



МОБІЛЬНА ДОСЛІДНО-ПРОМИСЛОВА УСТАНОВКА ОЧИЩЕННЯ СТОКІВ ЗВАЛИЩ ПРОМИСЛОВИХ І ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ВІД ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН З ВИКОРИСТАННЯМ ОЗОНУ ТА УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

І.І. Назаренко, Київський національний будівельний університет;
С.Н. Шаляпін, Т.С. Шаляпіна, ТОВ «Харківська інженерна компанія»

Одним з найбільш актуальних завдань, пов'язаних з охороною навколишнього середовища, є проблема знешкодження токсичних стічних вод, що утворюються в процесі життєдіяльності людини, наприклад, стічні води різних звалищ, полігонів побутових та промислових відходів, стічні води підприємств хімічної та фармацевтичної промисловості та інші. Як правило, такі стічні води містять велику кількість токсичних органічних речовин, отрутохімікатів, пестицидів, фенолів та ін., які не тільки забруднюють навколишнє середовище, а й шкідливо впливають на здоров'я людини. Також велику загрозу для здоров'я людини несуть техногенні аварії, що супроводжуються залповим забрудненням джерел питної води високотоксичними сполуками (наприклад, проблема, пов'язана із забрудненням питної води в містах і населених пунктах). Не слід, також, забувати про можливість терористичних актів, що можуть призвести до отруєння джерел питної води токсичними речовинами або патогенними мікроорганізмами.

Потенційними забруднювачами навколишнього середовища можуть бути:

- хлорвуглеводні (ДДТ, гексахлорциклогексан, мірекс, ендосульфат і т.д.);
- фосфорорганічні сполуки (такі як дихлофос, карбофос, хлорофос);
- синтетичні піретроїди (перметін, циперметін, децис);
- похідні карбамінової кислоти (карбаріл, карбофуран, кронетон, альдікарб);
- похідні сечовини (хлорсульфурон, хлорімурон тіасульфурон та тощо).

Їх небезпека полягає в можливості накопичення в об'єктах живої природи; великому періоді напіврозпаду; метаболізмі та потенційно можливих екологічних катастроф (людський фактор), які пов'язані з умовами зберігання і використання.

Ефективна робота очисних споруд з очищення від токсичних забруднень стічних вод звалищ, полігонів побутових та промислових відходів, підприємств хімічної та фармацевтичної промисловості є важливим завданням. Тому, на сьогоднішній день одним із головних завдань, що стоять перед розробниками сучасних технологій очищення стічних вод, є завдання, пов'язане із розробкою ефективних і недорогих методів знешкодження токсичних стічних вод.

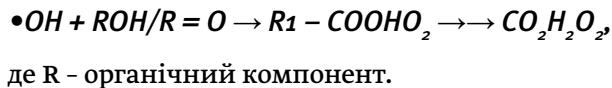
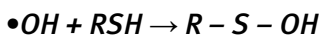
Метою проведених досліджень є розробка ефективного методу окисної деструкції високотоксичних з'єднань і дезінфекції стічних вод і повітря від патогенних мікроорганізмів, заснованого на застосуванні спільного впливу озону та інтенсивного ультрафіолетового опромінення.

Озон є сильним і екологічно безпечним окиснювачем, який ефективно руйнує токсичні речовини, що знаходяться в стічних водах, здійснюючи при цьому їх знезараження. Досвід застосування озону для очищення господарчо-побутових та промислових стоків показав, що озон ефективно розкладає більшість токсичних органічних речовин. А у сукупності з ультрафіолетовим опромінюванням ефективність руйнуючої дії озону значно збільшується. На цьому принципі засновано відносно новий напрямок очищення рідких токсичних речовин,

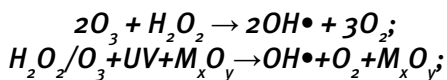
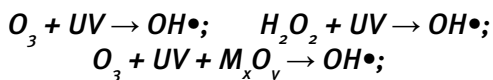


який має назву методу активного окислення - ADVANCED OXIDATION PROCESSES (AOP). В основі цього методу - принцип з'єднання хімічних і фізичних методів окислювального процесу, що значно підвищує ефективність знешкодження розчинених токсичних речовин, які знаходяться в стічних водах, і забезпечує високу ефективність знезараження стоків [1]. Накопичений в різних країнах досвід досліджень процесів очищення стічних вод від складних органічних забруднень показує, що до найбільш перспективних методів очищення від токсичних речовин належить деструкція, заснована на використанні в якості окиснювача озону, а в якості каталізатора - ультрафіолетового випромінювання. Застосування ультрафіолетового випромінювання спільно з озонуванням дозволяє не тільки істотно знизити концентрацію озону, необхідну для розкладання органічної речовини, а й істотно підвищити глибину його розкладання.

