

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

БЕНЬКОВСЬКОЇ Тетяни Сергіївни

*Кислотно-основна взаємодія при хемосорбції діоксиду сірки цитратними
буферними системами*

подану на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 102 Хімія

Дисертаційну роботу здобувачки присвячено актуальній науковій проблематиці, пов'язаній із дослідженням особливостей взаємодії діоксиду сірки з компонентами цитратних буферних систем та встановленням закономірностей процесів, що відбуваються під час його поглинання. Проведене дослідження поєднує фундаментальні підходи до вивчення складу, властивостей і перетворень досліджуваних систем із практичними аспектами створення нових матеріалів для сорбційного вилучення газоподібних речовин і підвищення ефективності хемосорбційних технологій. Питання вилучення та зв'язування діоксиду сірки залишається важливим у зв'язку з його негативним впливом на стан довкілля та безпеку життєдіяльності людини. Застосування буферних композицій на основі цитратів та амонійвмісних сполук створює передумови для розробки функціональних матеріалів із заданими властивостями та високими показниками поглинальної здатності. У зв'язку з цим представлена дисертаційна робота має безсумнівне наукове значення та практичну спрямованість.

Актуальність теми дисертаційного дослідження визначається необхідністю поглиблення сучасних уявлень про закономірності взаємодії діоксиду сірки з компонентами буферних систем та пошуку ефективних підходів до його зв'язування і вилучення. Присутність діоксиду сірки в навколишньому середовищі створює ризики для екологічної безпеки та здоров'я людини, що обумовлює потребу в удосконаленні методів його уловлювання та нейтралізації. У зв'язку з цим важливого значення набувають дослідження цитратних буферних систем як перспективних середовищ для процесів хемосорбції та створення функціональних сорбційних матеріалів. Встановлення особливостей кислотно-основних та іонно-молекулярних

взаємодій має як наукове, так і практичне значення, що визначає актуальність і доцільність представленого дисертаційного дослідження.

Дисертаційну роботу виконано відповідно до напрямів науково-дослідної діяльності Фізико-хімічного інституту захисту навколишнього середовища і людини МОН України та НАН України (ФХІЗНСІЛ; нині – Фізико-хімічний інститут захисту здоров'я людини і довкілля Одеського національного університету імені І.І. Мечникова (ФХІЗЗЛІД ОНУ імені І.І. Мечникова)) у межах виконання держбюджетних науково-дослідних тем: ДР 0119U002103 «Теоретичні засади створення вискоєфективних сорбційно-фільтруючих матеріалів і респіраторів на їх основі» (2020–2021 рр.), ДР 0122U000864 «Наукові засади проєктування і освоєння дослідного виробництва легких респіраторів подвійного призначення» (2022–2023 рр.), ДР 0124U000930 «Наукові засади створення гібридних волокнистих фільтрувальних матеріалів для засобів індивідуального та колективного захисту» (2024–2026 рр.), ДР 0125U001717 «Наукові засади створення біоцидних хемосорбційно-фільтрувальних матеріалів з активною індикацією та каталізаторів для засобів індивідуального захисту» (2025–2027 рр.).

Отже, тематика представленої дисертаційної роботи Беньковської Т.С., пов'язаної з дослідженням процесів взаємодії діоксиду сірки з цитратними буферними системами та можливостей їх використання при створенні функціональних хемосорбційних матеріалів, є науково обґрунтованою, сучасною та безумовно актуальною.

Структура та зміст дисертації. Дисертаційна робота Беньковської Т.С. є завершеним самостійним науковим дослідженням, яке характеризується чіткою структурною побудовою, логічною послідовністю викладення матеріалу та узгодженістю між поставленими завданнями, використаними методами дослідження та отриманими результатами. Дисертація складається з анотації, вступу, п'яти розділів основної частини, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 205 сторінок. Матеріали дисертації

проілюстровано 27 рисунками та доповнено 48 таблицями, що сприяє кращому сприйняттю та аналізу отриманих результатів.

У **вступі** здобувачкою обґрунтовано актуальність обраної тематики, визначено мету та основні завдання роботи, сформульовано об'єкт і предмет дослідження, наведено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, а також представлено інформацію щодо зв'язку дисертаційної роботи з державними науковими програмами та напрямками наукових досліджень установи, на базі якої виконувалась робота.

