

## ВІДГУК

офіційного опонента д.т.н., доц. Сакалової Г.В. на дисертаційну роботу Мілянник Оксани Вікторівни «Екологічно безпечне адсорбційне очищення промислових стоків від іонів купруму та хрому», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – Екологічна безпека.

**Актуальність теми дисертації.** Дослідження процесів очищення стічних вод від іонів важких металів є завданням важливим та актуальним, вирішення якого дозволяє мінімізувати екологічну небезпеку від забруднення водних ресурсів небезпечними забрудниками. В останній час проводиться ряд досліджень та практичних впроваджень використання як адсорбентів природних дисперсних мінералів, зокрема цеолітів. Завдяки пористій структурі та високорозвиненій поверхні такі мінеральні сорбенти, які проявляють високі адсорбційні, каталітичні та іонообмінні властивості, здатні селективно вилучати з водних розчинів різні класи речовин.

Представлені у літературних джерелах та попередніх дослідженнях дані свідчать про дослідження в основному статичних закономірностей процесу адсорбції. В дисертаційній роботі наведені актуальні дослідження статистики, кінетики та динаміки поглинання окремих компонентів та їх суміші на природному цеоліті, на прикладі сполук купруму та хрому, математичний опис цих стадій та розробленні принципів технологічні схеми очищення стічних вод.

Дисертаційна робота виконувалась у відповідності до тематики науково-дослідницької роботи кафедри "Екологія та збалансоване природокористування" Національного університету "Львівська політехніка" з проблеми "Природоохоронні технології очищення рідинних середовищ адсорбційними (селективними) методами", № державної реєстрації 0108U001387.

**Достовірність та обґрунтованість сформульованих у дисертації наукових положень, висновків та рекомендацій** забезпечується критичним аналізом існуючих технологій очищення стічних вод від іонів важких металів та їх недоліків, обґрунтуванням перспективних напрямків досліджень, застосуванням ряду сучасних взаємодоповнюючих методів досліджень і відтворюваності результатів (рентгенофазного, рентгенофлуорисцентного, гравіметричного). Про достовірність наукових досліджень свідчить і значний обсяг експериментальних даних одержаних дисертантом, використанням методів ідентифікації ізотерм та кінетичних

розрахунків і математичного моделювання для обробки результатів. Висновки дисертації є виваженими, ґрунтуються на одержаних особисто здобувачем результатах і підкреслюють наукову новизну та практичну значущість роботи.

**Наукова новизна досліджень та одержаних результатів.** Всі дослідження, здійснені Мілянник О.В. в напрямку розробки процесів очищення стічних вод від іонів купру та хрому із використанням природного сорбенту, у встановленні механізму сорбції окремих речовин у водному середовищі; в подальшому розвитку аналізу адсорбційних властивостей природних та модифікованих цеолітів стосовно важких металів – проведено вперше.

Новизна отриманих результатів не викликає сумнівів оскільки для отримання наукових результатів використовувались сучасні методи експериментальної техніки та фізико - хімічного аналізу, кінетичного і математичного моделювання з використанням актуального програмного забезпечення.

Безсумнівною заслугою автора є математичний опис кінетики сорбційного процесу з розрахунком кінетичних коефіцієнтів для зовнішньо – та внутрішньодифузійних областей.

Також представлена методика проведення очищення стічної води, забрудненої фосфатами за допомогою відпрацьованого сорбенту, що є фактично модифікований іонами важких металів.

**Практичне значення отриманих результатів.** Запропоновано метод адсорбційного очищення стічних вод від іонів купру та хрому, також представлена технологічна схема хроматографічного очищення. Запропоновано використання відпрацьованого цеоліту для очищення стічних вод від фосфорних сполук. Результати роботи передано для використання у ПрАТ «Львівський електроламповий завод «Іскра». Наукові та практичні результати дисертаційної роботи впроваджено у навчальний процес лекційних та практичних курсів з дисципліни «Інженерна екологія». Результати дослідження рекомендується використовувати під час очищення стічних вод гальванічних виробництв, у металургії кольорових металів, для очищення стічних вод від фосфатів цеолітом після сорбції ним іонів купру.

**Повнота викладу результатів роботи в наукових працях.** Основні результати теоретичних та експериментальних досліджень висвітлено в 20 наукових працях, в тому числі: 1 колективній монографії, 12 наукових статтях у фахових виданнях, з них 5 у виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз, 6 тез доповідей на науково-технічних конференціях та конгресах, 1 публікація в іншому виданні.



**Щодо завершеності дисертації в цілому**, то можна відмітити, що дисертація є завершеною науковою роботою, яка складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаної літератури, що налічує 158 найменування та 5 додатків. Повний обсяг дисертації – 167 сторінок друкованого тексту, в тому числі 32 рисунка, 7 таблиць.

У вступі обґрунтовується актуальність теми дисертаційної роботи та її зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Сформульовані мета та задачі дослідження, наукова новизна, практична цінність отриманих результатів. Визначені об'єкт та предмет дослідження, наведено методи дослідження, особистий вклад здобувача в надрукованих роботах; надається інформація щодо апробації результатів дисертації та їх опублікування.

У першому розділі дисертаційної роботи міститься докладний аналіз науково-дослідних робіт, в яких всебічно проаналізовані літературні джерела щодо інформації про забруднення стічних вод іонами важких металів, а також перспективних технологій очищення водних середовищ від цих забруднень. Проведений аналіз відомих технологій очищення водних об'єктів від іонів важких металів та доцільність застосування сорбційних методів в природоохоронних технологіях з метою підвищення рівня екологічної безпеки водних середовищ.

