

**Державна служба України з надзвичайних ситуацій
Національний університет цивільного захисту України**



**Матеріали XVI Міжнародної
науково-практичної конференції**

«ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ»

2 травня 2025 року

Черкаси 2025

Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій:
Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції – Черкаси:
НУЦЗ України, 2025. – 449 с.

Рекомендовано до друку Вченою радою
навчально-наукового інституту
оперативно-рятувальних сил НУЦЗ України
(протокол №5 від 22.04.2025 р.)

Дозволяється публікація матеріалів збірника
у відкритому доступі комісією з питань роботи
із службовою інформацією в НУЦЗ України
(протокол №3 від 26.04.2025 р.)

Національний університет цивільного захисту України, 2025

2. Трегубов Д.Г., Дадашов І.Ф., Мінська Н.В., Гапон Ю.К., Чиркіна-Харламова М.А. Фізико-хімічні основи розвитку та гасіння пожеж горючих рідин. Х.: НУЦЗ України, 2024. 216 с.

3. Tregubov D., Slobodskoj S. The study of microarc discharge electric characteristics in wastewater treatment. *Coke and Chemistry*. 1997. №9. P. 32–34.

4. Деструкція хімічних сполук стічних вод процесу коксування вугілля: Автореф. дис... канд. техн. наук : 05.17.07 / Д. Г. Трегубов; УДНДВІ "УХІН". Харків: 2000. 16 с.

5. Кулик М.І. Утилізація відпрацьованих моторних мастил: еколого-економічний аспект. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. 2016. № 3-4 (26). С. 35–45.

УДК 628.543:541.11

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД КОКСОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА У МІКРОДУГОВОИХ РОЗРЯДАХ

Дмитро ТРЕГУБОВ, к.т.н., доцент

Олександр ПЛУЖНИК

Національний університет цивільного захисту України

На об'єктах промисловості часто виникає проблема знешкодження викидів для захисту навколишнього середовища та для забезпечення сфери безпечної життєдіяльності людини, що реалізується шляхом заходів очищення, утилізації, регенерації тощо. Одним з найбільш шкідливих виробництв за кількістю забруднювачів, їх токсичністю та за концентраціями, що викидаються, є коксохімічне виробництво. Значна кількість шкідливих сполук потрапляє у стічні води, очищення яких являє собою велику проблему внаслідок багатокомпонентності. Серед методів, здатних до очищення таких вод, високою ефективністю та різноманітністю впливів характеризуються електрохімічні методи, зокрема, електророзрядна обробка.

Але одиничний підводний розряд не забезпечує рівномірність обробки та створює потужні гідродинамічні хвилі, що ускладнює реалізацію технології. Більш рівномірну обробку забезпечує мікродуговий розряд у середовищі зернистого електроду між струмоподвідними електродами. Мікродуговий розряд виникає у місцях контакту частинок при протіканні електричного струму в об'ємі зернистого електропровідного матеріалу. утворюються численні плазмені канали, свого роду мікрореактори з тиском до 100 МПа і температурою до 5000 °С. Ці умови формують комплекс фізичних і хімічних впливів на забруднюючі воду домішки.

Можливість керування інтенсивністю хімічних реакцій і ефективністю обробки електророзрядами залежить від енергоємності їх утворення, умов і способу організації, властивостей об'ємного електроду, геометрії робочої камери реактора [1]. Підведена енергія розподіляється пропорційно співвідношенню електричних опорів у системі «об'ємний електрод–мікродуга–стічна вода». Генерація мікродуг є можливою, якщо мікродуговою шар має питомий електроопір до 0,2 Ом·м. Підвищити амплітуду зі зменшенням тривалості дії напруги дозволяє імпульсний режим введення електричної потужності. При цьому зростає кількість мікродуг і площа їх реакційної поверхні, а питома електрична потужність для ініціювання розряду в об'ємі реактора знижується до 1,6 Вт/см³, проти 13 і 16 Вт/см³ – для джерел змінного та постійного струмів, якщо у якості зернистого електроду використано кокс фракції 5–7 мм.

