

**ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ**

**Збірник наукових праць  
II Міжнародної  
Науково-практичної конференції**

**БІОЛОГІЧНІ, ХІМІЧНІ ТА  
ЕКОЛОГІЧНІ ЗАГРОЗИ  
В УМОВАХ ВІЙНИ**

**Львів 2026**

**Біологічні, хімічні та екологічні загрози в умовах війни:** Зб. наук. праць II Міжнародної науково-практичної конференції. – Львів: ЛДУБЖД, 2026. – 459 с.

#### **ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ**

**Дмитро БОНДАР**

д.ю.н., доцент, Заслужений працівник цивільного захисту України, генерал-майор служби цивільного захисту, ректор Львівського державного університету безпеки життєдіяльності;

**Василь ПОПОВИЧ**

д.т.н., професор, проректор з наукової роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності;

**Вікторія СЕРГІЄНКО**

д.м.н., професор, проректор з наукової роботи ДНТ «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького»;

**Наталія ІВАНЧЕНКО**

генеральний директор ДУ "Львівський обласний центр контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я України";

**Ярослав ІЛЬЧИШИН**

к.пед.н., начальник науково-дослідного центру Львівського державного університету безпеки життєдіяльності;

**Юрій КОПИСТИНСЬКИЙ**

к.т.н., начальник докторантури-ад'юнктури Львівського державного університету безпеки життєдіяльності;

**Катерина СТЕПОВА**

к.т.н., доцент, старший науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності науково-дослідного центру

**Ярослав КИРИЛІВ**

Львівського державного університету безпеки життєдіяльності;

**Ірина ФЕДІВ**

к.т.н., ст.н.с., провідний науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності науково-дослідного центру

**Тетяна СКИБА**

Львівського державного університету безпеки життєдіяльності; доктор філософії (PhD), головний науковий співробітник відділу науково-редакційної діяльності науково-дослідного центру

**Олександра ЖОРНА**

Львівського державного університету безпеки життєдіяльності; доктор філософії (PhD), науковий співробітник відділу науково-редакційної діяльності науково-дослідного центру

**Дмитро ЛОБОДА**

Львівського державного університету безпеки життєдіяльності; фахівець відділу міжнародного співробітництва Львівського державного університету безпеки життєдіяльності;

ад'юнкт денної форми навчання докторантури-ад'юнктури

Львівського державного університету безпеки життєдіяльності.

Збірник базується на наукових матеріалах II Міжнародної науково-практичної конференції «Біологічні, хімічні та екологічні загрози в умовах війни».

Матеріали, представлені у збірнику, відображають власну наукову позицію авторів. Автори несуть повну відповідальність за достовірність фактів, цитат, економічних і статистичних даних, наукової термінології, власних назв та наведених посилань.

- 
- Д. Г. Трегубов, В. М. Нуянзін**  
НЕБЕЗПЕКИ СУМІШЕЙ АМОНІЙНОЇ СЕЛІТРИ  
АГРОПРИЗНАЧЕННЯ..... 355
- І. Мартинов**  
РИЗИКИ ТА ЗАГРОЗИ ВИКОРИСТАННЯ  
ФІТОТОКСИКАНТІВ У ВОЄННИЙ ЧАС..... 360
- М. А. Чиркіна-Харламова, Д. Г. Трегубов,  
О. В. Сергієнко**  
НАПРЯМКИ ЗНЕШКОДЖЕННЯ АВАРІЙНИХ  
ВИКИДІВ СТІЧНИХ ВОД..... 364
- О. В. Кулаков**  
ОПТИМІЗАЦІЯ ШВИДКОСТІ ХІМІЧНОЇ  
НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ ХЛОРУ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ  
НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ..... 369
- О. О. Кіресєв**  
НОВІ ЗАСОБИ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ХІМІЧНИХ АВАРІЙ ІЗ  
РОЗЛИВОМ ТОКСИЧНИХ РІДИН..... 373
- О. Ю. Шломін, О. П. Гончарук, О. О. Мойко**  
ХІМІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ЗАГРОЗИ В УМОВАХ  
ВІЙНИ: ВИКЛИКИ ДЛЯ ГРОМАДСЬКОЇ БЕЗПЕКИ  
ОХТИРСЬКОЇ ГРОМАДИ..... 377
- С. М. Козуб, Н. М. Чаленко**  
ХІМІЧНІ ЗАГРОЗИ В УМОВАХ ВОЄННИХ ДІЙ:  
ЕКОЛОГІЧНІ ТА МЕДИКО-СОЦІАЛЬНІ  
НАСЛІДКИ..... 380
-