Суть методу активного фотохімічного окислення (Advanced Oxidation Process) можна коротко записати у вигляді:



Основним окиснювачем при використанні активного окислення виступають гідроксильні радикали, які утворюються у стоках за рахунок процесу фотолітичного розкладання молекул озону:



де UV - ультрафіолетове випромінювання; M_xO_y - каталізатор.

Радикали, які утворюються в результаті фотолітичного окиснювання, мають значно вищий окиснювальний потенціал (2,6 В), що у 1,25 рази більше окиснювального потенціалу озону (2,07 В), та в 1,91 рази перевищує окиснювальний потенціал хлору (1,36 В).

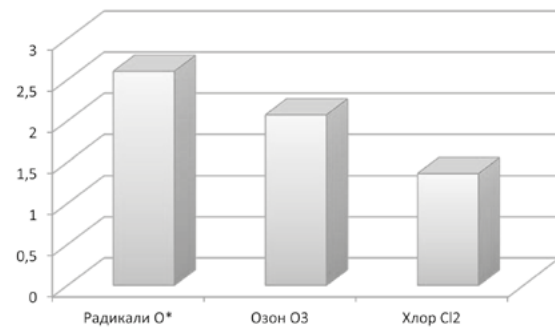


Рис. 1. Окиснювальні потенціали радикалів O*, озону O₃, хлору Cl₂

Хімічний склад радикалів, які утворюються у процесі фотолітичних реакцій, наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

№	Хімічний склад	Вміст, %
1	Радикали O*+O ₃	66,7
2	Гідроксильні радикали	14,7
3	Діоксид водню NO ₂	6,3
4	Перекис водню H ₂ O ₂	5,9
5	Атомарний кисень O	4,4
6	Інші окиснювачі	2
7	Оксиди азоту NO _x	0,1

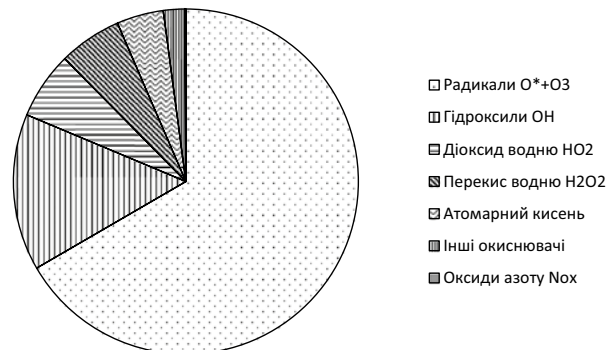


Рис. 2. Хімічний склад радикалів, які утворюються у процесі фотолітичних реакцій

Крім того, озон та радикали, які утворюються в результаті вищезгаданих процесів, можуть ефективно реагувати з органічними сполуками при дуже високих швидкостях реакцій окиснення, що дозволяє суттєво зменшити витрати на знешкодження токсичних стоків. Слід зауважити, що одною з чисельних переваг методу активного окиснювання є можливість повного або часткового руйнування токсичних забруднень у стічних водах



при температурі навколишнього середовища шляхом їх перетворення в різні нешкідливі проміжні або кінцеві продукти, такі як: карбонік кислоти, двоокис вуглецю, кисень, вода та інші [1-3].

Метод фотохімічного очищення стічних вод, у складі яких знаходилися токсичні речовини, був випробуваний на мобільній дослід-

но-промисловій установці, яка наведена на рисунку 3.

Установка складалася з реактора, де відбувався первинний контакт стоків з озоном, генератора озону, фотохімічного реактора, фільтрів для попереднього та фінішного очищення стоків, компресору, насосів та шафи управління.

Блок-схема очищення стоків наведена на рисунку 4.



Рис. 3. Мобільна дослідно-промислова установка очищення стічних вод від токсичних речовин

На початку очищення стічні води поступають до фільтрувальної установки 3, де відбувається їх очищення від завислих речовин. Далі очищені стоки за допомогою насоса подаються до інжектору 5, де відбувається їх насичення озоном, який утворюється за допомогою озонатора 2. Насичені озоном стоки поступають у камеру змішування 6, де відбувається контакт озону з токсичними органічними речовинами, які присутні у цих стоках. Після цього стічні води поступають до фотохімічного реактору 7, де відбувається процес їх детоксикації, знебарвлення та знебарвлення.

