

## Відгук

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Машталер Анастасії Сергіївни «Засади технології сорбентів на основі природного клиноптилоліту, модифікованого сріблом», поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія», галузь знань 16 «Хімічна та біоінженерія»

Завдячуючи унікальним сорбційним та каталітичним властивостям, природні цеоліти знаходять широке застосування в різноманітних сферах діяльності людини. Характеристикою цих природних наноматеріалів є механічна міцність, стійкість до агресивних середовищ, здатність сорбувати слідові кількості речовин, висока сорбційна ємність і селективність, можливість модифікації і регенерації, термічна стійкість, дешевизна, доступність, антибактеріальна активність. Клиноптилоліт найпоширеніший природний цеоліт і єдиний дозволений для застосування в харчовій і медичній практиці.

Відомо, що композиції «клиноптилоліт–Ag» проявляють значну антимікробну активність. Привабливими з технологічної та екологічної точок зору є експресні фізичні методи активування природних сорбентів. Тому вивчення модифікування клиноптилоліту сріблом під дією електромагнітних та акустичних випромінювань є актуальним.

Про актуальність теми дисертаційної роботи свідчить також її відповідність до науково-тематичних планів, госпдоговірної теми «Одержання модифікованих сорбентів на основі природного клиноптилоліту з додатковими функційними властивостями» та держбюджетної теми «Модифікування природного клиноптилоліту сріблом під дією електромагнітних акустичних випромінювань» кафедри хімії і технології неорганічних речовин Національного університету «Львівська політехніка».

## **Ступінь обґрунтованості наукових досліджень, висновків і рекомендацій, їх достовірність.**

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі, забезпечується застосуванням комплексу сучасних експериментальних методів дослідження, відтворюваністю отриманих дослідних результатів, які узгоджуються між собою та з наявними літературними даними.

### **Новизна одержаних результатів.**

Наукова новизна дисертації полягає у тому, що в ній вперше встановлені кінетичні параметри дегідратації закарпатського клиноптилоліту під дією температури та надвисокочастотного електромагнітного випромінювання. У дисертаційній роботі встановлені кінетичні параметри сорбції іонів срібла за різної температури модифікування і показано, що із збільшенням температури модифікування процес сорбції зміщується з кінетичної у дифузійну область. Вперше встановлено, що ефективність сорбції іонів срібла під дією ультразвукового випромінювання забезпечується дегазацією клиноптилоліту. Встановлено, що під час модифікування клиноптилоліту в ряді випадків спостерігається надеквівалентна сорбція, зумовлена як іонним обміном, так і адсорбцією срібла.

### **Практична цінність.**

Розроблені технологічні основи одержання сорбенту на основі природного клиноптилоліту шляхом модифікування сріблом. Встановлені енергетичні витрати на дегідратацію клиноптилоліту під дією НВЧ-випромінювання, які значно менші, ніж за термічної дегідратації. Зразки клиноптилоліту, модифікованого сріблом згідно запропонованих технологій володіють бактерицидною дією, що значно розширює сферу їх використання. Практична цінність отриманих результатів підтверджена протоколом результатів експлуатації установки очищення підземної води на підприємстві ТОВ «Агрокомпанія «Рата»». В установці очищення води як фільтрувальне завантаження використано клиноптилоліт, модифікований сріблом згідно розробленої технології в рамках дисертаційного дослідження. Проведені

санітарно-бактеріологічні дослідження очищеної води показали відсутність патогенної мікрофлори.

### **Повнота викладу основних результатів дисертації в опублікованих працях.**

За темою дисертації опубліковано 17 праць: 7 статей у наукових фахових журналах, дві з яких індексуються у наукових базах Scopus та Web of Science, та 10 тез доповідей у збірниках матеріалів наукових конференцій.

Обсяг і зміст публікацій Машталер А.С. свідчать, що вони з достатньою повнотою розкривають результати дисертації.

### **Дискусійні положення та зауваження до дисертації**

1. С. 21. Зазначено, що основні положення дисертаційних досліджень опубліковано у 16 наукових працях. У списку опублікованих праць за темою дисертації (С. 8–11) є 17 наукових праць.

2. С. 29–30. Стверджується, що наявність у структурі клиноптилоліту поверхневих гідроксильних груп зменшує сорбційну здатність клиноптилоліту. Це не відповідає дійсності. Оскільки поверхневі ОН-групи, в основному, відповідають за сорбцію важких металів і ряду органічних речовин.

3. В літературному огляді дуже скупі описані сорбційні властивості сокирницького клиноптилоліту стосовно  $\text{Ag(I)}$ , а також антимікробні особливості срібловмісних композицій на основі цього цеоліту. Це, до певної міри, обмежило підходи дисертантки під час встановлення оптимальних умов одержання зразків клиноптилоліту, модифікованого сріблом. В літературному посиланні за № 169 допущена помилка стосовно року видання. Замість 2007 повинно бути 2017.

4. Відомо, що сорбційна ємність природних цеолітів, зокрема закарпатського клиноптилоліту, суттєво залежить від рН розчину солей важких металів. Нажаль, в дисертації відсутні дані з оптимізації кислотності розчину  $\text{AgNO}_3$  під час сорбції  $\text{Ag(I)}$ .

5. С. 108. Стверджується, що іони Феруму участі в іонному обміні не приймають. Це не зовсім так, оскільки відомо, що під час сорбції іонів важких

металів, зокрема  $Cd^{2+}$  [38], на закарпатському клиноптилоліті іони Феруму все ж таки беруть участь в іонному обміні.

6. С. 101. В реченні, де стверджується про сорбцію аргентум нітрату, коректніше було б написати про адсорбцію  $Ag(I)$  з нітратних розчинів. Справа в тому, що термін «сорбція» включає також і процеси іонного обміну, а нітрати, як аніони, на природних цеолітах практично не сорбуються. Можливо має місце явище адсорбції  $Ag(I)$  у вигляді  $[Ag(OH)(H_2O)]^0$ .

#### Загальний висновок та оцінка дисертації

Дисертаційна робота Машталер А.С. є самостійним завершеним науковим дослідженням, в якому отримані нові достовірні результати, які в сукупності дали змогу вирішити важливе й актуальне наукове завдання – розробити засади ресурсоощадної технології сорбентів на основі природного клиноптилоліту, модифікованого сріблом, зокрема під дією електромагнітних та акустичних випромінювань.

Дисертаційна робота Машталер Анастасії Сергіївни на тему «Засади технології сорбентів на основі природного клиноптилоліту, модифікованого сріблом» відповідає галузі знань 16 «Хімічна та біоінженерія» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» та вимогам Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, який затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 06 березня 2019 р. №167. Машталер Анастасія Сергіївна заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія».

Професор кафедри харчових технологій Львівського торговельно-економічного університету, кандидат хімічних наук, доцент

В.О. Василечко

Підпис проф. Василечка В.О. засвідчую:

Вчений секретар  
Львівського торговельно-економічного університету



Л.Г. Медвідь