В другому розділі проведений аналіз об'єктів досліджень, здійснена адаптація методик до аналізів та умов досліджень. Подано характеристику природного цеоліту та забруднювачів – іонів купруму та хрому. Наведено схеми експериментальних установок.

Вважаю, що загальновідомі методики проведення експериментів, такі як визначення рН, ситовий аналіз детально описувати не варто, достатньо посилання на відповідний літературний опис. Також посилання на літературні джерела в назвах рисунків і таблиць (С.49) не є прийнятним.

В третьому розділі представлені результати експериментальних досліджень статичної активності природного цеоліту щодо іонів купруму та хрому. Встановлено механізм процесу, що полягає в іонному обміні та фізичній адсорбції. Визначено статичні активності та побудовано ізотерми адсорбції для іонів купруму та хрому, а також їх сумісної присутності. Аналізуючи результати експериментальних досліджень сумісної адсорбції іонів купруму та хрому, встановлено, що іони купруму значно краще поглинаються сорбентом порівняно з іонами хрому.

Четвертий розділ присвячений дослідженням кінетики процесу адсорбції на прикладі поглинання іонів купруму із водних середовищ клиноптилолітом. Використовуючи основне рівняння масопередачі, визначено коефіцієнти масовіддачі. Розраховано коефіцієнт внутрішньої

дифузії, його значення дорівнює  $2,194 \text{ м}^2/\text{с}$ , що корелюється з аналогічними результатами інших сорбційних процесів.

У п'ятому розділі У п'ятому розділі досліджено динаміку адсорбції окремих компонентів розчину з іонами купруму та хрому на шарі адсорбенту різної висоти та одержано вихідні криві, які характеризують процес адсорбції у шарі. Для опису динаміки адсорбції використано наближену модель Томаса. Проведено експериментальне дослідження динаміки адсорбції двокомпонентної системи на природному цеоліті і встановлено хроматографічне розділення двокомпонентної системи купрум – хром. Запропоновано принципову технологічну схему хроматографічного розділення двокомпонентної системи купрум – хром у водному розчині та показано можливості їх використання.

Робота створює добре враження послідовним розв'язанням комплексу поставлених питань. Відсутні суттєві перебільшення та недоробки.

**Зауваження до роботи.** Поряд з позитивним враженням від роботи також виникли деякі зауваження і запитання:

1. В розділі 2 не наведена оцінка метрологічних характеристик проведених досліджень та похибок експериментів.
2. Автор здійснює ідентифікацію відомим теоретичним моделям лише для ізотерми сорбції  $\text{Cu}^{2+}$  на природному цеоліті (рис. 3.4). Не зрозуміло, чому не було здійснено ідентифікації для представленої іншої залежності (рис.3.5)? Також не обґрунтовано вибір саме ізотерми Ленгмюра.
3. Погоджуюсь, що крива ізотерми сорбції  $\text{Cr}^{6+}$  в аніонній формі можна віднести до ізотерм S-типу (рис.3.5). Тоді доцільно було навести значення критичної концентрації міцелоутворення (ККМ), та на підставі цього значення пояснити зниження – зростання адсорбції.
4. При дослідженні одночасної сорбції іонів  $\text{Cu}^{2+}$  і  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  не враховано можливу хімічну взаємодію цих двох іонів та взаємодію іону  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  з водою і можливе утворення гідрохроматів та їх подальшу дисоціацію.
5. Характер ізотерми адсорбції купруму у присутності хрому (рис.3.6) логічно було б описати ізотермою для дво- і багатокомпонентних систем, наприклад, ізотермою Ленгмюра для декількох конкуруючих між собою складових частин.
6. Для характеристики зовнішньодифузійної області в роботі розраховано коефіцієнт масовіддачі (четвертий розділ), однак не зовсім зрозуміло, як визначено значення зовнішньої поверхні адсорбенту (F): за питомою поверхнею адсорбенту на основі ізотерми Ленгмюра, чи на підставі гравіметричного аналізу?



7. Варто було б обґрунтувати обрані концентрації іонів важких металів для модифікування цеоліту. Так, автором обрано концентрацію  $\text{CuSO}_4$  в перерахунку на  $\text{Cu}^{2+}$  та концентрацію  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$  в перерахунку на  $\text{Cr}^{3+}$  1г/л, в той час, згідно літературних джерел концентрації іонів купруму в стічних водах реального гальванічного виробництва становлять 0,5-1,25 г/л, а іонів хрому відповідно 1-2,5г/л.
8. Крім зазначених зауважень, в дисертації зустрічаються стилістичні граматичні помилки, невірні висловлювання. Також в роботі мають місце незначні неточності та механічні помилки друку, які найбільше трапляються в оформленні літературних джерел. Іноді відсутня нумерація формул та хімічних перетворень (розділ 2).

### Висновок

Наведені вище зауваження не впливають на обґрунтованість наукових положень та висновків дисертації і не знижують наукової новизни одержаних результатів. Дисертація Міляник Оксани Вікторівни «Екологічно безпечне адсорбційне очищення промислових стоків від іонів купруму та хрому» є завершеною науковою роботою, основні положення якої не викликають заперечень. Вона відповідає формулі, паспорту спеціальності 21.06.01 - Екологічна безпека. Робота демонструє комплексний науково-методологічний підхід до досліджень, здатність автора аналізувати та узагальнювати. Основні положення дисертації вдало відображені в авторефераті.

На основі вищесказаного можна зробити висновок, що Міляник О.В. заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – Екологічна безпека.

Офіційний опонент:

доцент кафедри хімії та методики  
навчання хімії Вінницького  
державного педагогічного університету  
імені Михайла Коцюбинського  
д.т.н., доцент



Г.В. Сакалова

Підпис Г.В. Сакалової

Засвідчую

