

ВІДГУК

офіційного опонента на кандидатську дисертацію **Мільовича Степана Степановича «Клиноптилоліт Сокирницького родовища: модифікація, властивості, оптимізація параметрів, практичне використання»** представлену на здобуття наукового ступеня кандидата хімічних наук за спеціальністю 02.00.01 – неорганічна хімія.

Дисертаційна робота Мільович С.С. присвячена дослідженню цеоліту Сокирницького родовища, що містить велику кількість клиноптилоліту. Висока механічна міцність клиноптилоліту, стійкість до дії високих температур, агресивних середовищ і іонізуючого випромінювання, селективність до катіонів лужних, лужноземельних, рідкісноземельних, розсіяних і деяких важких металів, поглинальна здатність – усе це обумовлює широке використання мінералу. Завдяки строго визначеним розмірам каналів і внутрішніх порожнин цеоліти є добрими сорбентами для багатьох неорганічних та органічних речовин. В ці порожнини клиноптилоліт може сорбувати з газових і рідких систем пари азоту, хлору, CO_2 , SO_2 , H_2S , NH_3 . Відомо про здатність клиноптилоліту сорбувати радіоактивні іони цезію з розчинів, видаляти іони NH_4^+ з стічних вод і водойм, сорбувати іони Cu , Pb , Zn , Cd , Ba , Co , Ag і інших металів з промислових стічних вод, очищувати природні гази. Крім того, цеоліти використовуються при виготовленні гуми, картону, паперу, пластмас, будівельних матеріалів, миючих засобів, у побуті для покращення гігієнічних умов та в багатьох інших напрямках, причому сфера їх використання постійно розширюється. Крім того, цеоліти Сокирницького родовища рекомендується використовувати як акумулятори і регулятори поживних елементів для ґрунтів, особливо таких елементів, які швидко вимиваються або перетворюються в недоступні для освоєння рослинами форми (фосфор, залізо, цинк, марганець і інші). За рахунок своєї незворотної сорбції іонів, використаний клиноптилоліт може використовуватися у промисловому будівництві та при прокладанні доріг. Недавні дослідження показали, що цеоліти підвищують ємність поглинання ґрунтів, підвищують їх вологоутримуючу властивість, властивість утримувати та поступово віддавати рослинам поживні речовини, частково нейтралізують ґрунтову кислотність.

Все вищесказане і обумовлює високу наукову та прикладну актуальність цієї роботи. Тому виконання поставлених завдань є комплексним, важливим і своєчасним, а мета і поставлені завдання – актуальними.

Робота виконана на кафедрі фізичної та колоїдної хімії Державного вищого навчального закладу «Ужгородський національний університет» в рамках загальної наукової тематики кафедри та п'яти держбюджетних тем.

Загальний обсяг дисертаційної роботи викладений на 232 сторінках, з яких основний текст складає 154 сторінки, містить 52 таблиці і 89 рисунків. Структура дисертації відповідає вимогам МОН України до кандидатських дисертацій. Вона складається з анотації українською та англійською мовами, змісту, переліку умовних скорочень, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, що містить 245 найменувань, та додатку зі списком публікацій здобувача, результатами розрахунків параметрів кристалічної ґратки природного клиноптилоліту та його модифікованих форм і довідка про впровадження результатів дисертаційної роботи у навчальний процесі ДВНЗ «Ужгородський національний університет».

У *вступі* автор розкриває актуальність роботи, зв'язок її з науковими програмами, визначає мету і завдання роботи, наукову новизну і практичне значення отриманих результатів. Представлено особистий внесок здобувача та відомості про апробацію результатів, структуру і обсяг роботи. Тут же визначені об'єкти, предмет та методи дослідження.

В *першому розділі* під загальною назвою «Літературний огляд» на 25 сторінках викладено літературні дані про деякі властивості та використання клиноптилоліту. Тут також розглядається сорбція важких металів клиноптилолітом та його модифікованими формами.

У *другому розділі* приведені методики експериментальної роботи. Описана та використана автором методика дослідження адсорбції іонів важких металів. В роботі було використано ІЧ-спектроскопія, спектроскопія комбінаційного розсіювання, рентгенівська фотоелектронна спектроскопія, скануюча електронна мікроскопія, атомно-абсорбційна спектроскопія. Автором використано аналітичні

методи визначення концентрації металів у розчинах, комплексометричні методи визначення іонів металів, рентгенівські методи дослідження, методи термічного аналізу, методика дослідження теплових ефектів, потенціометричне визначення вмісту металів та рН. Проведено рентгенофлуоресцентний аналіз та квантово-хімічні розрахунки.

