

Максимальний ступінь фотокаталітичної мінералізації парацетамолу в обох системах ($\text{Fe}^{3+}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{УФ}$ та $\text{Fe}^{3+}/\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{УФ}$) становив 81–83 % за 2 год при питомих дозах окисників ~ 20 моль/моль і ступені їх використання відповідно 100 та 85 % (рис. 2, б). Водночас, порівняння ефективності досліджених АОРs при меншій тривалості окиснення 1 год, достатній для забезпечення лише високого ступеня первинної деструкції ПЦ, вказує на суттєві переваги традиційного процесу фото-Фентона ($\text{Fe}^{3+}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{УФ}$) (рис. 2, а).

Таким чином, при досліджених параметрах фотохімічне і гомогенне фотокаталітичне окиснення парацетамолу персульфатом натрію можна вважати альтернативною аналогічним процесам за участю пероксиду водню.

Висновки. Показано суттєві переваги фотокаталітичних процесів ($\text{Fe}^{3+}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{УФ}$, $\text{Fe}^{3+}/\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{УФ}$) порівняно з фотохімічними ($\text{H}_2\text{O}_2/\text{УФ}$, $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{УФ}$) для глибокої деструкції (мінералізації) фармацевтичного препарату парацетамолу у дистильованій воді.

Встановлено близьку ефективність фотокаталітичних систем ($\text{Fe}^{3+}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{УФ}$, $\text{Fe}^{3+}/\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{УФ}$), які забезпечують максимальний ступінь мінералізації парацетамолу у дистильованій воді (81–83 % за ЗОВ) при однакових молярних концентраціях окисників, низькій $[\text{Fe}^{3+}] = 0,02$ мМ і тривалості окиснення 2 год під дією УФ-видимого світла ($\lambda = 200\text{--}700$ нм).

Перелік посилань

1. Avramescu S.M., Fierascu I., Fierascu R.C., Brazdis R.I., Nica A.V., Butean C., Olaru E.A., Ulinici S., Verziu M.N., Dumitru A. Removal of Paracetamol from Aqueous Solutions by Photocatalytic Ozonation over $\text{TiO}_2\text{-Me}_x\text{O}_y$ Thin Films. *Nanomaterials*. 2022. V. 12. 613. <https://doi.org/10.3390/nano12040613>.
2. Al-Kaf A.G., Naji K.M., Abdullah Q.Y.M., Edrees W.H.A. Occurrence of Paracetamol in Aquatic Environments and Transformation by Microorganisms: A Review. *Chron. Pharm. Sci.* 2017. V. 1. P. 341–355.
3. Phong Vo H.N., Le G.K., Hong Nguyen T.M., Bui X.-T., Nguyen K.H., Rene E.R., Vo T.D.H., Thanh Cao N.-D., Mohan R. Acetaminophen micropollutant: Historical and current occurrences, toxicity, removal strategies and transformation pathways in different environments. *Chemosphere*. 2019. V. 236. 124391. doi:10.1016/j.chemosphere.2019.124391
4. Liang C., Huang C.-F., Mohanty N., Kurakalva R.M. A rapid spectrophotometric determination of persulfate anion in ISCO. *Chemosphere*. 2008. V. 73. P. 1540–1543. doi:10.1016/j.chemosphere.2008.08.043

НИЗЬКОВАРТІСНІ РІЧКОВІ ПАСТКИ ТА КОШИКИ-ВЛОВЛЮВАЧІ З ПЕРЕРОБЛЕНИХ МАТЕРІАЛІВ: ДИЗАЙН, МОНТАЖ, ЕФЕКТ

Шварц Р.Р., аспірант,

Науковий керівник Глух О.С., доцент, к.х.н., доц.,

Ужгородський національний університет, м. Ужгород, Україна

ruslan.shvarts@uzhnu.edu.ua

Вступ

Потрапляння твердих відходів до водойм в Україні здебільшого пов'язане з ливневою інфраструктурою та виносом сміття з прибережних територій. Низьковартісні механічні рішення — річкові пастки, кошики для ливневих колекторів, бар'єри — дають швидкий і вимірюваний ефект без використання реагентів та складної хімії. Мета статті — узагальнити практики «low-cost/low-tech», показати придатні для громад конструкції з

перероблених матеріалів, описати монтаж, обслуговування й очікуваний екологічний та операційний ефект.