Для відпрацювання режимів роботи установки було проведено ряд випробувань, метою яких було вивчення ефективності очищення стоків від токсичних речовин. У якості токсичних речовин були вибрані доступні у вільному продажу пестициди. Результати проведених експериментів відображені у таблиці 2.

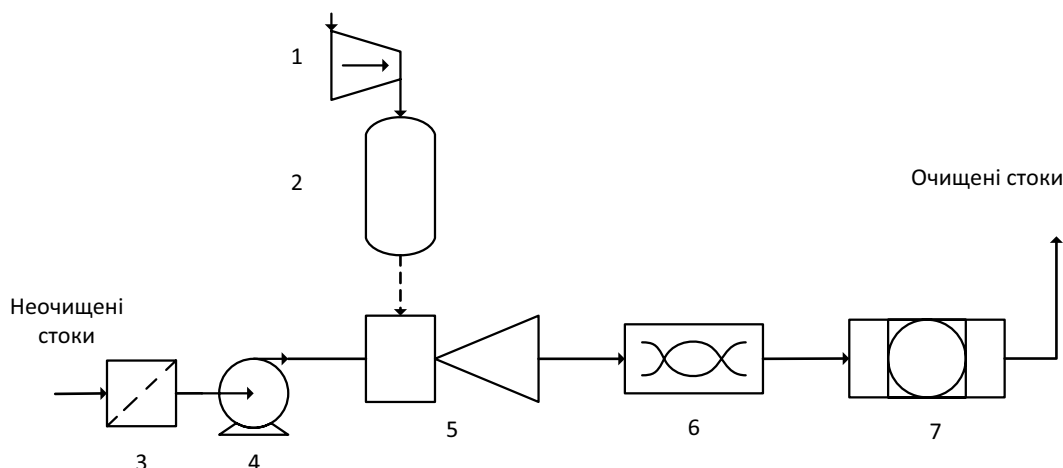


Рис. 4. Технологічна блок-схема очищення токсичних стоків на промислово-дослідній установці: 1 – компресор, 2 – генератор озону, 3 – фільтр, 4 – насос, 5 – інжектор, 6 – камера змішування, 7 – фотохімічний реактор.



Таблиця 2 Обробка стічних вод при комплексній дії УФ опромінювання та озону

№	Параметр	Забруднююча токсична речовина			
		Карбофос	Ампіцилін	Прометрин	2,4-D ¹
1	Початкова концентрація, мг/дм ³	78,5	82,7	95,0	89,7
2	Кінцева концентрація, мг/дм ³	3,06	2,15	4,28	5,0
3	Концентрація озону, мгО ₃ /дм ³	10,0	10,0	10,0	10,0
4	Доза УФ опромінення, кДж/м ²	250	250	250	250
5	Температура рідини, °С	26,5	25,8	25,7	26,3
6	Ступінь очищення, %	96,1	97,4	95,5	94,3

Як видно з отриманих результатів при сумісному застосуванні УФ опромінення та озонування ефективність знешкодження токсичних речовин різко збільшується і перевищує 94%. Слід одразу зауважити, що ефективність знешкодження можна значно підвищити, якщо використовувати більшу кількість озону та підвищити інтенсивність УФ опромінювання, або збільшити час обробки стічних вод. У результаті роботи мобільної установки відбувається повне або майже повне очищення і знезараження стічних вод, до складу яких входять токсичні забруднення, з отриманням продуктів наступних класів безпеки: тверда фаза - 3-4 клас небезпеки; рідинна фаза - нетоксична технічна вода [1-4].

Для оцінки ефективності очищення стоків був також використаний метод контролю ефективності очищення за ХПК.

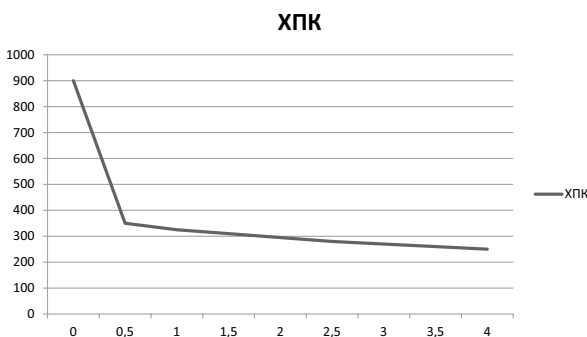


Рис. 5. Зниження ХПК штучно забруднених токсичними речовинами стоків протягом 4-х годин роботи мобільної дослідної установки.