УДК 628.543:541.13

**НАПРЯМКИ ЗНЕШКОДЖЕННЯ АВАРІЙНИХ ВИКИДІВ  
СТІЧНИХ ВОД***М. А. Чиркіна-Харламова, к. т. н., доцент,**Д. Г. Трегубов, д. т. н., доцент,**О. В. Сергієнко, курсант,**Національний університет цивільного захисту України*

Багато технологій зіткаються з потребою скидання високотоксичних багатокомпонентних стоків. Серед них однією з найнебезпечніших є коксохімічне виробництво внаслідок забруднення стоків багатьма органічними та неорганічними домішками. Бага токомпонентність та високі концентрації забруднювачів створюють проблеми для технології очищення та потребує стадійності процесу. Достатньо ефективною є технологія заводського біохімічного очищення з наступним доочищенням у міських біологічних ставках. Але ці установки працюють повільно, є крупногабаритними, потребують передочищення та у разі руйнування боєприпасом не можуть бути швидко відновлені, що викличе хімічне забруднення великих територій. Крім того, метод має вузький режим ефективної роботи за концентраціями забруднювачів та температурою, а тому не впорається з аварійним викидом концентрованих стічних вод. Основними параметрами, які контролюються на вході та виході з установки є вміст фенолів, роданідів, нітрогенвмісних сполук та хімічне споживання кисню (ХСК); стік має бути звільнений від смол та масел [1].

Просту і компактну схему роботи мають методи електрообробки за рахунок ведення потужності з високою густиною саме в оброблюваний об'єм. Серед них можливістю гнучкого керування цим процесом та широким діапазоном впливів на воду та її домішки характеризується мікродуговий

розряд у середовищі зернистого електроду [2]. Мікроелектричні короточасні розряди виникають у місцях перехідних електричних контактів між зернами в об'ємі електроду, що заповнює простір між струмопідвідними електродами, на які подається напруга до 1000 В. Мікролокації розрядів створюють первинний вплив у вигляді термічної та електрохімічної дії, а також формується складний комплекс частинок, молекул та радикалів, що потрапляють у стічну воду та надають наступні впливи. Це формує комплекс фізичних і хімічних впливів з плазмо-, термо-, фото-, електрохімічних та парогазових реакцій в області мікродуги, вторинних реакцій в об'ємі стоку за участю сформованих у мікродугах активних агентів та фізичного впливу від утворених сорбентів і коагулянтів. Оскільки дія мікродуг точково-дискретна, лише їх вплив не може забезпечити достатню глибину очищення. Тому спиратись необхідно на вторинні післярозрядні процеси в об'ємі стічної води, коли мікродуги використано як джерела реакційноздатних частинок (радикалів, іонів, молекулярних продуктів, електронів).

Потужність в короточасному імпульсі досягається рівня мегават, але за рахунок керування тривалістю імпульсу можна контролювати введену енергію. Такий режим дозволяє значно зменшувати габарити реактору, але зберігати високу інтенсивність обробки. Коагулянт (гідроксид заліза або алюмінію) або адсорбент (нанодисперсний карбон) утворюється внаслідок ерозії гранул насипного електроду. У першому випадку краще видаляються неорганічні сполуки та іони важких металів [3], у другому – органічні сполуки [2]. Окислювальний вплив формує на поверхні карбонових електродів або частинок кисневмісні функціональні групи (-ОН, -COOH, C=O), що посилює її адсорбційну та каталітичну дію. Таким чином, біля локації мікророзряду можна виділити зони впливу: мікродуга, перехідна, активована вода.

Описані механізми підтверджуються аналізом газової та рідкої фаз під час мікродугової обробки чистої та стічної води. Так, у газовій фазі вміст  $\text{H}_2$  і  $\text{O}_2$  близький, це показує, що вони є продуктами деструкції води; вміст  $\text{CH}_4$  та  $\text{C}_2\text{H}_2$  значно більший для стічної води, це показує, що вони є продуктами деструкції вуглеводнів. Але вміст  $\text{O}_2$  менше очікуваного, тобто він значною мірою витрачається на окиснення електродів. Стік після обробки має той самий вміст хлоридів, незначно менше амонійного нітрогену, роданідів – у 10 разів, фенолів – у 100, ліквідуються смоли і масла, виникає дисперсний карбон з частинками до 1 мкм.