Огляд рішень і принцип роботи

Випускні пастки-сіті (outfall nets) та річкові бар'єри. Сітки на випусках колекторів і плаваючі пастки в спокійних акваторіях перехоплюють сміття безпосередньо на виході зі зливової мережі чи в затоках/каналах. Кейс м. Квінана (Австралія) показав, що навіть кілька сіток на випусках можуть вилучати тонни сміття при низьких капітальних витратах і простому сервісі. [1]

Кошки-вловлювачі (gully/catch-basin baskets) та gross pollutant traps (GPT) це фізичні бар'єри в зоні решіток або в зливоприймачах, що відсіюють «грубі забруднювачі» (здебільшого >5 мм), запобігаючи їх потраплянню у водні об'єкти та подальші очисні споруди. Регуляторні настанови трактують GPT як екранувальні технології першого ешелону в «treatment train», тобто як попереднє механічне вилучення перед іншими етапами очищення. [2][3]

Пастки в акваторіях з елементами циркулярності перехоплюють сміття «на воді», доречні у гаванях, маринах та каналах; вилучений пластик може ставати сировиною для локальних виробів, посилюючи замкнені цикли. [4]

Палітра інтерцепторів варіює від простих сіток у ливневій до великих «водяних коліс» у гирлах струмків; останні демонструють, що інженерні пастки здатні щороку вилучати сотні тонн сміття у великих міських акваторіях. [5]

Матеріали та конструкції:

Каркас і кошик: нержавіючий або оцинкований каркас; кошик із перероблених полімерних сіток/геотекстилю (R-PET, R-PP), що відповідають розмірності осередку 2–5 мм для «full capture» твердих частинок ≥ 5 мм (за міжнародними підходами). [3]

Сітками на випусках можуть виступати зносостійкі полімерні або металеві кільця й «панчоха» зі вторсировини; кріплення на фланцях випуску, страхувальний трос. [1]

Плаваючі бар'єри: буї з переробленого пластику, тросова система, «спідниця» із сітки; якірні точки з урахуванням течій і судноплавства. [4]

Монтаж і обслуговування

Передусім досліджено характер зливогого стоку та встановлено «гарячі точки» — дощоприймальні решітки й випуски поблизу парків, ринків і масових зон відпочинку. Тому пріоритет надається саме цим локаціям, де перехоплення дає найбільший ефект. Відтак перевіряється пропускна спроможність, аби уникнути підтоплення під час пікових опадів; на відміну від суто розрахункових підходів, практичні «перевірочні» епізоди після монтажу дозволяють оперативно підкрутити налаштування й графік очищення [2].

Монтаж виконується за принципом «найменшого опору системі»: у ливневій мережі кошки розміщують під решіткою або в горловині зливоприймача, щоб сміття затримувалося якомога ближче до поверхні без шкоди гідравліці. На випусках застосовується фланцеве кріплення з «панчохою»-сіткою та страхувальним тросом; отже, вилучення відбувається безпосередньо на виході зі зливогого колектора [1]. Для відкритих акваторій відтак встановлюють плаваючі бар'єри з буями, тросовою системою та «спідницею»-сіткою, орієнтуючи їх за течіями й судноплавством, — на відміну від точкових рішень у колекторах, такі бар'єри «працюють із потоком» та перехоплюють сміття вже на водній поверхні [4].

Режим обслуговування диктує погода: після сильних дощів цикли стають частішими, у посушливі періоди — рідшими. Досвід м. Квінана показав, що екіпаж із двох осіб проходить типовий маршрут очищення за приблизно чотири години; тому планування логістики доцільно прив'язувати до прогнозів опадів та сезонних піків [1]. Отже, поєднання коректного стартового налаштування (локація, спосіб кріплення, пропускна спроможність)

із гнучким графіком сервісу забезпечує максимальний відбір відходів без ризику підтоплення і з мінімальними простоями інфраструктури [1][2][4].

Ефект і показники результативності

Вилучення маси/об'єму: дві сітки на випусках у Квінані вилучили 1,69 т за перший рік (11 циклів), а сукупно в місті кілька пасток дали >3,6 т за шість років. [1]

Кошики з «full capture» забезпечують відсікання твердих частинок ≥ 5 мм; з тоншими вкладишами — додатковий відбір дрібніших фракцій, не знижуючи гідравлічну здатність за умови своєчасного обслуговування. [3]

Циркулярність: регулярне спорожнення пасток з наступним сортуванням і поверненням пластиків у переробку (локальні виробники/матеріали), що підсилює громадську підтримку. [4]

Для великих басейнів доцільні стаціонарні інтерцептори у гирлах малих річок/каналів, які демонструють сотні тонн вилучення на рік і наочні дані для політики зі скорочення відходів. [5]

Орієнтовна економіка для громади

CAPEX (Capital Expenditures - капітальні витрати): кошик-вловлювач у ливневій — низька/середня вартість; сітка на випуску — низька; плавучий бар'єр — середня. Більшість елементів можуть виготовлятися/ремонтуватися з вторинних полімерів (R-PET/PP) місцевими виробниками.

OPEX (Operating Expenditures/Expenses - операційні/експлуатаційні витрати): основні витрати — на виїзди та сортування вмісту пасток (інтегрується з роботою станції заготівлі та освітніми акціями).

Співефекти: зменшення засмічення берегових зон і ливневої мережі, менше аварійних прочисток, можливість обліку «уникнених» витрат.

