

АДСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ФЕНТОНОПОДІБНОГО КАТАЛІЗАТОРА ТИПУ «ЯДРО-ОБОЛОНКА» $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{CoMnO}_2$

Макидо О.Ю., Хованець Г.І., Медведєвських Ю.Г.

Відділення фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної хімії і
вуглехімії ім. Л.М. Литвиненка НАН України, Львів, Україна
khovanets_galyana@ukr.net

Проблема забруднення стічних вод органічними барвниками та пігментами через їхню токсичність, складність знебарвлення та розкладу в зв'язку із розвитком промисловості стає все більш гострою. Серед перспективних напрямків вирішення цієї проблеми є використання методу Фентона, що відноситься до передових процесів окиснення. Суть цього методу полягає у рідкофазному окисненні високореакційноздатними радикалами органічних сполук до повної їх мінералізації.

Нами був розроблений фентоноподібний наноструктурований магніточутливий каталізатор на основі складного оксиду CoMnO_2 , що складається з магнітного ядра – CoFe_2O_4 структури шпінелі, вкритого оболонкою аморфного SiO_2 , на якому розташовані каталітичні центри оксидів кобальту і мангану моноклінної будови.

В технології синтезу наноструктурованого каталізатора типу «ядро-оболонка» шар SiO_2 відіграє роль захисного покриття для стабілізації магнітного ядра, а також слугує основою для осадження каталітичних центрів. При цьому наявність шару високопористого SiO_2 приводить до покращення адсорбційних властивостей каталізатора. Можна очікувати, що в результаті адсорбції відбуватиметься зростання концентрації реагентів навколо каталітичних центрів і, відповідно, має зростати ефективність процесу Фентона. У зв'язку з цим було проведено дослідження адсорбційної здатності синтезованого каталізатора $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{CoMnO}_2$ на прикладі адсорбції барвника метиленового синього (МС) з водного розчину та дослідження кінетичних параметрів процесу.

Кінетику та рівноважний стан адсорбції метиленового синього даним композитом досліджували фотоколориметричним методом на спектрофотометрі Spekol 11. Дослідження проводили за допомогою модельного розчину МС з визначеною початковою концентрацією ($2 \cdot 10^{-5}$ – $5 \cdot 10^{-5}$ моль/л) об'ємом 5 мл, до якого додавали 10 мг каталізатора в якості сорбенту. Процес протікав при постійному перемішуванні за кімнатних температур. Відбір проб проводили за допомогою магнітної сепарації через визначені проміжки часу до встановлення рівноваги.

Визначено, що одержані кінетичні криві адсорбції є ізотермами Ленгмюра, що дозволило розрахувати основні параметри процесу адсорбції МС на поверхні каталізатора (Рис. 1, Табл. 1). Оптимальний час контакту для насичення адсорбційних центрів молекулами барвника – 50-60 хв. Для опису процесу адсорбції барвника з

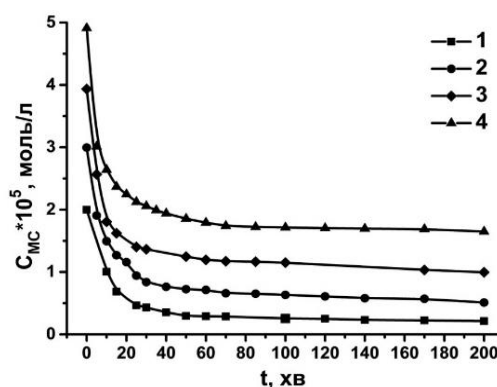


Рис. 1. Кінетичні криві адсорбції МС на поверхні каталізатора за різних концентрацій $C_{\text{МС}}$, моль/л: 1 – $2 \cdot 10^{-5}$; 2 – $3 \cdot 10^{-5}$; 3 – $4 \cdot 10^{-5}$; 4 – $5 \cdot 10^{-5}$.

розчину запропоновано модель псевдопершого порядку, в якій процес адсорбції представлено як псевдохімічну рівноважну реакцію витиснення молекулами адсорбату молекул розчинника з адсорбційних центрів на поверхні адсорбенту [1].

