранними методами з переробкою відходів», представлену до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата хімічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека**

**Актуальність роботи.** На сьогодні для забезпечення населення України якісною питною водою широко використовують підземні артезіанські води. Однак у деяких регіонах у цих водах міститься надлишок токсичних фторид-іонів, що вимагає беззастережного їх вилучення. Тому вкрай важливим завданням екологічної безпеки є очищення природної води від фторид-іонів до допустимих концентрацій (ГДК). Мембранні технології набули широкого використання як в промисловості, так і в побуті. В наш час їх використовують для опріснення солонуватої та морської води; очищення стічних вод, у харчовій, хімічній, електронній промисловостях, фармації, медицині. Важливими перевагами баромембранних методів є їх екологічна чистота, стабільно висока якість очищеної води, компактність та простота апаратурного оформлення, можливість автоматизації. Дослідження ефективності і закономірностей мембранних процесів очищення природних вод від фторид-іонів до рівня питних з одночасною переробкою відходів є актуальним екологічним завданням отримання високоякісної фізіологічно повноцінної питної води та захисту водних об'єктів і навколишнього середовища. Тому дисертаційна робота Деремешко Л.А., що присвячена дослідженню процесів очищення води баромембранними методами від фторидів, є безперечно важливою й актуальною.

Проведену дисертантом роботу можна розглядати як невід'ємну складову частину науково-дослідних тем Інституту колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України за відомчими темами НАН України а також в рамках проекту для молодих вчених у відповідності до науково-дослідницьких тем НАН України: «Створення наукових засад управління процесами вилучення і трансформації органічних і неорганічних речовин при обробці води» (2007-2011 рр., № державної реєстрації 0107U000149, виконавець); «Розробка нових підходів до оцінки і кондиціювання якості води» (2012-2016 рр., № державної реєстрації 0112U000040, виконавець); «Створення концепції управління біологічною активністю та фізико-хімічними властивостями води, у тому числі її ізотопним складом, при очищенні природних вод з урахуванням сучасних вимог до якості питної



води» (2012-2016 рр., № державної реєстрації 0112U000038, виконавець); «Розвиток наукових основ хімії, фізики та біології води» (2017-2021 рр., № державної реєстрації 0117U000014, виконавець); «Фундаментальні основи ефективного використання комплексу хімічних, фізичних і біологічних методів дослідження водних систем» (2017-2021 рр., № державної реєстрації 0118U100375, виконавець) та науково-дослідної роботи молодих учених НАН України «Комплексне очищення води із переробкою відходів» (2017-2018 рр., № державної реєстрації 0117U006172, виконавець).

**Наукова новизна.** У дисертаційній роботі науково обґрунтовано вибір ефективних методів, матеріалів та раціональних умов для очищення природних вод від фторидів, у залежності від їх вихідного складу, для отримання високоякісної фізіологічно повноцінної питної води і переробки утворених при цьому відходів. При цьому слід відмітити новизну результатів:

- вперше визначено високу ефективність (98–99 %) процесу очищення води від фторид-іонів мікрофільтраційною трубчастою керамічною мембраною із глинистих мінералів, модифікованою гідроксосополюками алюмінію;
- вперше показано можливість ефективного застосування розробленої в ІКХХВ ім. А.В. Думанського НАН України деревної мембрани, як нового дешевого екологічного матеріалу, в процесах очищення води, зокрема, від фторидів та алюмінію;
- встановлено концентраційні межі та параметри раціонального застосування полімерних нанофільтраційної та зворотноосмотичних мембран, представлених на ринку України, з метою досягнення фізіологічно обґрунтованого вмісту фторидів у питній воді (0,7–1,5 мг/дм<sup>3</sup>).
- запропоновано здійснювати електрохімічну переробку ретентатів, утворених при зворотноосмотичному очищенні води від фторидів, методами гальвано- та електрокоагуляції;
- показано високу ефективність процесу знефторення і знезараження води гальванокоагуляцією з використанням шунгіту.

**Практичне значення одержаних результатів.** Отримані результати є основою для вибору найраціональнішого процесу з використанням сучасних методів та нових матеріалів для очищення природних вод від фторидів, у залежності від їх вихідного складу, для отримання високоякісної фізіологічно повноцінної питної води, а також переробки утворених при цьому відходів. Комплексний підхід у поєднанні баромембранних та електрохімічних методів забезпечить необхідну глибину очищення води від фторидів і можливих супутніх іонів та значно зменшить чи навіть повністю виключить

вторинне забруднення довкілля. За результатами роботи отримано 3 патенти України.