Активний розряд руйнує хімічні сполуки, формує активні окисники і молекулярні уламки, які вступають у вторинні реакції з утворенням нетоксичних сполук аж до СО₂, сульфатів, N₂ і Н₂О. Окиснення протікає за механізмами термоокисних, вторинних,

електро-, плазмо-, фотохімічних реакцій. Під дією мікродуг частина зернистого електроду переходить у воду у дрібнодисперсному стані та викликає процеси адсорбції й коагуляції. При цьому первинні механізми очищення мають крапкову дію, а вторинні – об'ємну або поверхневу.

На нерозчинних електродах за наявності хлор-іонів (NaCl з низькою концентрацією): вода насичується гіпохлоритом натрію та Cl_2 , окисно-відновний потенціал E_h розчину зростає до 1000 мВ. Графітові електроди мають поруватість та розвинуту робочу поверхню, що гальмує вихід хлору за струмом та інтенсифікує вихід кисню. За умов залізних анодів E_h знижується до -800 мВ за рахунок іонів Fe(II) . Це дозволяє відновлювати Cr(VI) [2-7, 8]. рН зростає до 10 за енерговитрат 2000 Кл/л. Однак, хлорування стічних вод може призвести до утворення хлорорганічних сполук, які потребують більш глибокого очищення.

Для металевих зернистого електроду енерговитрати на створення мікродуг у середовищі стічної води менші, ніж для коксового. Активна ерозія металевих електродів виникає за меншої електричної потужності з насиченням води диспергованим металом та наступним утворенням коагулянту. Наночастинки гідроксиду активно сорбують інші молекули з утворенням міцних сольватних комплексів. Але при цьому не видаляються органічні сполуки.

Досліджено [3, 4-4, 9] обробку стічних вод електророзрядами з напругою живлення до 1000 В, що пов'язано з відстанню між струмоподвідними електродами, електропровідністю об'ємного електроду та розміром його зерен. В умовах мережевої напруги різнополярні імпульси не задіюють у процесі обробки багато електрохімічних ефектів. При випрямленні струму виникають уніполярні імпульси з частотою 100 Гц. Але у різні моменти часу на систему діє напруга різної амплітуди, що ініціює електрохімічні процеси різного характеру та інтенсивності. Виникає потреба зменшення частки низьковольтних впливів, що досягають режимами: згладжування напруги; або імпульсним режимом – розряд електричного конденсатора; тиристорне «вирізання» максимуму мережевої напівхвилі.

Одним з основних джерел активних елементів є вода; в електродузі виникає киснево-воднева плазма, яка містить іонізовані та нейтральні молекулярні уламки сполук зі складу стічної води та сублімований матеріал електродів. Вуглеводні у розряді розкладаються до CH_4 , C_2H_6 , C_2H_4 , C_2H_2 , H_2 та сажі [4-2]. Прогрів стінок каналу розряду ініціює випаровування води та вуглеводнів в об'єм мікродуги, що ініціює процеси рідкофазного та парогазового окиснення, прямого спалення. Проходження реакцій окислення йде з виділенням тепла, що додатково нагріває оброблювану воду. Парогазове окиснення ще деякий час протікає після завершення мікророзряду у паровій бульбашці (один мікророзряд триває кілька мікросекунд).

Вторинні реакції в оброблюваній стічній воді відбуваються і можуть бути посилені за рахунок «активного хлору», озону, кисню, пероксиду водню, ультрафіолетового випромінювання.

У разі коксового об'ємного електроду значну роль у водоочищенні грає адсорбція. Поверхня частинки коксу активується під дією області мікродуги. Частина нанодисперсного активованого вуглецю переходить у стічну воду у вигляді аквадагу. У міжрозрядну паузу органічні домішки сорбуються і концентруються на активованих ділянках, де вони руйнуються під час наступного мікророзряду; водночас сорбційна поверхня регенерується.