У *третьому розділі* представлено результати приготування зразків клиноптилоліту та його модифікованих форм і вивчена їхня морфологія і хімічний склад. Застосовували також рентгенівські дослідження, ІЧ- та Раманівську спектроскопію. Провели ряд термічних досліджень.

У *четвертому розділі* приведено результати вивчення процесів при сорбції іонів Cu^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} з водних розчинів на природному клиноптилоліті Сокирницького родовища і його модифікованих формах. Досліджували залежність сорбційної здатності різних форм клиноптилоліту від ступеня його деалюмінівання. Проводили також термодинамічні розрахунки можливості самовільного перебігу реакції іонообмінних процесів за участі Pb^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} . В результаті дослідження були сформульовані переваги та рекомендації використання клиноптилоліту при очистці вод.

У *п'ятому розділі* приведено результати дослідження процесів, що відбуваються при внесенні клиноптилоліту у ґрунт. Було показано що в основному додавання клиноптилоліту призводить до пониження валового вмісту тяжких металів у ґрунті а реакція іонного обміну між іонами важких металів та обмінними іонами клиноптилоліту протікає самовільно.

Зроблені в роботі *висновки* стосуються усіх етапів роботи, є лаконічними і відображають суть одержаних результатів.

Основні результати роботи опубліковані у 33 наукових публікаціях, одна стаття індексується міжнародною науково-метричною базою Scopus. Вони пройшли достатню апробацію на наукових конференціях, що відображено в 17 тезах доповідей, в тому числі 14 – міжнародних.

Зміст автореферату в повній мірі відображає основні положення дисертаційної роботи. Стиль написання відповідає вимогам наукового викладу,

робота є фахово оформлена. Автореферат та публікації в достатній мірі відображають результати та основні положення дисертаційної роботи, оформлення дисертації відповідає затвердженім ДАК України вимогам.

Проте до роботи є кілька побажань і зауважень:

- 1) На мою думку, зручніше було б подати висновки до кожного розділу.
- 2) Підрозділи 5.1.1. Методика відбору проб ґрунту та 5.1.2. Методика мінералізації варто було б помістити до розділу 2 Методика експерименту.
- 3) Після обробки клиноптилоліту хлоридною кислотою, спостерігається зростання співвідношення Si/Al майже у 2 рази. Це варто було б підтвердити рентгенівським методом через уточнення КЗП атомами. Це дало б можливість вияснити з яких саме положень проходить вимивання атомів Al.
- 4) Дисертант у своїх роботах вивчав адсорбцію хоча використовував атомно-абсорбційну спектроскопію. У випадку клиноптилоліту напевно, все таки потрібно говорити про абсорбцію. Тим більше що в розділі 1.2.4. Зв'язок та локалізація металів у клиноптилоліті мова йде про сорбцію в каналах.
- 5) Ґрунт для дослідження готували за спеціальною методикою описаною в розділі 5.1.1. В основному це подрібнення та гомогенізація. Варто було б провести дослідження на спеціально підготовленому і на ґрунті без підготовки щоб побачити і порівняти реальну картину із ідеалізованою.

Загалом, зауваження та побажання не применшують позитивного враження від дисертаційної роботи та носять дискусійний або рекомендаційний характер. Представлена на відгук дисертація є завершеним науковим дослідженням, направленим на вирішення важливої проблеми в неорганічній хімії. Дисертація написана доступно та є добре візуалізована.

Дисертаційна робота Мільович С.С. відповідає спеціальності 02.00.01 – неорганічна хімія. У публікаціях та в авторефераті здобувача в достатній мірі відображені основні положення дисертації.

Таким чином, дисертація **Мільовича Степана Степановича «Клиноптилоліт Сокирницького родовища: модифікація, властивості, оптимізація параметрів, практичне використання»** за актуальністю, науковою

новизною, теоретичним і практичним значенням, обґрунтованістю й достовірністю висновків, а також оформленням дисертація відповідає вимогам пунктів «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 року зі змінами, внесеними постановами Кабінету Міністрів України № 656 від 19 серпня 2015 р., № 1159 від 30 грудня 2015 р. та № 567 від 27 липня 2016 р. щодо кандидатських дисертацій, а її автор Мільович С.С. заслуговує присудження наукового ступеня кандидата хімічних наук за спеціальністю 02.00.01 – неорганічна хімія.

02.08.2020 року

Офіційний опонент:

Доктор хімічних наук, професор кафедри
біологічної та загальної хімії Львівського
національного університету ветеринарної
медицини та біотехнології ім. С.З. Гжицького



Федорчук А.О.

Підпис професора Федорчука А.О. засвідчую:

Вчений секретар ЛНУВМ та
БТ ім. С.З. Гжицького



Конопленко Н.А.