**Достовірність** отриманих у роботі результатів забезпечується використанням як сучасних, так і класичних методів фізико-хімічних досліджень, перевіркою отриманих результатів за розробленими у роботі методиками незалежними арбітражними методами, коректною обробкою отриманих даних.

Дисертантом в роботі застосовано наступні фізико-хімічні і хімічні методи дослідження: баромембранні і нанофільтраційні для знефторення та знесолення води, гальванокоагуляція ті електрокоагуляція для обробки висококонцентрованих фторвмісних вод і ретентатів; визначення концентрацій речовин і контролю фізико-хімічних процесів очищення води здійснювали методами фотометричного аналізу, потенціометрії, титриметрії та рН-метрії. Експериментальні результати оброблені статистичними методами аналізу.

**Обґрунтованість** наукових положень і висновків дисертації базується на великому обсязі експериментальних результатів, їх всебічному аналізі в рамках сучасних підходів і положень мембранних процесів.

**Публікації та апробація результатів роботи.** За матеріалами дисертації опубліковано 17 наукових робіт, у тому числі 8 статей – у наукових профільних виданнях та 6 доповідей на наукових конференціях, отримано 3 патенти України (2 на винахід і 1 на корисну модель).

Результати дисертації доповідались та обговорювались на 6 міжнародних конференціях. Вважаю, робота та її основні положення в цілому пройшли достатньо ґрунтовну апробацію.

**Структура та зміст роботи.** Рукопис дисертації та автореферат цілком відповідають вимогам „Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вчених звань”. Структура і зміст автореферату відповідає змісту дисертації. Дисертаційна робота складається з вступу, 6 розділів, висновку та списку використаних літературних джерел із 176 найменувань. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 187 сторінок, з яких основний текст складає 174 сторінки. Робота містить 60 рисунків і 23 таблиці.

#### **Оцінка змісту дисертації:**

У **вступі** (стор. 26-65) обґрунтовано актуальність роботи, визначено її зв'язок з програмами та темами, сформульовано мету, об'єкт, предмет і завдання, які необхідно вирішити, визначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, а також показано особистий внесок здобувача.

У першому розділі (стор. 26-65) «Фтор у питній воді та методи його видалення» на основі літературних джерел розглянуто вплив фторид-іонів на здоров'я людини та описано екологічну проблему в деяких регіонах України, підземні води яких містять підвищену концентрацію цих іонів. Наведено огляд існуючих методів вилучення фторидів з води. Особлива увага приділена баромембранним методам очистки. Вказано на головний недолік методу зворотного осмосу – утворення ретентатів, які несуть за собою більше екологічне навантаження на довкілля та необхідність їх знешкодження.

У другому розділі (стор. 66-85) «Об'єкти та методи проведення досліджень» наведено характеристики об'єктів дослідження, методики проведення експериментів та опис експериментальних установок. Представлено основні показники води, відібраної із артезіанських свердловин Полтавської та Чернігівської областей, що використовувалися при тих чи інших дослідженнях очищення від надлишку фторидів. Також описані методики аналізів складу водних об'єктів, розрахунку робочих характеристик мембран та статистичні методи обробки результатів.

В третьому розділі (стор. 86-98) «Знефторення води модифікованими керамічними мембранами» представлені результати досліджень знефторення води за допомогою трубчастих мікро- та ультрафільтраційних керамічних мембран. Показана висока ефективність процесу очищення води за умов формування на поверхні керамічної мембрани динамічного шару з гідроксосполук Al або Fe(III). Були визначені умови формування динамічної мембрани та показано значну залежність процесу знефторення від рН розчину, а отже і від розміру утворених часток гідроксосполук. Приведено результати досліджень ефективності процесу очищення води від вихідної концентрації фторидів, мембраноутворюючої добавки, коефіцієнта відбору пермеата, рН та тривалості процесу. Встановлені оптимальні умови та параметри процесу для очищення води від фторидів до норм їх ГДК у питній воді.

