

Висновки

Процес озонування води є одним з кращих альтернатив хлорування води через руйнування хлорованих вуглеводнів. Була складена та розрахована кінетична схема процесу розпаду озону в водному середовищі. За розрахованими значеннями кінетичної схеми побудовані графіки розпаду озону в водному середовищі.

Література

1. *Игнатъев А. Н.* Математическое моделирование процессов озонирования водных растворов химических соединений: диссертация ... кандидата химических наук. – Москва, 2010. – 143 с.
2. *Бугаєва Л. М.* Системний аналіз хіміко-технологічних комплексів: підручник / Л. М. Бугаєва, Т. В. Бойко, Ю. О. Безносик. – К.: «Інтерсервіс», 2017. – 254с.

ОЧИЩЕНИЯ ВОДИ ВІД ДОМІШОК ФЕНОЛУ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОРОЗРЯДНОЇ УСТАНОВКИ

Бондаренко С. Г., Пастушенко О. В.

ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ПРИМЕСЕЙ ФЕНОЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЙ УСТАНОВКИ

Бондаренко С. Г., Пастушенко А. В.

WATER TREATMENT FROM PHENOL DOMAINS WITH USE OF ELECTRICALLY INSTALLATION

Bondarenko S., Pastushenko A.

**Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"**

Київ, Україна

alexsandr.pastushenko@ukr.net

У статті розглянуто підхід до очищення води від складних забруднень, за допомогою електророзрядної технології. Проаналізовано можливості очистки води, забрудненої домішками фенолу, за допомогою дугового розряду.

Ключові слова: очищення води, фенол, електророзрядні технології, плазмовий реактор, окиснення

В статье рассмотрен подход к очистке воды от сложных загрязнений, с помощью электроразрядной технологии. Проанализированы возможности очистки воды, загрязненной примесями фенола, с помощью дугового разряда.

Ключевые слова: очистка воды, фенол, электроразрядные технологии, плазменный реактор, окисления

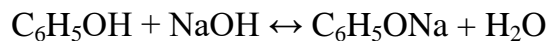
The article deals with the approach to water purification from complex contaminants, using electrodischarge technology. The possibilities of water purification, contaminated with phenol impurities, with the help of arc discharge have been analyzed.

Keywords: water purification, phenol, electrodischarge technology, plasma reactor, oxidation

Вступ

Велика кількість вод забруднюється різноманітними барвниками, які є токсичними та небезпечними для оточуючого середовища. Один з найбільш токсичних компонентів природних і стічних вод - фенол. Попадання фенольних вод у водойми і водотоки різко погіршує їх санітарний стан. Різноманіття речовин, що містять феноли, ускладнює підбір оптимальних способів їх знешкодження та утилізації. Технологія очищення води від органічних забруднень пов'язана з великими економічними і ресурсними витратами, використанням дефіцитних реагентів з подальшою їх регенерацією, утилізацією або захороненням відходів. Пошук нових ефективних способів очищення промислових стічних вод - актуальне завдання.

Фенол належить до дуже токсичних хімічних речовин. Максимально допустима концентрація фенолу у воді, при якій його можна скерувати на біологічне очищення, становить 0,3 мг/л. Одними з ефективних методів усунення фенолу із води є екстракційний і пароциркуляційний методи. Зазвичай використовують другий, він базується на відгоні забруднюваних речовин із води циркулюючою водяною парою. Весь процес очищення проходить в колоні, яка розділена на дві камери, з'єднані між собою трубою, по якій рециркулює водяна пара. На верхній ярус колони періодично подається нагрітий до температури 103 °С розчин лугу концентрацією 8 – 14 %. Поглинання фенолу відбувається за реакцією:



Ступінь очищення води досягає 85 % [1].

Останнім часом публікуються дослідження по застосуванню електророзрядних технологій для очищення води від складних забруднень, в тому числі і від фенолу.

Постановка задачі

Тому головною метою роботи є аналіз можливості застосування електророзрядних технологій для очищення води від фенолу.

Аналіз досліджень

Використанню електророзрядних технологій для очищення води від різноманітних забруднень приділяється велика увага ряду дослідників. Її суть полягає в тому, що електричний розряд у водному розчині генерує хімічно активні частинки, які мають високу окислювальну здатність, такі як пероксид водню – H_2O_2 (окислювальний потенціал - 1,77 мВ), атомарний кисень – O^\bullet (окислювальний потенціал - 1,78 мВ), гідроксил-радикал – OH^\bullet (окислювальний потенціал - 2,56 мВ), озон – O_3 (окислювальний потенціал - 2,07 мВ). OH^\bullet -радикали в якості окиснювача є найкращими, так як мають найбільший окислювальний потенціал – 2,56 мВ.