Таблиця 1. Основні та кінетичні параметри адсорбції МС на поверхні каталізатора $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{CoMnO}_2$

№ П/П	$C_0 \times 10^5$, моль/л	$C_{\text{рівн}} \times 10^5$, моль/л	$A_{\text{эф}}$, %	$\Gamma_{\text{рівн}}$, мг/г	$k \times 10^{-3}$, хв ⁻¹	$\ln \frac{a + C_0}{C_0}$	$a \times 10^5$, моль/л	$A \times 10^{-4}$, л/моль	R^2
1	2	0,21	89,30	2,85	1,09	1,12	3,80	1,7	0,9779
2	3	0,57	82,95	3,98	1,08	0,59	2,50	1,8	0,9819
3	4	1,03	74,70	4,70	1,05	0,36	1,55	1,8	0,9584
4	5	1,65	66,44	5,22	1,03	0,13	0,60	1,8	0,9264

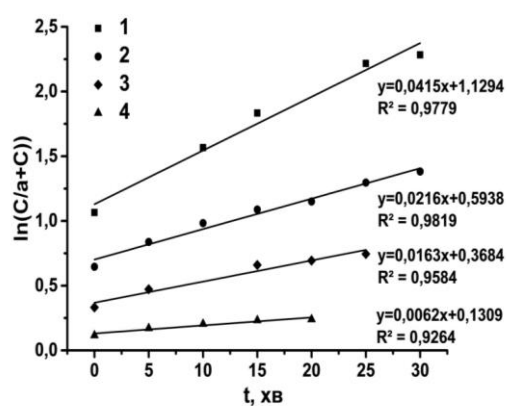


Рис. 2. Ізотерми адсорбції МС на поверхні каталізатора за різних концентрацій $C_{\text{МС}}$, моль/л: 1 – $2 \cdot 10^{-5}$; 2 – $3 \cdot 10^{-5}$; 3 – $4 \cdot 10^{-5}$; 4 – $5 \cdot 10^{-5}$.

визначеного інтервалу концентрацій добре описується запропонованим рівнянням ($R^2 = 0,9956$) (Рис. 3). За одержаними даними була розрахована питома поверхня каталізатора, яка складає $14,4 \text{ м}^2/\text{г}$.

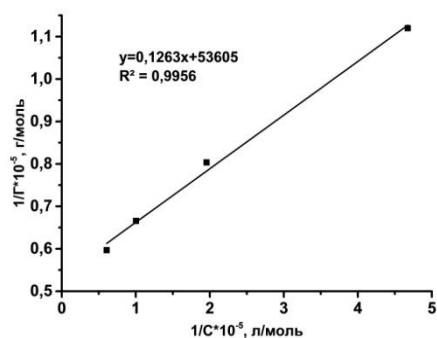


Рис. 3. Лінеаризована ізотерма адсорбції Ленгмюра для МС на поверхні $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{CoMnO}_2$

Одержані прямі для кожної вихідної концентрації барвника мають високі коефіцієнти кореляції (R^2) (Табл. 1, Рис. 2), що свідчить про хорошу відповідність запропонованого рівняння для опису ізотерми адсорбції МС на поверхні каталізатора $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{CoMnO}_2$.

Дані рівноваги були проаналізовані за допомогою моделі Ленгмюра, яка передбачає адсорбцію моношару на поверхні, що містить кінцеву кількість адсорбційних центрів з однорідними енергіями без руху адсорбату в площині поверхні. Отримані результати показали, що ізотерма адсорбції метиленового синього на поверхні каталізатора в межах

проведено дослідження впливу адсорбційних властивостей каталізатора на ефективність процесу Фентона. Для цього окисник H_2O_2 додавали у реакційне середовище через 15 хвилин після введення каталізатора у розчин МС. Також процес проводили при одночасному завантаженні каталізатора та окисника у розчин. Результати показали, що попередня адсорбція МС на пористу поверхню каталізатора позитивно впливає на ефективність та повноту процесу окиснювальної деструкції МС. Так, 15-ти хвилинна адсорбція збільшує повноту деструкції барвника на 10%.

Література

1. Макідо, О. Ю., Медведєвських, Ю. Г., Хованець, Г. І. Дослідження адсорбції метиленового синього на поверхні каталізатора типу «ядро-оболонка» для системи Фентона // Питання хімії і хімічної технології, 2020, 6 (133), с. 91-98.