Розроблена модель очисних стадій передбачає руйнування фенолів в мікродугах, винос на активованих поверхнях частинок карбону, доокиснення у вторинних реакціях; а руйнування роданідів – радикальні реакції та за участі хлору; амонійний нітроген як розкладається, так й формується у реакціях роданідів. Для випробуваних апаратів краща ефективність очищення отримана за питомої потужності в реакторі: для органічних сполук –  $2 \text{ Вт} \cdot \text{см}^{-3}$  з очищенням на 99 %, для роданідів –  $2,7 \text{ Вт} \cdot \text{см}^{-3}$  з очищенням на 97 % за енергоємності  $20 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-3}$  і продуктивності –  $0,15 \text{ м}^3 \text{ год}^{-1}$ .

Альтернативним діючим варіантом знешкодження стічних вод на коксохімічних заводах є їх подавання на мокре гасіння розжареного коксу після видачі з печі коксування. Ця технологія крім утилізації стічних вод надає можливість знесірення коксу, що корисно для доменного процесу [3, 4]. Такі можливості забезпечуються високою вихідною температурою коксу – близько  $1100 \text{ }^\circ\text{C}$ . Тому мокре гасіння можна віднести до термохімічних методів знешкодження забруднених водних систем з активацією процесів прямого піролізу, окиснення на повітрі та парогазових реакцій [2].

Однак сучасна методика «проливання» коксу водою в гасильному вагоні не повною мірою використовує охолоджуючу здатність води. Таке становище пояснюється тим, що за

інтенсивного поливання водою поверхня шматка швидко охолоджується і багато реакцій, які потребують більших температур вже не протікають. У той же час середина шматка ще залишається гарячою за рахунок акумульованого під час коксування тепла. Тоді можна проливати кокс малими імпульсами води, щоб об'єм шматка встигав усереднювати свою температуру. Порція води в наступному імпульсі буде потрапляти на знов розжарену поверхню. Водночас досягається ще декілька корисних ефектів: 1) охолоджуюча здатність води використовується більш повно – оскільки вода встигає пройти 3 етапи відбору тепла – нагрівання рідкого стану, витрати тепла на випаровування, нагрівання парового стану до температури коксу; 2) більш ефективне охолодження дозволяє зменшити витрату води; 3) є можливість отримати менш вологий кокс після гасіння; 4) досягається більш «м'який» режим охолодження шматка, зменшуються термічні напруження у його об'ємі, що забезпечує більшу міцність товарного коксу; 5) менша кількість води для гасіння означає менші парогазові викиди, що разом з більшою глибиною знешкодження домішок значно зменшує забруднення атмосфери; 6) в паузах між імпульсами води її пара буде флегматизувати можливість горіння коксу.

У сучасній технології мокрого гасіння для забезпечення екологічних норм стічну воду подають після очищення та розбавлення. За подавання концентрованого стоку зона забруднення атмосфери простягається до 5 км за вітром. Слід зауважити, що деякі забруднювачі утворюються на гарячому коксі навіть за умов гасіння чистою водою – такі як HCN, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub> та частково NH<sub>3</sub>, а також утворюється синтез-газ. Виділення H<sub>2</sub>S і SO<sub>2</sub> свідчить про знесірнення коксу.

Стосовно можливості утилізації нерозбавлених стоків можна відмітити, що ефективність піролізу на залежить від концентрацій забруднювачів, а ефективність термоокиснювальних процесів пов'язана з інтенсивністю масообміну, що за імпульсної подачі води забезпечується. За

температур гасіння розкладаються органічні і деякі неорганічні сполуки, ініціюється окиснення. За стандартного гасіння до 60 % фенолів стоку йде у парову хмару, до 45% окиснюється на гарячому коксі, до 5% йде у відстійники. Імпульсне подавання води у 7–10 разів покращує цей процес.

Таким чином, впровадження мікродугового очищення стоків і їх утилізації в імпульсному режимі подавання води під час мокрого гасіння коксу надає гнучкі можливості для знешкодження аварійних викидів нерозбавлених стоків та запобігання забруднення територій.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Трегубов Д.Г., Гапон Ю.К., Чиркіна-Харламова М.А. Деструкція домішок стічних вод у мікродугових розрядах. Черкаси: НУЦЗ України, 2026. 100 с.

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

3. Tregubov D., Miroshnichenko D. Methods of decrease in sulfur content in coke (review). *Coke and chemistry*. 2005. №6. P. 21–28..

4. Трегубов Д.Г. та ін. Використання досвіду пожежогасіння у технології мокрого гасіння металургійного коксу. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2025. №41(1). С. 114–129.