

УДК 628.543: 541.11

*Трегубов Д.Г., к.т.н., Тарахно О.В. к.т.н.
Україна, Академія цивільного захисту України*

ВИДАЛЕННЯ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК З ПРОМИСЛОВИХ ЗЛИВІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МІКРОДУГОВОГО РОЗРЯДУ

Розглянуті чинники видалення органічних сполук з промислових зливів за допомогою мікродугового розряду. Обґрунтована та показана можливість очищення зливів від органічних та неорганічних сполук за рахунок керування умовами виникнення мікродугового розряду.

Серед методів, здатних до очищення багатокомпонентних промислових зливів, високою ефективністю обробки і різноманітністю впливів характеризуються електрохімічні методи і, зокрема, спосіб електророзрядної обробки рідини.

Мікроелектричний розряд у рідині виникає при протіканні електричного струму в засипці рухливого електропровідного матеріалу. У місцях контакту часток утворюються численні плазменні канали, свого роду мікрореактори, з тиском до 100 МПа і температурою

більш 5000 °С. У цих умовах формується комплекс фізичного і хімічного впливів на забруднюючі воду домішки, відповідно стадії розвитку розряду.

На відміну від класичної електрохімічної обробки, до факторів деструкції органічних сполук додається термічний вплив і пов'язані з цим процеси. Це наближує мікродуговий метод до огневих методів обробки зливів.

Можливість керування інтенсивністю хімічних реакцій і ефективністю обробки води полягає у залежності енергоємності утворення розряду від умов і способу його організації, тобто від технологічних і електричних характеристик системи, властивостей електродів і геометрії робочої ячейки реактора. Імпульсний режим утворення мікророзряду дозволяє підвищити амплітуду та зменшити тривалість дії напруги. При цьому зростає кількість мікродуг і площа реакційної поверхні. Підведена енергія розподіляється відповідно співвідношенню електричних опорів у системі “об’ємний електрод – мікродуга – стічна вода”. Генерація мікродуг стає можливою, якщо мікродуговий шар має питомий електроопір менш ніж 0,2 Ом·м. Питома електрична потужність початку генерації розряду і процесів термохімічної деструкції в імпульсному режимі складає 1,6 Вт/см³, проти 13 і 16 Вт/см³ – для джерел змінного та постійного струмів, відповідно, тобто знижується у 8 – 10 разів (у якості рухомих електродів використано кокс фракції 5 – 7 мм).

Активний розряд приводить до руйнування хімічних сполук, утворення активних окислювачів і молекулярних уламків, що потім вступають у вторинні реакції з утворенням нетоксичних сполук, аж до диоксиду вуглецю, сульфатів, азоту і води. Процеси окислювання протікають за механізмами плазмохімічних, електрохімічних, термоокислювальних, фотохімічних та вторинних реакцій. Одним з основних джерел активних елементів є вода, що у зоні розряду розкладається до атомарного кисню і водню. Реакції, що протікають у зоні розрядів, можуть бути інтенсифіковані за рахунок впливу “активного хлору”, озону, молекулярного кисню, пероксида водню й ультрафіолетового випромінювання. У разі використання коксу у якості об’ємного електроду при мікродуговому видаленні органічних речовин зі зливів важливу роль грає адсорбція.

При використанні металевих електродів ініціюються порцеси коагуляції при значно менших питомих показниках процесу обробки. За рахунок більшої електропровідності металу зменшуються втрати при створенні мікродугового розряду у рідкому середовищі стічної води. Крім того, немає необхідності ініціювання активних мікродуг, оскільки ерозія електродів починається і при невеликій потужності мікродугового розряду. При цьому у воду, що обробляється, потрапляє велика кількість дрібнодисперсних часток металу і за рахунок взаємодії з водою утворюється коагулянт. Відбувається ефективне електрохімічне розчинення металу. Але для видалення речовин, що не флотуються або не коагулюють, а потребують інтенсивних умов окислення, цей режим обробки не підходить.

Для дослідження процесу очищення води в імпульсному режимі використано блок живлення, формуючий імпульси з тривалістю 0,1 – 0,4 мс, частотою проходження до 50 Гц і амплітудою до 1000 В. Ефективність очищення вимірювали за показником ХПК, та за вмістом фенолів і роданидів, як модельних речовин, що впливають на ХПК і важко видаляються за рахунок коагуляції..

Ступінь вилучення фенолів і роданидів зі зливів в імпульсному режимі обробки води залежить також від їх вихідної концентрації, величини імпульсної напруги і частоти проходження імпульсів. Дослідження показали, що збільшення напруги джерела живлення на 25 %, за однакових інших умов, підвищує глибину очищення більш ніж у два рази. Аналогічно на ступінь очищення впливає збільшення частоти проходження імпульсів. Глибоке очищення відбувається при обробці води як з великим, так і з малим вмістом токсичних сполук. Можливе практично повне видалення органічних сполук і більш 90 % роданидів. Зменшення потужності імпульсів (їх амплітуди та тривалості) призводить до незавершеності процесів хімічних перетворень і відсутності ефекту очищення за показником ХПК. За рахунок утворення продуктів неповного окислення

прозорість стічної води може зменшитись.

Визначені питомі показники енерговитрат, що забезпечують високоефективний процес мікродугового очищення і визначають зв'язок продуктивності установки з особливостями її конструкції: питома потужність живлення реактору $2,0 - 2,9 \text{ Вт/см}^3$, витрата води $0,1 - 0,14 \text{ дм}^3/\text{ч}\cdot\text{см}^3$, робоча напруженість електричного поля $35 - 50 \text{ В/см}$, швидкість потоку води до 2 см/с . Процес видалення органічних сполук протікає найбільш ефективно при питомій витраті потужності порядку 2 Вт/см^3 , для роданідів цей показник складає $2,6 - 2,9 \text{ Вт/см}^3$.

Визначено, що застосування більш електропровідних коксів фракції $5 - 7 \text{ мм}$, з питомим електроопором мікродугового шару менше $0,06 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, дозволяє знизити втрати потужності на утворення мікродугового розряду до 7% та підвищити ступінь видалення роданідів до 97% при їх вихідному вмісті 1 г/дм^3 .

За результатами експериментів визначено діапазон вмісту домішок, забруднюючих промислові зливи, що дозволяє найбільш ефективно видаляти їх при створенні мікродугового розряду в об'ємному коксовому електроді: для роданідів він складає $400 - 600 \text{ мг/дм}^3$, фенолів – $200 - 500 \text{ мг/дм}^3$. Достатньо ефективного руйнування фенолів спостерігається при їх вихідній концентрації у межах $20 - 1000 \text{ мг/дм}^3$, а роданідів – $200 - 900 \text{ мг/дм}^3$.

Оскільки видалення органічних домішок зі зливів за рахунок мікродугового впливу відбувається у першу чергу шляхом хімічної взаємодії, при менших концентраціях мають місце дифузійні ускладнення, а при збільшенні концентрацій відповідно зростають енерговитрати на процес очищення. Більш глибокому очищенню зливів від органічних речовин допомагає процес їх попередньої адсорбції на поверхні коксового об'ємного електроду з подальшою термодеструкцією у електророзряді.

У результаті однократної обробки стічної води коксохімічного виробництва досягнуте вилучення роданідів, смол, масел, фенолів, інших органічних сполук. При цьому ХПК знижене з 300 до 20 мг/дм^3 і ліквідована токсичність стоку. Після відстою вода прозора і цілком позбавлена запахів коксохімічних продуктів.