Перший розділ має оглядовий характер і присвячений аналізу сучасного стану наукових досліджень за тематикою роботи. Проведено узагальнення літературних даних щодо особливостей взаємодії діоксиду сірки з амонієвими карбоксилатами, наведено характеристику сучасних підходів до створення хемосорбційних матеріалів та проаналізовано закономірності поглинання діоксиду сірки імпрегнованими волокнистими хемосорбентами. На підставі проведеного аналізу обґрунтовано необхідність подальших досліджень у визначеному напрямку.

У **другому розділі** наведено характеристику використаних реагентів і матеріалів, детально описано експериментальні методики, умови проведення досліджень та комплекс фізико-хімічних методів аналізу, використаних для вирішення поставлених завдань. Описані методичні підходи забезпечують достатній рівень достовірності отриманих результатів та їх наукової обґрунтованості.

Третій розділ присвячено дослідженню складу та відносної стійкості продуктів взаємодії діоксиду сірки з компонентами цитратних буферних систем. Авторкою вивчено особливості кислотно-основної та електрохімічної поведінки досліджуваних систем, встановлено закономірності іонно-молекулярних взаємодій та визначено фактори, які впливають на формування продуктів хемосорбції.

У **четвертому розділі** наведено результати дослідження продуктів взаємодії діоксиду сірки з моноетаноламонійними цитратами та розглянуто питання складу, відносної стабільності й особливостей утворення нових сполук у досліджуваних

системах. Окрему увагу приділено встановленню закономірностей кислотно-основних перетворень та аналізу механізмів хемосорбційних процесів.

П'ятий розділ має прикладне спрямування та присвячений практичному використанню отриманих результатів. У ньому розглянуто питання створення імпрегнованих волокнистих хемосорбентів для уловлювання діоксиду сірки та аміаку, оцінено їх властивості, ефективність і перспективи використання, а також досліджено антимікробну активність окремих досліджуваних систем.

Відомості про дотримання академічної доброчесності. В дисертаційній роботі та наукових публікаціях здобувача відсутні ознаки порушення академічної доброчесності.

Ступінь обґрунтованості результатів та достовірність наукових положень. Достовірність та обґрунтованість результатів дисертаційної роботи не викликають сумнівів, оскільки вони базуються на значному обсязі експериментальних досліджень, виконаних із використанням сучасних та загальновизнаних методів аналізу. Для вирішення поставлених завдань застосовано комплекс фізико-хімічних методів дослідження, зокрема елементний і газовий аналіз, денситометрію, волюметрію, гравіметрію, рН-метрію, редоксметрію, кондуктометрію, колориметрію, ІЧ-, ^1H та ^{13}C ЯМР-спектроскопію і мас-спектрометрію, що забезпечило належний рівень достовірності отриманих результатів.

Основні положення дисертаційної роботи апробовані на наукових конференціях різного рівня та відображені у фахових наукових виданнях. Висновки до розділів та загальні висновки роботи є логічно побудованими, узгоджуються з отриманими результатами досліджень і належним чином обґрунтовані експериментальними даними та сучасними науковими уявленнями.

Наукова новизна представленої роботи здобувачки полягає у встановленні нових закономірностей кислотно-основної взаємодії діоксиду сірки з компонентами цитратних буферних систем та поглибленні сучасних уявлень про фізико-хімічні процеси, що супроводжують хемосорбцію діоксиду сірки в таких середовищах. У

роботі вперше синтезовано нові Н-зв'язані комплекси між подвійними сольовими іонними рідинами та молекулярними компонентами системи, встановлено особливості їх утворення, складу та міжмолекулярних взаємодій.

Із використанням комплексу сучасних фізико-хімічних методів дослідження вперше визначено склад амонієвих сполук, що утворюються у цитратних буферних системах різного складу, встановлено закономірності формування іон-молекулярних комплексів та іонних асоціатів, а також оцінено вплив природи компонентів на структурні характеристики досліджуваних середовищ. Показано роль водневого зв'язування у формуванні структурної організації буферних систем та встановлено особливості впливу компонентного складу на їх фізико-хімічні властивості.