Видалення органічних домішок зі стічної води у мікророзрядах йде переважно шляхом хімічної взаємодії, тому за малих концентрацій зростають енерговитрати для компенсації дифузійних ускладнень, а при великих – пропорційно більшій масі домішок.

Для підвищення ролі адсорбційних процесів водоочищення в об'ємі стічної води необхідно інтенсифікувати диспергування зернистого вуглецевого електроду. Це можна досягти використанням обвуглених матеріалів з меншою міцністю, наприклад,

деревинного вугілля замість металургійного коксу. Але деревинне вугілля має більший питомий електроопір, що буде погіршувати умови виникнення мікродугового розряду та збільшувати енерговтрати під час обробки. Тому запропоновано використати сумішевий об'ємний електрод з деревинного вугілля та сталевий або алюмінієвий стружки. Дослід підтвердив можливість використання такого підходу. При цьому отримано можливість ініціювання мікророзрядів у досліджених раніше енергетичних режимах, поглиблення видалення органічних сполук за рахунок інтенсифікації процесів адсорбції, ініціювання видалення неорганічних сполук за рахунок диспергування металевий складової сумішевого електрода. Під час однократної обробки коксохімічного зливу досягнуте вилучення 82 % роданидів, > 99 % смол, масел, фенолів. Зв'язаний аміак і сульфати утворюються при окисненні роданидів.

Таким чином, досліджено можливість підвищення ефективності мікродугового очищення стічної води від органічних та неорганічних домішок під час її обробки шляхом поєднання процесів адсорбції та коагуляції за рахунок впровадження сумішевого об'ємного електрода з металевих та вуглецевих частинок за умови заміни коксу на деревинне вугілля.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Tregubov D., Slobodskoj S. The study of microarc discharge electric characteristics in wastewater treatment. *Coke and Chemistry*. 1997. №9. P. 32–34.
2. Василенко О., Гальванокоагуляція як універсальний метод очищення стічних вод від іонів важких металів. *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки*. 2017. №28. С. 48–52.
3. Глушак А.Н. Дослідження процесу електроімпульсного очищення хромвмісних стічних вод. *Науковий вісник будівництва*. 2000. №19. С. 213–217.
4. Деструкція хімічних сполук стічних вод процесу коксування вугілля: Автореф. дис... канд. техн. наук : 05.17.07 / Д. Г. Трегубов; УДНДВІ "УХІН". Харків: 2000. 16 с.

УДК 624.131.3

БАЗОВІ АСПЕКТИ СТВОРЕННЯ ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ВОЄННОГО ХАРАКТЕРУ

*Олександр ТРОЯН, Олександр ПАШЕНЮК, Анастасія ВОЛОТІВСЬКА,
Дмитро ЖУРБИНСЬКИЙ, канд. тех. наук, доцент
Національний університет цивільного захисту України*

Можна стверджувати значну роль громад у формуванні та покращенні обороноздатності України в умовах повномасштабного вторгнення 2022 року [1-3]. Роль держави, як регулюючого апарату, що встановлює та контролює дотримання стандартів стає більш конкретною. Виконання колосального завдання забезпечення цивільного захисту населення країни покладається на громади оскільки вирішення проблем забезпечення конкретних питань є більш раціональним при встановленні її на місці [4].