В четвертому розділі (стор. 99-114) «Очищення води від алюмінію та фторидів деревною мембраною» досліджено ефективність використання нової мікрофільтраційної деревної мембрани в процесах очищення води. Показана висока ефективність очищення розчинів сполук Al, що також обумовлена формуванням на поверхні деревної трубки додаткового затримуючого шару у вигляді динамічної мембрани із гідроксосполук Al, як і в попередньому розділі. Встановлено високу ефективність одночного очищення води від іонів  $F^-$  та Al (до норм ГДК у питній воді), що не потребує

попереднього формування модифікуючого шару як для керамічної мембрани. Приведено залежності процесу від рН, вихідних концентрацій іонів, їх співвідношення у розчині, відбору пермеата та способу подачі розчинів на мембрану. Крім того представлена методика періодичної регенерації мембрани для підвищення питомої продуктивності мембрани.

В п'ятому розділі (стор. 115-144) «Фізико-хімічні засади знефторення води нанофільтрацією та зворотним осмосом низького тиску» представлені результати ретельних досліджень процесів знефторення води найбільш розповсюдженими у водоочищенні баромембранними методами за допомогою нанофільтрації та зворотного осмосу. Встановлені концентраційні межі та робочі параметри ефективного застосування різних мембран з метою досягнення ГДК фторидів у питній воді. На найбільш ефективній для вилучення іонів  $F^-$  можливо очистити воду до норм ГДК у питній воді при вихідній концентрації до  $40 \text{ мг/мг}^3$ . Показано негативний вплив іонів  $Cl^-$  процес знефторення і досягнення ГДК при менших відборах пермеату. На основі досліджень реальної підземної фторовмісної води розроблена та запропонована побутова установка рулонного типу для отримання високоякісної питної води.

У шостому розділі (стор. 145-171) «Електрохімічна переробка ретентатів після баромембранного знефторення води» запропоновано електрохімічну переробку ретентатів, утворених після зворотноосмотичного знефторення води. Ретентати є головним недоліком баромембранного очищення води, адже є сконцентрованими розчинами і несуть більше екологічне навантаження на довкілля. Представлені дослідження очищення фторовмісних розчинів за допомогою гальвано- та електрокоагуляції, де в якості аноду використано алюмінієву стружку. Показано зростання ефективності цих процесів з підвищенням вихідної концентрації фторидів та від інтенсивності виділення іонів алюмінію в розчин, що в свою чергу залежало від рН розчину для гальванокоагуляції і від катодної густини струму для електрокоагуляції. Для більш повного знефторення висококонцентрованих розчинів, якими є ретентати після зворотного осмосу рекомендовано використовувати послідовно спочатку гальванокоагуляцію, а після електрокоагуляцію.

Представлені результати використання шунгіту в гальванокоагуляційному очищенні води від фторидів до нормативних значень з одночасним знезаражуючим ефектом, що робить можливим використання цього методу для очищення не лише стічних вод.

Пропонується відфільтровані осади після електрохімічного знефторення розчинів використовувати у промисловості.

**Особистий внесок здобувача** полягає у постановці мети і задач досліджень, виконанні основного об'єму теоретичних та великого обсягу експериментальних досліджень, викладених в дисертаційній роботі, а також написанні статей і тез доповідей на наукових конференціях.

У цілому дисертація представляє собою закінчену наукову працю. Вона виконана на високому фаховому рівні, що демонструє високу професійну підготовку здобувача. Отже можна стверджувати, що дисертант повною мірою виконав програму досліджень, досяг поставленої мети і представив до захисту обґрунтовану роботу.

Однак по дисертаційній роботі Л.А. Деремешко необхідно зробити такі зауваження та побажання:

1. Недостатньо проаналізовано існуючі способи модифікування пористої структури керамічної мембрани, зокрема формування динамічного шару з різних речовин – не тільки з гідроксосполук Al та Fe(III).
2. Доречним було провести порівняльне дослідження ефективності знефторення води на керамічних мембранах із глинистих мінералів та мембран із оксидної кераміки.
3. В роботі не вказано строк експлуатації керамічних та деревних мембран та подальшу їх утилізацію. Крім того, цікавим є питання щодо кількості циклів регенерації розроблених мембран.
4. В розділі 5 представлено лише негативний вплив наявності у воді іонів  $Cl^-$  на ефективність знефторення зворотним осмосом. Було б доречним представити результати досліджень впливу різних аніонів, а також декількох катіонів.
5. У розділі 6 вказано, що залишки сполук алюмінію після електрохімічної обробки ретентатів зворотноосмотичного знефторення води можуть бути вилучені вже розглянутими мікрофільтраційними керамічними або деревними мембранами. Це настановує на представлення комплексної схеми очищення води від фторидів за участю представлених у роботі процесів.
6. З огляду на те, що автор використовував у своїй роботі методи електро- і гальванокоагуляції хотілося б знати її думку про використання електроімпульсної обробки для здійснення процесу дефторування вод і ретентатів.

