

УДК 54+66]:005.334(06)

ISBN 978-966-695-653-1

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО

ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

ALGOL CHEMICALS SIA, RIGA, LATVIA

EMO FRITE COMPANY, CELJE, SLOVENIA

CM.PROJECT.ING GmbH, GERMANY

GOLDEN TILE CERAMIC GROUP

ПрАТ «ТРЕСТ ЖИТЛОБУД-1»

МАТЕРІАЛИ

**МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЇ**

**«Актуальні питання хімії та інтегрованих
технологій в умовах кризових ситуацій та
сучасних викликів»**

14–16 квітня 2026 р.

Харків – 2026

УДК 54+66]:005.334(06)

A43

Редакційна колегія:

Христич О. В. – канд. техн. наук, доцент, доцентка кафедри хімії та інтегрованих технологій Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова;

Скрипинець А. В. – канд. техн. наук, доцент, доцентка кафедри хімії та інтегрованих технологій Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова;

Смирнова Ю. О. – канд. техн. наук, старша викладачка кафедри хімії та інтегрованих технологій Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова.

*Рекомендовано до видання Вченою радою Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова,
протокол № 10 від 5 червня 2026 р.*

A43 **Актуальні** питання хімії та інтегрованих технологій в умовах кризових ситуацій та сучасних викликів : матеріали Міжнар. науково-практичної інтернет-конф., Харків, 14–16 квітня 2026 р. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, Algol Chemicals SIA (Riga, Latvia), EMO Frite Company (Celje, Slovenia) [та ін.] ; [редкол. : О. В. Христич, А. В. Скрипинець, Ю. О. Смирнова]. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2026. – 266 с.

ISBN 978-966-695-653-1

У збірнику надані матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Актуальні питання хімії та інтегрованих технологій в умовах кризових ситуацій та сучасних викликів», що відбулася 14–16 квітня 2026 року в Харківському національному університеті міського господарства імені О. М. Бекетова. Збірник може становити інтерес для наукових співробітників, аспірантів та студентів, які займаються дослідженнями у області хімічної технології та інженерії, матеріалознавства та нанотехнологій, тенденціями розвитку та вдосконалення виробництв хімічної галузі, питаннями екологічного моніторингу, нафтогазової, вугільної промисловості, корозії та захисту матеріалів, сучасними тенденціями розвитку освіти за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія».

УДК 54+66]:005.334(06)

© Колектив авторів, 2026

© Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, 2026

ISBN 978-966-695-653-1

<i>Воловецький В. Б.</i>	
Дослідження руйнування піни у газорідному потоці	174
<i>Скрипинець А. В., Кабусь О. В., Різниченко Є. С.</i>	
Захисні полімерні покриття для каналізаційних мереж.....	176
<i>Нестеренко С. В., Бічев М. С.</i>	
Корозійно-ерозійна стійкість наплавленого металу 07X19H11M3, мікролегованого РЗМ, в умовах сульфатного відділення коксохімічного виробництва	179
<i>Gurina G. I., Kot A. G., Bilyk G. V.</i>	
Prospects for the use of polymer composites in high-performance coating systems.....	184
<i>Бабенко В. М., Білобородов Ю. В.</i>	
Поєднання ректифікаційного та відцентрового обладнання для регенерації відпрацьованих мінеральних масел.....	188
<i>Наливайко О. І., Рудий С. М., Бобловський О. В.</i>	
Магнітна обробка рідини у видобувних свердловинах нафтових родовищ	192
<i>Трегубов Д. Г., Чиркіна-Харламова М. А., Сергієнко О. В.</i>	
Участь матеріалу насипного електроду у процесах мікродугового очищення стічних вод	196
<i>Наливайко О. І., Ромашко О. В., Ткаченко Р. Б.</i>	
Фізика, умови утворення та ефект активації газогідратів метану при застосуванні матеріалу «RAMSINKS-2/R-2.....	200
<i>Наливайко О. І., Ромашко О. В., Ткаченко Р. Б.</i>	
Встановлення відповідності фактичних показників розробки Гнідинцівського НГКР проектним	204
<i>Михайлов Д. О., Штефан В. В.</i>	
Сучасні тенденції в електроосаженні функціональних покриттів на основі хрому: від сплавів до композитів	208
<i>Piukhin M.</i>	
Chemical Corrosion Control in Oil and Gas Production	211
<i>Vashchenko I.</i>	
Integrated Modelling of Heavy Oil Recovery: Flow Assurance and Corrosion Control	214
<i>Капцов І. І., Капцова Н. І., Омельченко К. А.</i>	
Методи відновлення лінійної частини магістральних газопроводів.....	218
<i>Сіробаба М. О., Карножицький П. В.</i>	
Вплив вмісту кислій смолок на фізико-механічні та екологічні характеристики бітумних в'язучих	220