Як видно з цієї діаграми, протягом першої півгодини роботи установки відбувається стрибок ХПК з 950 до 350 мг/дм³, далі йде поступове, близьке до лінійного, зменшення ХПК. Протя-

гом 4-х годин відбувається зменшення ХПК з 350 до 250 мг/дм³.

Проведені дослідження показали, що спільне використання ультрафіолетового опромінювання разом з озонуванням забезпечує зниження рівня забруднення стічних вод токсичними речовинами з ефективністю понад 94%. Це дозволяє розглядати даний метод у якості ефективного засобу очищення стічних вод від токсичних органічних речовин. Невеликі витрати електроенергії 1,0-1,5 кВт годин/м³, простота та компактність обладнання дозволяють розглядати метод активного окиснювання як такий, що придатний для вирішення проблеми детоксикації та знезараження токсичних стоків.

Проведена робота показала досить високу ефективність мобільної установки при детоксикації стічних вод, що дозволяє її рекомендувати для знешкодження токсичних стоків звалищ побутових та промислових відходів, стічних вод хімічних та фармацевтичних підприємств, утилізації застарілих пестицидів та непридатних мінеральних добрив, для знешкодження непридатних лікарських препаратів тощо. А також для вирішення глобальних проблем охорони навколишнього середовища та ліквідації антропогенних технологічних факторів.

За час проведення дослідних робіт були розроблені прототипи озонатора та фотохімічного реактору, які будуть використані при подальших роботах у цьому напрямку. На базі вказаного озонатора розроблено та готуються до серійного випуску кілька моделей озонаторів продуктивністю 25, 50, 100, 200, 300, 500 та 1000 гО₃/годину.

Робота здійснювалася в ініціативному порядку за рахунок власних коштів.

¹ (2,4-dichlorophenoxy)



ЛІТЕРАТУРА:

1. Тарасов В.В., Баранкова Г.С. Фотохимическое окисление органических веществ в водных растворах. - Физическая химия растворов, МИФИ. - 2004, С.173-174.
2. Архипов В.П., Камруков А.С., Овчинников П.А., Теленков И.И., Шашковский С.Г., Яловик М.С. Патент РФ RU2031851. Способ очистки сточных вод от органических веществ.
3. Нечаев И.А., Верещагина Л.М., Байкова С.А., Логунова А.Ю. Патент РФ 2246450. Способ очистки сточных вод от трудноокисляемых органических соединений.
4. Олейник И.С., Шаляпин С.М. Патент на полезную модель №32038. Система для очистки сточных вод от токсичных веществ.
5. Епоян С.М., Штонда І.Ю., Шаляпін С.М., Шаляпіна Т.С., Зубко О.Л., Штонда Ю.І. Ультрафіолетові установки для знезараження стічних вод та шляхи їх вдосконалення/ Науковий вісник будівництва. - Харків: ХНУБА, ХОТВАБУ. - 2015. - Вип.1(79). - С.237 - 241.
6. Шаляпін С.М., Штонда Ю.І., Шаляпіна Т.С. Застосування УФ опромінення для знезараження стічних вод на малих очисних спорудах./ Виробничо - практичний журнал «Водопостачання та водовідведення». - Київ, 2013. - №2/13. - С.14-19.
7. Шаляпін С.М., Штонда Ю.І., Шаляпіна Т.С. Порівняння різних методів знезараження стічних вод./ Виробничо - практичний журнал «Водопостачання та водовідведення». - Київ, 2013. - №3/13. - С.20-25.
8. Штонда Ю.И., Шаляпин С.Н., Штонда И.Ю., Шаляпина Т.С. Обеззараживание сточных вод на локальных очистных сооружениях./ Экологична безпека: проблеми і шляхи вирішення, ІХ міжнародна науково-практична конференція, м. Алушта 09-13 вересня 2013 р. Збірник наукових статей. Харків: «Райдер», 2013. - Т.1. - С.282 - 287.
9. Эпоян. С.М., Штонда И.Ю., Штонда Ю.И., Шаляпин С.Н., Шаляпина Т.С., Зубко А.Л. Обеззараживание сточных вод на локальных очистных сооружениях при использовании ультрафиолетового излучения./ Motrol. Commission of motorization and energttics in agriculture. - Volume 15 №6. - Lublin - Rzeszow. - 2013. С. 85-92.
10. Дегтярь М.В. Деструктивные методы очистки сточных вод полигонов твёрдых бытовых отходов. - Науковий вісник будівництва, С.172 - 175.