

Ю.О. Процак,
Л.М. Черняк, к.т.н., доцент,
(Національний авіаційний університет, Україна),
Томаш Мансцкі, д.х.н., професор,
О.С. Штика, к.х.н.,
(Інститут загальної та екологічної хімії,
Лодзинський технічний університет, Польща)

Оцінка ефективності використання методу фотокаталізу для очистки промислових стічних вод від органічних забруднювачів

Проаналізовано вплив роботи авіаційних підприємств на гідросферу. Представлено результати дослідження ефективності та швидкості очистки водного розчину від органічного забруднювача (на прикладі метанолу), за допомогою фотокаталізу. Визначено, який із фотокаталізаторів показав найбільшу ефективність в перебігу цього процесу.

Одним із найбільших джерел забруднення навколишнього середовища при забезпеченні авіатранспортних процесів є аеропорти та авіаремонтні заводи. У процесі їх діяльності, від хімічного забруднення, особливо потерпають водні об'єкти. Визначено, що у ґрунтових, підземних та поверхневих водах, що розташовані поблизу підприємств такого типу, міститься значна кількість органічних забруднюючих речовин, важких металів, нафтопродуктів, що надходять до них внаслідок виконання технологічних операцій з ремонту та обслуговування літаків, а також, внаслідок руху транспортних засобів на території даних підприємств [1]. Ці речовини накопичуються у водних об'єктах та загрожують нормальному функціонуванню живих організмів, які там знаходяться [2]. Саме через це, для зменшення негативного впливу на довкілля та запобігання його забрудненню, є актуальним питання підвищення ефективності очищення промислових стічних вод на даних підприємствах. Визначено, що на сьогодні, доступні методи очищення стічних вод необхідно підбирати відповідно до певних параметрів, серед яких, у першу чергу, рівень забруднення та тип забруднюючих речовин. Багато методів мають обмежену ефективність, можуть утворювати вторинні відходи або можуть мати інші обмеження [3].

Для експериментального вивчення можливості очистки стічних вод, серед існуючих методів, ми обрали метод фотокаталізу, що являє собою процес пришвидшення або збудження перебігу хімічних реакцій під дією світла за допомогою каталізаторів [4]. Фотокаталітичне розкладання є методом, який може замінити звичайні методи та вирішити їх обмеження. Його великою перевагою є можливість розкладання забруднюючих речовин до нешкідливих продуктів за один технологічний етап в умовах навколишнього середовища. Метод фотокаталізу запобігає утворенню додаткових відходів, а забруднююча речовина, під час реакції розщеплюється на воду та вуглекислий газ. Вода є абсолютно безпечною речовиною, а кількість вуглекислого газу, що виділяється, не є критичною для атмосферного повітря та не спричиняє сильного

забруднення. Таким чином, небезпека від токсичного органічного забруднення водних об'єктів є більшою, а використання інших способів очистки води мало ефективне проти органічного забруднення [5-7].

Оскільки в промислових стічних водах авіапідприємств, присутня значна кількість саме органічних забруднюючих речовин, то для нашого дослідження процесу їх розкладання, було обрано такий забруднювач оксигеновмісний органічний забруднювач, як метанол. Проаналізовано, що метанол (CH_3OH) належить до найпростіших одноатомних спиртів. Він являє собою рідину, що не має кольору, легкозаймисту і летку речовину зі слабким запахом етилового спирту. Метанол змішується з багатьма органічними розчинниками, необмежено змішується з водою та використовується в багатьох галузях промислового виробництва та має здатність накопичуватись в організмі при постійному надходженні [6]. У процесі експерименту, в лабораторії, використовували реактор, ультрафіолетову лампу, лампу видимого світла, водні розчини метанолу різних концентрацій, декілька типів фотокаталізаторів та вискоелективний газовий хроматограф. Також, у процесі, було підібрано найбільш ефективні умови експерименту, концентрацію речовини у воді, кількість каталізатора, світло ламп. Серед каталізаторів використовували: TiO_2 (структура анатазу), TiO_2 (структура рутилу), TiO_2+Au , TiO_2+Cu та $\text{TiO}_2+\text{Cu}+\text{Au}$. Для проведення досліджень з фотокаталітичним розкладанням водного розчину метанолу використовували саморобний реактор. До реактора поміщали 16 мл водного розчину та від 25 до 50 мг кожного каталізатора, залежно від експерименту. Потім отриману суміш в реакторі залишали під ультрафіолетовою лампою або лампою видимого світла на 5, 15, 30, 60 та 120 хвилин. Після реакції, розчин відправляли до газового хроматографа. Отримані піки метанолу, до та після реакції, досліджували за допомогою програмного забезпечення на комп'ютері.