УЧАСТЬ МАТЕРІАЛУ НАСИПНОГО ЕЛЕКТРОДУ У ПРОЦЕСАХ МІКРОДУГОВОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Трегубов Дмитро Георгійович,

доктор технічних наук, доцент, доцент;

Чиркіна-Харламова Марина Анатоліївна,

кандидат технічних наук, доцент, заступниця начальника кафедри;

Сергієнко Олексій Віталійович,

курсант

Національний університет цивільного захисту України

trehubov_dmytro@nuczu.edu.ua

Серед найбільш забруднених промислових водних систем можна відзначити стоки коксохімічного, металургійного, гальванічного виробництв, які містять органічні та неорганічні забруднення, у тому числі іони важких металів та бенз(а)пірен. Традиційні технології очищення води використовують відстоювання, хімічну коагуляцію, фільтрацію, сорбцію, біологічне розкладання, але ці технології мають технологічні недоліки та індивідуальні обмеження. Це може бути крупногабаритність, енергозатратність, вузький спектр речовин, що видаляються, недостатня глибина очищення, забруднення води новими домішками тощо. Ці обмеження підкреслюють необхідність інтегрованих або гібридних підходів для досягнення комплексного очищення багатокомпонентних стічних вод [1]. Серед електрохімічних способів очищення стічних вод особливий інтерес викликають електророзрядні методи завдяки здатності генерувати високореактивні частинки безпосередньо в рідкій фазі [2]. Поточне дослідження вдосконалює обробку фенол- і роданідвмісних стічних вод за допомогою мікророзрядів в реакторі з насипним електродом, завдяки чому створюються не локальні плазмові ефекти, а розподілене реактивне середовище, що об'єднує плазмо-, електрохімічні процеси з насиченням стоку реакційноздатними речовинами, що утворюються.

Мікродуговий розряд генерує суміш реакційноздатних частинок і первинних продуктів перетворення, які викидаються в об'єм розчину та беруть участь у вторинних реакціях. Гідратовані електрони діють як сильні відновники та сприяють утворенню супероксидних радикалів шляхом відновлення кисню, які стабільніші за гідроксильні радикали, можуть брати участь в об'ємних реакціях і формують вторинні окисники, такі як H_2O_2 . Співіснування окислювальних і відновлювальних реакційноздатних частинок створює складне окисно-відновне середовище, яке покращує шляхи перетворення в об'ємі розчину. Тоді ефективність обробки визначають не стільки локалізовані ефекти мікродуг,

скільки об'ємні вторинні реакції на диспергованому карбоні і з реакційноздатні проміжні продукти, у тому числі – *in situ*-згенерованих активних частинках, таких як гідроксильні радикали (OH^\bullet), гідратовані електрони (e^-_{aq}) і супероксидні радикали ($\text{O}_2^{\bullet-}$). На рис. 1 наведено схему багатостадійних фізико-хімічних процесів під час очищення коксохімічних стічних вод в умовах мікродугового розряду, яка підкреслює перехід від локалізованих плазмових ефектів до об'ємних вторинних реакцій, опосередкованих диспергованим карбоном та реакційноздатними проміжними продуктами.



Рисунок 1 – Схема процесів під час мікродугового очищення стічних вод

Протікання електричного струму крізь шар коксу фракції 5–7 мм викликає електрохімічну поляризацію і поверхнєве окиснення, що викликає утворення каталітично активних центрів. В умовах мікродуги поверхня коксу зазнає окислювальної функціоналізації внаслідок взаємодії з активними формами кисню

(ОН, О, О₃) та термічних ефектів. Ключовою особливістю процесу є утворення субмікронних дисперсних аморфних карбонових частинок (або металевих), які не затримуються стандартною фільтрацією, і діють як реакційна фаза в об'ємі розчину, вони забезпечують центри адсорбції і сприяють вторинним реакціям, що підвищує загальну ефективність очищення. Менш міцний кокс у мікророзрядах сильніше диспергується (міцність коксу оберненопропорційна його електропровідності [3]). Проходження електричного струму через коксовий електродний шар формує анодні та катодні зони на кожному «зерні», що сприяє електрохімічним реакціям та функціоналізації поверхні з утворенням дефектних ділянок і кисневмісних функціональних груп (-ОН, -СООН, С=О), які діють як активні центри для подальших реакцій, що покращує його адсорбційні і каталітичні властивості.