Уперше встановлено склад продуктів взаємодії діоксиду сірки з цитратними буферними системами на основі амінів, вивчено особливості їх перетворень та розроблено моделі іонно-молекулярних рівноваг у досліджуваних системах. Встановлено вплив послідовності введення компонентів на кислотно-основні характеристики буферних розчинів та хемосорбційні властивості створених на їх основі функціональних матеріалів.

Важливим результатом проведених досліджень є встановлення антимікробної та протигрибкової активності лимонної кислоти та її моноетаноламонійних похідних щодо широкого спектра мікроорганізмів, що розширює перспективи практичного використання досліджуваних систем і створює передумови для розробки нових функціональних матеріалів багатофункціонального призначення.

Практичне значення одержаних результатів. Практична значущість дисертаційної роботи не викликає сумнівів, оскільки отримані результати створюють наукове підґрунтя для розробки сучасних хемосорбційних матеріалів та засобів індивідуального захисту органів дихання. Запропоновано склади буферних систем на основі цитрату та дигідроцитрату моноетаноламонію для одержання імпрегнованих волокнистих хемосорбентів, здатних ефективно поглинати діоксид сірки та аміак, у тому числі за умов відсутності вільної вологи.

Кінцевим результатом роботи стало створення імпортозамінюючих хемосорбційних матеріалів IFCS-A та IFCS-AI, впроваджених у виробничий процес виготовлення протигазових елементів респіраторного призначення. Практичну цінність отриманих результатів підтверджено розробленням технологічних регламентів, технічних умов, патентним захистом технічних рішень та впровадженням окремих результатів дослідження в освітній процес.

Отримані результати можуть бути використані при створенні нових хемосорбційних матеріалів та розробленні підходів до очищення повітря від газоподібних забруднювачів кислотного та основного характеру.

За матеріалами дисертації опубліковано 10 статей у фахових виданнях (2 в журналах, що індексуються в наукометричних базах даних Scopus та/або Web of Science) та 9 тез доповідей, отримано 5 патентів України на корисні моделі.

По роботі є такі **зауваження, запитання та побажання**:

1. Дисертаційна робота присвячена взаємодії діоксиду сірки з компонентами цитратно-моноетаноламонійних буферних розчинів. Важливою характеристикою цих розчинів є буферна ємність. Проте, в роботі не проведена кількісна оцінка її та не висвітлено взаємозв'язок її із хемосорбційною здатністю цих розчинів щодо SO_2 .
2. У методиках синтезу продуктів взаємодії діоксиду сірки із моноетаноламонійними цитратами не вказано співвідношення SO_2 до останніх у реакційній суміші, а величина $\text{pH} > 1,0$ дуже некоректна.
3. При моделюванні у буферних розчинах $(\text{MEAN})_3\text{Cit} - \text{SO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ (розділ 3.3) необхідно було врахувати рівновагу $\text{SO}_2^{\text{г}} \rightleftharpoons \text{SO}_2^{\text{р}}$ (рівняння 3.49).
4. Мало сенс скористатися фоновими електролітами при моделюванні рівноваг у досліджуваних буферних розчинах.

Однак, вищевказані зауваження та побажання не є принциповими, не носять систематичний характер і не впливають на основні наукові положення та загальне

позитивне враження від роботи, не стосуються і не зменшують наукову та практичну цінність дисертаційної роботи.

Загальний висновок по дисертаційній роботі. Дисертаційна робота Беньковської Тетяни Сергіївни за актуальністю обраної теми, об'ємом експериментального матеріалу, науковою новизною, практичною значимістю, обґрунтованістю висновків та рекомендацій відповідає вимогам нормативних актів щодо дисертацій, зокрема, 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 12.01.2022 року № 44 зі змінами внесеними згідно з Постановою Кабінету Міністрів України від 21.03.2022 року № 341, Постановою Кабінету Міністрів України від 19.05.2023 року № 502 та Постановою Кабінету Міністрів України від 03.05.2024 року № 507, а її авторка, Беньковська Тетяна Сергіївна, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – Природничі науки за спеціальністю 102 – Хімія.

Рецензент:

професор кафедри неорганічної хімії та
хімічної освіти Одеського національного
університету імені І. І. Мечникова,
професор, д-р хім. наук

Тетяна КІОСЕ

