

## ФОТОКАТАЛІТИЧНА ОЧИСТКА ВОДИ ВІД ФЕНОЛІВ

Національний авіаційний університет

### *Анотація*

*Розглянуто фотокаталітичний метод розкладання фенолу за різних концентрацій у водному розчині та змінного дозування ряду каталізаторів. Контроль початкового і залишкового вмісту фенолів здійснено за допомогою високоефективної рідинної хроматографії. Встановлено, що максимальна ефективність забезпечується використанням діоксиду титану зі структурою рутилу.*

**Ключові слова:** фенол, фотокаталіз, високоефективна рідинна хроматографія, очистка стічних вод.

### *Abstract*

*The photocatalytic method of phenol decomposition at different concentrations in aqueous solution and variable dosage of a number of catalysts is considered. The control of the initial and residual content of phenols was carried out by high-performance liquid chromatography. It is established that the maximum efficiency is provided by the use of titanium dioxide with rutile structure.*

**Keywords:** phenol, photocatalysis, high performance liquid chromatography, wastewaters treatment.

### **Вступ**

Фенольні сполуки включені до списку забруднюючих речовин, що мають першочергове значення, Агентство США з охорони навколишнього середовища та Європейський Союз. У організмі людини фенольні сполуки призводять до порушення діяльності ендокринної системи, оскільки вони легко проникають через шкіру та шлунково-кишковий тракт. Далі вони перетворюються метаболічними шляхами на проміжні сполуки, здатні реагувати з білками і, таким чином, порушувати їх функції. Пошкодження серця, нирок та печінки може статися при впливі високих рівнів фенолу, і є дані про збільшення ризику раку через вплив метаболітів фенольних сполук. Помітною токсичністю відрізняються ці сполуки і по відношенню до тварин і рослин; мікроорганізми також не демонструють толерантності до впливу фенолів, що ускладнює застосування біологічних методів очистки вод.

Результати досліджень із матеріалів з відкритим доступом демонструють значну ефективність фотокаталізу щодо руйнування фенолів. Однак деякі з них демонструють найкращі результати лише за поєднання дуже специфічних параметрів середовища, які не застосовуються в реальних галузевих умовах. Отже, існує необхідність визначити потенціал даного методу за максимального наближення умов процесу до промислового очищення вод та найпростішої каталітичної системи.

### **Результати дослідження**

Основним елементом системи фотоокислення є  $\text{TiO}_2$  як фотокаталізатор, але експерименти показують, що кліноптилолітовий цеоліт та наночастинки на основі  $\text{FeO}$ ,  $\text{TiO}_2$  / відновлений графен,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  на вуглецевих нанотрубках і  $\text{CuO}$  також можуть продемонструвати позитивні результати. Поєднання кількох методів також здатне підвищити ефективність і навіть забезпечити 100% видалення фенолів, наприклад, комбінація  $\text{O}_3$ , UV та  $\text{TiO}_2$ .

Для забезпечення найвищої ефективності необхідно підібрати комбінацію середніх параметрів, таких як доза каталізатора, час впливу, рН розчину та інтенсивність світла. У даному дослідженні реакція розчину залишалась постійною і дорівнювала нейтральній, що є типовим для переважної більшості стічних вод, що містять феноли. Хоча, за свідченнями науковців, кислотне середовище є більш сприятливим для фотокаталітичного перетворення фенолів, і якщо стічні води, що підлягають корекції вмісту фенолів у вихідному стані є кислими, відповідну фотокаталітичну обробку слід проводити до нейтралізації цих вод.

Серія експериментів була проведена з використанням модельних розчинів фенолу різної концентрації (0,08–4 г/л) та дозування каталізатора (5 - 100 мг порошку каталізатора). Тривалість обробки

варіювала від 30 до 120 хвилин. Випробовували різні типи світла (УФ та видимий діапазон) та склад / структуру каталізатора, включаючи  $\text{BiFe}_{0.8}\text{Mn}_{0.2}\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  на карбонових нанотрубках, оксид  $\text{Ti}$  зі структурою рутилу, оксид  $\text{Ti}$  у комбінації з  $\text{Ni}$  або  $\text{Pt}$ . Контроль вмісту фенолів здійснювався за допомогою високоефективної рідинної хроматографії (Рис. 1 та 2).