7. На стор. 102 дисертантка говорить про процес обробки деревної мембрани спеціальним регенераційним розчином, але не вказує його склад. Якій це розчин?
8. В дисертації ні наведено даних про те, із якої деревини виготовляються мембрани. Як може впливати на їх властивості і сам процес очищення води?
9. На мій погляд, в тексті дисертації та автореферату не треба вказувати на валентність алюмінію в сполуках, тому що вона завжди однакова і дорівнює (III). Для феруму – це необхідно.
10. На стор. 165 дисертант пише про використання алюмінієвої стружки та шунгіту Полежаєвського родовища (Карелія) з розміром частинок 0,5–1,5 см. Але чому вибрано такий розмір? Що можна сказати про вплив дисперсності шунгіту, а також і стружки на процес гальванокоагуляції?
11. Враховуючі практичне значення отриманих результатів закономірно виникає питання про перспективи впровадження їх в зв'язку з актуальністю проблеми дефторування підземних вод в Україні.
12. В дисертації та авторефераті є деякі неточності щодо сучасної української номенклатури неорганічних сполук.

Однак, слід відзначити, що вказані зауваження не торкаються суті дисертаційної роботи, носять характер порад, тем можливих дискусій, перспектив подальшої роботи і не позначаються на загальній цінності приведенного в дисертації наукового матеріалу та достовірності отриманих результатів і висновків. Дисертація в цілому справляє позитивне враження. Аналіз роботи Л.А. Деремешко дає підстави стверджувати, що дослідження в ній виконані на високому науковому та методичному рівнях.

Текст дисертаційної роботи, в цілому, викладено логічно, стисло та аргументовано, теоретичне значення і практична цінність даної роботи не викликає сумнівів. Зміст автореферату повністю ідентичний основним положенням дисертації.

Структура дисертації відповідає логічній послідовності вирішення задач дослідження. Стель викладення матеріалів чіткий та аргументований. Оформлення дисертаційної роботи відповідає вимогам ВАК України. Результати роботи повністю викладені у періодичних фахових виданнях, автореферат повністю відображає основний зміст дисертаційної роботи.

## Висновок про відповідність дисертації вимогам положення

Підводячи підсумок оцінки дисертаційної роботи Деремешко Л.А. офіційний опонент відзначає наступне:

- дисертаційна робота є завершеною працею, в якій отримано нові, науково обґрунтовані результати; у роботі повністю вирішено наукове завдання екологічної безпеки – очищення природних вод від фторидів до показників високоякісної фізіологічно повноцінної питної води баромембранними методами та переробки утворених відходів.
- актуальність теми дисертації, її практична значимість очевидні;
- достовірність та наукова новизна основних висновків та результатів сумнівів не викликають. Новизну роботи підтверджено науковими публікаціями в провідних фахових журналах України та журналах, які входять в науково-метричну базу Scopus і Web of Science. Практичне значення підтверджується 3 патентами України.
- відмічені недоліки істотно не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації.

Дисертаційна робота Деремешко Л.А. «Екологічно обґрунтоване очищення води від фторидів баромембранними методами з переробкою відходів» за своєю актуальністю, науковою новизною, практичним значенням отриманих результатів та повнотою викладення матеріалів в опублікованих працях повністю відповідає вимогам п. 11 “Порядку присудження наукових ступенів та присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника”, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567. Дисертація відповідає профілю спеціальності 21.06.01 “екологічна безпека”, а здобувач заслуговує присудження наукового ступеня кандидата хімічних наук.

Офіційний опонент, доктор хімічних наук  
(спеціальність 02.00.23 - охорона  
навколишнього середовища та раціональне  
використання природних ресурсів), професор  
кафедри аналітичної і біонеорганічної  
хімії та якості води і кафедри екології агросфери  
та екологічного контролю Національного університету  
біоресурсів і природокористування України,  
доктор хімічних наук, професор  
27 вересня 2019 р.

В.І.Максін

