

УДК 66.067, 628.33

Атанязова С.Д., вихованка ДВ МАН України

Науковий керівник: Скиба М.І., к.т.н., доцент кафедри технології неорганічних речовин та екології

(Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний Університет»; Дніпропетровське відділення Малої академії наук України; Комунальний заклад освіти «Науковий медичний ліцей «Дніпро» Дніпропетровської обласної ради», м.Дніпро, Україна)

ПЕРЕДОВІ ОКИСНІ ПРОЦЕСИ (ADVANCED OXIDATION PROCESSES) ДЛЯ ДЕГРАДАЦІЇ ФАРМАЦЕВТИЧНИХ СПОЛУК

На сьогодні, питання аналізу джерел формування, впливу і ризиків впливу фармацевтичних препаратів на навколишнє середовище є питаннями, які набувають все більшого дослідження [1]. Фармацевтичні сполуки охоплюють широкий діапазон сполук зі значною варіабельністю у структурі, функціях, поведінці та активності, і використовуються як у людей, так і у тварин для лікування хвороб і боротьби з інфекціями [1]. Активні фармацевтичні інгредієнти (АФІ) потрапляють у природне середовище під час їх виробництва, використання та утилізації. Також в умовах світової пандемії Covid та, як наслідок, підвищеного використання фармацевтичної продукції у лікарнях та, одночасно неконтрольованого, і вкрай надмірного їх самостійного споживання населенням спостерігається надзвичайне підвищення їх залишків у стічних водах на міських очисних спорудах де вони важко піддаються біологічній деструкції. Звіти закордонних аналітиків, на підставі експериментальних досліджень, свідчать, що різні види АФІ та в різній концентрації наразі визначені у навколишньому середовищі (особливо водних середовищах у всьому Світі). В роботі авторів [3] приведено глобальне дослідження забруднення АФІ у 258 річках світу, яке показує вплив на навколишнє середовище 471,4 мільйона людей у 137 географічних регіонах має шкідливий вплив на здоров'я екосистем і людей. У рамках Євросоюзу розроблена програма, відповідно до якої проводяться дослідження процесів міграції ФП з поверхневих джерел в підземні, і передбачено розробку покращених схем водоочищення з ефективним видаленням АФІ. У результаті наявність ФП в питній воді повинна бути виключена повністю [1-3].

Тому питання запобігання потраплянню АФІ до водних середовищ та розробка відповідно способів, матеріалів їх руйнування є актуальними сьогодні. Слід зазначити, що у зв'язку з низькою ефективністю класичних методів в процесах інактивації АФІ усе більше досліджень присвячується застосування вдосконалених окисних процесів для очищення стічних вод, що містять АФІ [1-3]. Вдосконалені окисні процеси – процеси, в основі яких лежать реакції окисної деструкції, ініційовані спільною дією кількох речовин або факторів. До цієї категорії належать фотокаталітичні процеси із використанням широкого переліку фотокаталізаторів. Нині спостерігається інтерес до фотокаталізаторів на основі оксиду титану (TiO₂). Пов'язано це з тим, що фотокаталіз є досить недорогою і легко застосовуваною технологією, що не потребує високих витрат, але здатна вирішувати багато завдань. Проте відомим недоліком обмеженої функціональності фотокаталізаторів є необхідність їх модифікування для покращення фотокаталітичної активності та формування поліфункціональності.

Наноматеріали демонструють великий потенціал для вдосконалення технологій очищення води. Останніми роками процеси каталізу та фотокаталізу з використанням наночастинок благородних металів привернули велику увагу через їх ефективність у розкладанні та мінералізації органічних сполук. Наразі в літературних джерелах повідомляється про розроблені новітні та екологічно безпечні способи модифікування

фотокаталізаторів наноматеріалами благородних металів (Ag, Au) для підвищення його фотокаталітичної активності та одночасної антибактеріальної дії. Також наразі встановлено, що спосіб виготовлення композиту є вирішальним параметром у контролі активності каталізатора. В ряді робіт авторів [4] продемонстровано, що ефективним способом одержання композитів TiO_2/Ag , Au є плазмохімічне формування над рідинним плазмовим розрядом. Впровадження таких матеріалів потребує ще проходження значних етапів масштабування та оптимізації, проте представляло науковий та практичний інтерес дослідження фото каталітичної активності таких композитних напівпровідникових матеріалів складу TiO_2/Ag чи Au для фотокаталітичної деградації модельних розчинів АФІ.

В роботі було проведено дослідження фотокаталітичної активності деградації плазмохімічно одержаних напівпровідникових матеріалів складу TiO_2/Ag чи Au при деградації модельних сполук за різних умов фотокаталізу. Як модельні сполуки було використано АФІ, що відповідно до вимог Європейського Союзу належать, до переліку препаратів, що підлягають вилученню з водних середовищ: тетрациклін (ТЦ), ципрофлоксацин (ЦП) та диклофенак (ДФ). Було встановлено ефективність модифікованого оксиду титану над не модифікованим фотокаталізатором у рівних експериментальних умовах (УФ-А ($\lambda=365$ нм)). Відтак ступінь руйнування ТЦ за однакові періоди часу у досліджуваних зразків відрізняється. Відтак, ступінь руйнування ТЦ при використанні модифікованого нанозолотом оксид титану становить близько 75,3 % за ~45 хв. опромінення. Водночас при використанні не модифікованого комерційного зразка оксид титану показник руйнування ТЦ в рази менший і становить порядку ~20%. Було досліджено широкий спектр концентрацій ТЦ: 1,25-20 мг/л. Встановлено, що при всіх початкових концентраціях ТЦ із збільшенням тривалості опромінення збільшується ступінь руйнування антибіотика: за 60 хв. опромінення ~100% при 1,25-5 мг/л; ~73% при 10 мг/л; ~70% при 20 мг/л. Ефективність зразків фотокаталізатора також було досліджено і в умовах проточного фотоопромінення при використанні реактора Екософт. Аналіз отриманих даних дозволив отримати наступні закономірності: збільшення тривалості фотокаталізу (10-100 хв.) і зниження початкової концентрації ЦП (1,25-20,0 мг/л) сприяє збільшенню ступеня руйнування ФП і становить порядку 85% за 60 хв. опромінення.

Перелік посилань

1. Stephanie K. Loeb, et al. The Technology Horizon for Photocatalytic Water Treatment: Sunrise or Sunset? / Stephanie K. Loeb, et al. // *Environmental Science & Technology*. – 2019. – Vol. 53 (6). – P. 2937-2947.
2. Cuerda-Correa, E.M., et al. Advanced Oxidation Processes for the Removal of Antibiotics from Water. An Overview / Cuerda-Correa, E.M., et al. // *Water*. – 2020. Vol. 12. P. 102.
3. Skiba, M., et al. Bio-Green and Classical Stabilize Agents of Nanoparticles in Silver-Doped Titanium Dioxide: The Influence on Antioxidant, Photocatalytic, and Bactericidal Activities / Skiba, M., et al. // *Plasmonics*. – 2022, Vol. 17 (5), P. 2221–2234