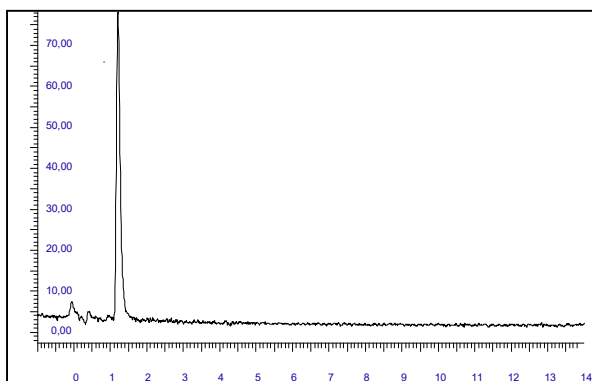


Рис. 1. Хроматограма розчину фенолу до фотокаталізу

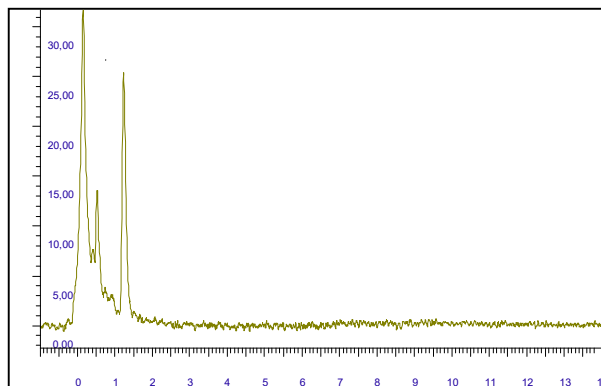


Рис. 2. Хроматограма розчину фенолу після 60 хв фотокаталізу, каталізатор -  $\text{TiO}_2$  зі структурою рутилу

Аналіз отриманих результатів експериментів (загальна кількість – 9 серій експериментів), можна сказати, що найкращу ефективність розкладення забезпечує  $\text{TiO}_2$  зі структурою рутилу, який отримували в печі випалюванням при високих температурах. Результативна ефективність становила понад 60%, а також було встановлено, що достатня тривалість обробки становить 60 хвилин, оскільки подальше продовження впливу не дає помітного поліпшення результатів.

Отримані дані можуть бути використані для розробки промислових технологій очищення стічних вод з мінімальним застосуванням складного обладнання.

### Висновки

Фотокаталіз - область, що розвивається, яка має перспективи в майбутньому, оскільки забруднення органічними забруднювачами стає основною проблемою гідросфери. Деструкція органічних забрудників методом фотокаталізу має значні переваги через відсутність токсичних продуктів розкладу. Фенол є попередником утворення багатьох токсичних речовин у довкіллі та метаболітів у живих організмах, у тому числі у тілі людини. В ході ряду експериментів було визначено найбільш ефективний тип каталізатора (діоксид титану рутилової модифікації), а також тривалість обробки і дозування каталізатора, що дають змогу знизити вміст фенолів більш ніж на 60% за умов, наближених до виробничих.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Coronado J. M. Design of Advanced Photocatalytic Materials for Energy and Environmental Applications. / J. M. Coronado, F. Fresno. - Green Energy and Technology, 2013. – 348 с.
2. Linsebigler Amy L. Photocatalysis on  $\text{TiO}_2$  Surfaces: Principles, Mechanisms, and Selected Results / Amy L. Linsebigler, Lu Guangquan, John T. Yates // Chemical Reviews. – 1995. – V.95, № 3. – P.735–758.

**Гусєва Аліна Віталіївна** — студент групи ЕК-211м, факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій, Національний Авіаційний університет, Київ, e-mail: waydele99@gmail.com

**Радомська Маргарита Мирославівна** — доцент кафедри екології, факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій, Національний Авіаційний університет, Київ, e-mail: m.m.radomskaya@gmail.com

**Husieva Alina V.** — student of EK-211m group, Faculty of ecological safety, engineering and technologies, National Aviation University, Kyiv, e-mail: waydele99@gmail.com

**Radomska Marharyta M.** — associate professor of the Department of Environmental science, Faculty of ecological safety, engineering and technologies, National Aviation University, Kyiv, e-mail: m.m.radomskaya@gmail.com