Методика моніторингу

Показниками виступають маса/обсяг на цикл, частка придатного до переробки, «гарячі години» після опадів, кількість інцидентів переповнення.

Цифровізація: вагові датчики/відеоспостереження для «розумних кошиків», погодна інтеграція й планування виїздів; публічний дашборд для мотивації громади.

Порівняння фракцій у пастках і на станції заготівлі допоможе точково розставляти контейнери та змінювати маршрути мобільних пунктів.

Висновки

Низьковартісні пастки та кошики-вловлювачі — швидкий, безреагентний спосіб зменшити потрапляння сміття у водойми. Вони добре поєднуються з інфраструктурою роздільного збору, підсилюють місцеві ланцюжки переробки та формують «візуальний доказ» ефективності. Кейс-дані з різних країн, а також вимоги до «повного захвату» ≥ 5 мм підтверджують їхню результативність і придатність до масштабування під українські реалії.

Список використаних джерел

1. City of Kwinana. **Drainage Nets** (дані про масу вилученого сміття, частоту обслуговування). <https://www.kwinana.wa.gov.au/city-life/protecting-our-environment/drainage-nets>

2. EPA Victoria. **Erosion, sediment and dust: Treatment train** <https://www.epa.vic.gov.au/sites/default/files/epa/publications/1893.pdf>

3. Enviropod. **LittaTrap™ Performance Liners Letter** <https://f.hubspotusercontent10.net/hubfs/7140565/Downloads/Enviropod%20LittaTrap%20Performance%20Liners%20Letter.pdf>

4. CLEAR RIVERS. **Litter traps (Rotterdam)** (щотижневе спорожнення, повторне використання вилученого пластику). <https://www.clearrivers.eu/littertrapsrotterdam>

5. Mr. Trash Wheel. **Trash interception** (масштаб вилучення сміття великими інтерцепторами в міських акваторіях). <https://www.mrtrashwheel.com/trash-interception>

ВПЛИВ ОЗОНУВАННЯ ВОДИ НА ВМІСТ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ ТА РОЗЧИНЕНОГО КИСНЮ

Щербатюк Т.Г., Хоменко В.Г., Зубакін С.М., Мокроусова О.Р.

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна, Київ,

ТОВ «ОПЕНДА-ПРИВАТПРОМ» Україна, Київ,

shcherbatiuk.th@kmutd.edu.ua

Озон широко застосовується в медицині, агропромисловому секторі та різних галузях промисловості, під час вирішення проблеми захисту навколишнього середовища та розроблення екологічно чистих технологій. Завдяки високій реакційній здатності та швидкому розкладанню він займає особливе місце серед традиційних окиснювачів. Проведення озонування за незначної витрати реагенту, нормального тиску і температури, відсутності побічних продуктів, здатних забруднювати речовину, що окиснюється, сприяє спрощенню технологічних процесів, з одного боку, а з іншого – підвищенню їх ефективності [1, 2].

Однак, незважаючи на широке та багато в чому успішне застосування озонування води, частина питань досі залишається не вирішеною. Сформувався фундаментальне розуміння дозозалежних ефектів озонування на живі об'єкти, проте мало робіт із вивчення впливу озону на склад води.

У зв'язку з цим здійснено оцінювання вмісту вуглекислого газу та розчиненого кисню у воді після нетривалого озонування в лабораторних умовах.

Матеріали та методи.

Озонування води здійснювали за допомогою генератора озону, наданого підприємством OZON-PROM від ТОВ «ОПЕНДА-ПРИВАТПРОМ», українським виробником генераторів озону для побутових і промислових сфер застосування (<https://ozon-prom.ua>).

В межах досліджень озонування водопровідної води проводили за температури повітря в лабораторії 17 °С. Температура самої води становила 18 °С. Процес барботування трьох літрів водопровідної води озоном здійснювали протягом 7 хвилин.

Оцінку вмісту вуглекислого газу та розчиненого кисню у воді здійснювали безпосередньо після завершення озонування та через 24 години.

Вміст вуглекислого газу у воді визначали стандартним титриметричним методом із використанням фенолфталеїнового індикатора та розчину карбонату натрію. Концентрацію вільного CO₂ розраховували як добуток об'єму витраченого розчину натрію карбонату на коефіцієнт 10, виражаючи результат у мг/дм³ води [3].

Кількість розчиненого у воді кисню визначали за допомогою портативного приладу – оксиметра AZ-86021 (DO). Прилад призначений для вимірювання температури й концентрації розчиненого кисню в рідині в межах 0 ~ 30 мг/л (ppm) з точністю 0,1 мг/л.

Результати.

Озонування водопровідної води сприяло суттєвим змінам показників якості води. Так показник вмісту вуглекислого газу у воді знизився у 2,5 рази, а кількість розчиненого у воді кисню підвищилася у 3, 9 рази.