Однак слід зазначити, що даний підхід потребує вирішення чотирьох базових аспектів створення та модернізації об'єктів цивільного захисту:

- експропріація та раціональний перерозподіл державної та приватної власності на землю та об'єкти будівництва з метою сприяння будівництву об'єктів цивільного захисту;
- фінансування відбудови та будівництва споруд цивільного захисту;

<i>Дмитро СОКОЛОВ, Анатолій ГЛАДІЙ</i>	
АНАЛІЗ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУДАХ	343
<i>Дмитро СОКОЛОВ, Андрій КАЛАПАЧ</i>	
АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ТА АНАЛІЗ ВИНИКНЕННЯ	
НС НА ОБ'ЄКТАХ З НАЯВНІСТЮ НХР	344
<i>Дмитро СОКОЛОВ, Максим ПАТЬОХА</i>	
ПИТАННЯ ЩОДО НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ ПРИ АВАРІЯХ НА	
ОБ'ЄКТАХ З ОБЕРТАННЯМ НЕБЕЗПЕЧНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН	345
<i>Дмитро СОКОЛОВ, Олег КОТИК</i>	
АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ТА АНАЛІЗ ВИНИКНЕННЯ НС НА	
ОБ'ЄКТАХ ПО ЗБЕРІГАННЮ НАФТИ ТА НАФТОПРОДУКТІВ.....	347
<i>Дмитро СОКОЛОВ, Федір АНДРІЄВСЬКИЙ</i>	
АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ	
НС З НАЯВНІСТЮ РАДІАЦІЇ	348
<i>Ігор СОЛОДКИЙ, Юліана ГАПОН</i>	
ОГЛЯД АВАРІЙ ТА НАСЛІДКІВ ПОВ'ЯЗАНИХ З ВИКИДОМ НЕБЕЗПЕЧНИХ	
ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН В ПЕРІОД ВОЄННОГО СТАНУ	349
<i>Данило СТАНКЕВИЧ</i>	
РОЗРОБКА ОПЕРАТИВНО-ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ З ХІМІЧНОГО	
ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ЛІКВІДАЦІЄЮ НАСЛІДКІВ АВАРІЙ	
НА «ДНІПРОВСЬКИЙ ВОДОПРОВІДНИЙ СТАНЦІЇ №1».....	350
<i>Віталій СТЕПАНЕНКО</i>	
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ НА ОБ'ЄКТАХ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ З	
НЕБЕЗПЕЧНИМИ ХІМІЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ	351
<i>Юлія СТЕПАНЕНКО, Олександр ЗОБЕНКО</i>	
ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ	
ДЛЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ	352
<i>Наталія ТВЕРДОХЛІСБОВА</i>	
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ	
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	353
<i>Олександр ТЕСЛЕНКО, Олександр ДОЦЕНКО,</i>	
<i>Сергій ЦИМБАЛІСТИЙ, Олександр КРИКУН</i>	
РИЗИКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРІВ ПАЛИВНОГО	
ТИПУ ПІД ЧАС ЕНЕРГЕТИЧНИХ КРИЗ: АНАЛІЗ ПРИЧИН	
ПОЖЕЖ І ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ	355
<i>Єгор ТИНДЮК, Артем МАЙБОРОДА</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РОЗТАШУВАННЯ ТВЕРДИХ	
ГОРЮЧИХ РЕЧОВИН НА ШВИДКІСТЬ ГОРІННЯ	357
<i>Дмитро ТРЕГУБОВ, Віктор ДЕРЕНКО</i>	
ПРОГНОЗУВАННЯ ГДК З ВРАХУВАННЯМ	
НАДМОЛЕКУЛЯРНОЇ БУДОВИ	359
<i>Дмитро ТРЕГУБОВ, Владислав ЗАХАРЧЕНКО</i>	
МЕТОД ПЛАЗМОХІМІЧНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ШИННОЇ ПРОДУКЦІЇ	362
<i>Дмитро ТРЕГУБОВ, Олександр ПЛУЖНИК</i>	
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ	
ВОД КОКСОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА У	
МІКРОДУГОВОИХ РОЗРЯДАХ	364
<i>Олександр ТРОЯН, Олександр ПАШЕНЮК,</i>	
<i>Анастасія ВОЛОТІВСЬКА, Дмитро ЖУРБИНСЬКИЙ</i>	
БАЗОВІ АСПЕКТИ СТВОРЕННЯ ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ	
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ	
СИТУАЦІЙ ВОЄННОГО ХАРАКТЕРУ	366