Видалення фенолів обумовлюється комбінованим механізмом адсорбції та окиснення, тоді як руйнування роданідів відбувається переважно через радикальні, та, за наявності хлор-іонів, хлор-опосередковані шляхи окиснення. У системах із металевим насипним електродом (Fe або Al), феноли видаляються й за допомогою механізмів коагуляції на високодисперсних гідроксидах металів, тоді як роданіди переважно – через процеси окислення і слабо піддаються коагуляції, якщо їх попередньо не трансформувати. Також коагуляція може сприяти видаленню диспергованого карбону та пов'язаних з ним органічних продуктів.

Тривалість імпульсу (мілі-, мікро- або наносекундна) суттєво змінює хімію процесу, навіть якщо енергія на імпульс йде однаково. Тривалий імпульс мікророзряду (>2 мс) – низькочастотний режим – протягом цього періоду встигає перейти в стадію теплової дуги. Частина енергії витрачається на нагрівання та випаровування води у міжелектродному просторі. Тому основне руйнування фенолів та роданідів відбувається через високу температуру (піроліз), а не за рахунок гідратованих електронів, які швидко зникають у гарячій зоні [4].

Якщо розряд триває мікросекунди або менше, виникає «холодна» плазма. Ударна хвиля виникає з максимальною швидкістю зростання тиску та інтенсивно викидає активні частинки вглиб розчину, збільшуючи активну зону реакції. Енергія витрачається не стільки на нагрівання води, скільки на розрив зв'язків. Це особливо важливо для видалення роданідів, оскільки вони не встигають прореагувати в нецільових реакціях.

Обробку проводили на імпульсах струму тривалістю до 0,5 мс з амплітудою 800 В у перехідному режимі між формуванням «холодної» плазми та теплової дуги. Формується активний мікродуговий розряд зі стабільним потоком електронів, які набувають гідратованого стану на початку формування дуги, далі йде виділення ОН-радикалів та перекису водню протягом усього імпульсу. Перекис водню разом з УФ-випромінюванням розряду працює як фото-

фентонівська система, додатково окислюючи продукти розкладання фенолу навіть після закінчення імпульсу. Нагрівання прирозрядної області позитивно впливає на руйнування роданідів, оскільки термічна активація прискорює їх окислення радикалами. Під час тривалої дуги відбувається значна ерозія електродів, їх іони та мікрочастинки потрапляють у розчин і стають каталізаторами, що прискорює розщеплення роданідів, а також мікросорбентами (з ефектом коагуляції для металевого шару електрода). Газофазний аналіз виявляє підвищений вихід водню і монооксиду карбону, з низьким виділенням діоксиду карбону, що свідчить про перехід від піролізу вуглеводнів до часткового окиснення за допомогою плазми в умовах дефіциту кисню. Хоча кисень утворюється за розкладання води, його вміст – низький через швидке витрачання в реакціях окислення карбонвмісних матеріалів і вуглеводнів.

Результати очищення демонструють селективне перетворення домішок стічних вод та значне зниження вмісту деяких забруднюючих речовин: фенолів на два порядки (на 99 %) та десятикратне зменшення роданідів (на 97 %), тоді як концентрація хлоридів залишається незмінною, що вказує на їхню участь у циклічних шляхах окиснення. Зменшення фенолів можна пояснити комбінацією адсорбції на диспергованому карбоні та подальшого окиснення в об'ємі розчину. Концентрація амонійного азоту демонструє лише незначні зміни, що свідчить про одночасне руйнування та утворення – ймовірно через розкладання роданіду. Очищена вода містить дрібнодисперсні аморфні карбонові частинки (<1 мкм), які не затримуються стандартною фільтрацією. Вони формують реакційноздатну дисперсну фазу, що сприяє адсорбції та каталітичним процесам в об'ємі розчину.

Результати показують, що домінуючий внесок у видаленні забруднюючих речовин мають вторинні об'ємні реакції, а не локалізовані ефекти мікророзряду. Запропонований механізм підкреслює синергетичну взаємодію між плазмовими процесами, диспергованим карбоном та хімізмом об'ємної фази, пропонуючи нові перспективи для очищення стічних вод за допомогою мікродугових систем.

Список використаних джерел

1. Трегубов Д.Г., Гапон Ю.К., Чиркіна-Харламова М.А. Деструкція домішок стічних вод у мікродугових розрядах. Черкаси: НУЦЗ України, 2025. 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.G. et al. Carbonized Residues Electrical Resistance as a Result of the Supramolecular Structure Organization. *Materials Sci. Forum*. 1164 (2025) 133–143.
4. Трегубов Д. Г. та ін. Використання досвіду пожежогасіння у технології мокрого гасіння металургійного коксу. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2025. №41(1). С. 114–129.