Аналіз змін концентрації метанолу в розчині до фотокаталітичної реакції та після, робили шляхом співвідношення площі піку після реакції (C_n) до площі піку початкового розчину (C_0): C_n/C_0 . Інструментальна та суб'єктивна похибка вимірювання за допомогою газового хроматографа становить $\pm 10-20\%$. Перші експерименти проводилися з УФ-лампамою та каталізаторами TiO_2 (анатаз), TiO_2 (рутил), TiO_2+Au , TiO_2+Cu та $\text{TiO}_2+\text{Cu}+\text{Au}$. Аналіз результатів показує, що серед усіх каталізаторів каталізатор TiO_2 зі структурою анатазу має найвищу активність щодо розкладання метанолу в ультрафіолетовому спектрі. Наступні експерименти проводили з використанням лампи видимого світла з водним фільтром та попередніми каталізаторами. Результати фотокаталізу у видимому спектрі світла показують, що каталізатор TiO_2 зі структурою рутилу демонструє найвищу ефективність реакції розкладання метанолу під лампою видимого світла. Також, було проведено досліди з двома каталізаторами TiO_2 (anatase) та TiO_2+Cu , з додаванням до суміші 1 мл пероксиду водню (H_2O_2), для спостереження за зміною швидкості протікання реакції розкладання метанолу. Досліди проводили під лампою видимого світла протягом 30 хвилин. Але отримані результати свідчать про незначну зміну концентрації метанолу після реакції з H_2O_2 , в порівнянні з реакціями без цієї речовини. Таким чином, можемо зробити висновок про незначну ефективність пероксиду водню, як речовини для прискорення фотокаталітичного розкладання органічних речовин.

Висновки

Отже, в роботі було проаналізовано вплив діяльності авіаційних підприємств на стан водних об'єктів та методи очистки промислових стічних вод. Наведено перспективи та переваги використання фотокаталітичної технології для їх очистки від органічних забруднювачів, та представлено результати експериментального розкладання водного розчину метанолу. Аналіз отриманих результатів показав, що найкращу роль каталізатора відіграє TiO_2 зі структурою анатазу та TiO_2 зі структурою рутилу. Також визначено, що процес фотокаталітичної деградації водного розчину метанолу, ефективніше проходить при ультрафіолетовому світлі лампи, в порівнянні з лампою видимого світла.

Наші дані, отримані в лабораторних експериментах, можуть бути використані для подальших досліджень процесу розкладання метанолу за допомогою фотокаталізу та визначення найбільш ефективних фотокаталізаторів цього процесу. Також, в перспективі, можуть бути використані для розробки методу очистки стічних вод від органічних речовин та вирішення екологічних проблем, пов'язаних з хімічним забрудненням поверхневих та ґрунтових вод, поблизу аеропортів та авіаремонтних заводів.

Список літератури

1. Маджд С. М. Дослідження екологічного стану зони аеропорту в результаті забрудненості нафтопродуктами ґрунту та водних об'єктів / С. М. Маджд, Г. М. Франчук // Вісн. НАУ. – 2005. – № 4. – С. 141–143.
2. Франчук Г. М. Екологічна оцінка впливу авіаційних транспортних процесів на якість компонентів довкілля / Г. М. Франчук, А. М. Антонов, С. М. Маджд, Я. В. Загоруй // Вісн. НАУ. – 2006. – № 1. – С. 184–190.
3. Халанчук Л. В., КОРОТУН А. О. Оптимальний вибір методів очищення стічних та поверхневих вод / Л. В. Халанчук, А. О. Коротун // Збірник наукових праць за матеріалами Дистанційної всеукр. наук. Конференції «Математика у технічному університеті XXI сторіччя» - 2017 – С.15-16.
4. Dubnova L. Photocatalytic decomposition of methanol-water solution over N-La/TiO₂ photocatalysts / Lada Dubnova, Magdalena Zvolaska, Miroslava Edelmannovab, Lenka Matějováb, Martin Relib, Helena Drobnáa, Piotr Kuśtrowskic, Kamila Kočib, Libor Čapeka // Applied Surface Science. – 2019. – P. 879-886
5. Patsoura A. Photocatalytic degradation of organic pollutants with simultaneous production of hydrogen / Alexia Patsoura, Dimitris I.Kondarides, Xenophon E.Verykios // Catalysis Today. – V. 124, Iss. 3–4. – 2007. – P. 94-102.
6. Moulis F. Photocatalytic degradation of acetone and methanol in a flow-through photoreactor with immobilized TiO₂ / František Moulis, Josef Krýsa // Springer. – 2015. – P. 9233–9243.
7. Nakataab K. TiO₂ photocatalysis: Design and applications / Kazuya Nakataab, Akira Fujishimaa // Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews. – V. 3, Iss.3. – 2012. – P. 169-189.