Очищення забруднених вод електророзрядним методом відбувається за рахунок одночасної дії всієї сукупності факторів плазми: високої температури,

електричного і магнітного полів, радіочастотного випромінювання, світлового випромінювання в інфрачервоному і ультрафіолетовому областях спектру, потоку заряджених частинок, ударних акустичних хвиль. Органічні сполуки окислюються до вуглекислого газу і води. Так в роботах [2, 3] відмічається, що первинною реакцією окислення фенолу є атака ароматичного кільця гідроксильними радикалами, і як результат фенол в першу чергу окислюється до 1,2-дегідроксібензола, а згодом до хінонів. Первинні продукти окислення піддаються деструкції з утворенням вторинних продуктів. Розкриття ароматичного кільця призводить до утворення низькомолекулярних з'єднань, в основному, альдегідів і органічних кислот. Нарешті, карбонові кислоти окислюються до CO_2 і H_2O .

Додавання Fe^{2+} може сприяти деструкції органічних речовин за рахунок формування ОН-радикалів, що в свою чергу призводить до збільшення швидкості видалення фенолів, так як підвищується рН розчину [3].

На рисунку 1 представлена схема електророзрядної установки для очищення фенольної води.

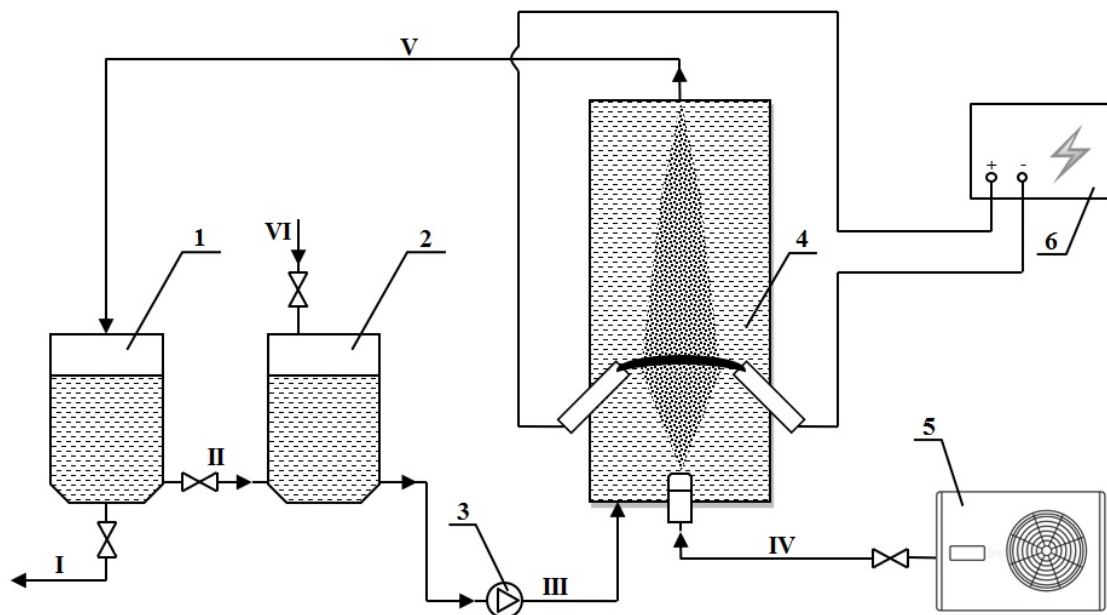


Рис. 1. Схема електророзрядної установки для очищення фенольної води:
 1 – ємність для обробленої води; 2 – ємність для фенольної води; 3 – насос подачі фенольної води; 4 – електророзрядний модуль; 5 – компресор;
 6 – високочастотне інверторне джерело високої напруги;
 I – очищена вода; II – подача води на доочищення; III, VI – фенольна вода;
 IV – повітря; V – оброблена вода

Установка складається з електророзрядного модуля 4 через який прокачується фенольна вода, яка подається з ємності 2. Вона подається за допомогою насоса 3. Всередині електророзрядного модуля знаходяться електроди, які занурені в фенольну воду, між ними виникає дуговий заряд. Електроживлення дуги підтримується від високочастотного інверторного джерела високої напруги 6. Після електророзрядного модуля оброблена вода подається до ємності 1, де перевіряється її ступінь очистки.

Якщо вода відповідає нормам то вона спрямовується потоком I до резервуару з очищеною водою, однак якщо в ній знаходяться залишки фенолу, то її спрямовують на повторну очистку потоком II.

На межі розділу вода-повітря йде розряд, що дозволяє проводити глибоке очищення води з мінімальними енергетичними витратами навіть за наявності складних і стійких хімічних реагентів, дезактивація яких іншими методами проблематична. В результаті дії на забруднену воду всієї сукупності факторів плазми на виході з установки отримуємо очищену чисту воду. Дослідження роботи електророзрядної установки при очищенні модельних розчинів різних складів показали її високу ефективність [4].

У роботі [5] досліджувався водний розчин фенолу (5г/л) на який впливали електричним розрядом. Контроль концентрації розчину проводився фотоколориметричним методом. На рисунку 2 показана характерна залежність концентрації фенолу від часу плазмової обробки рідини.

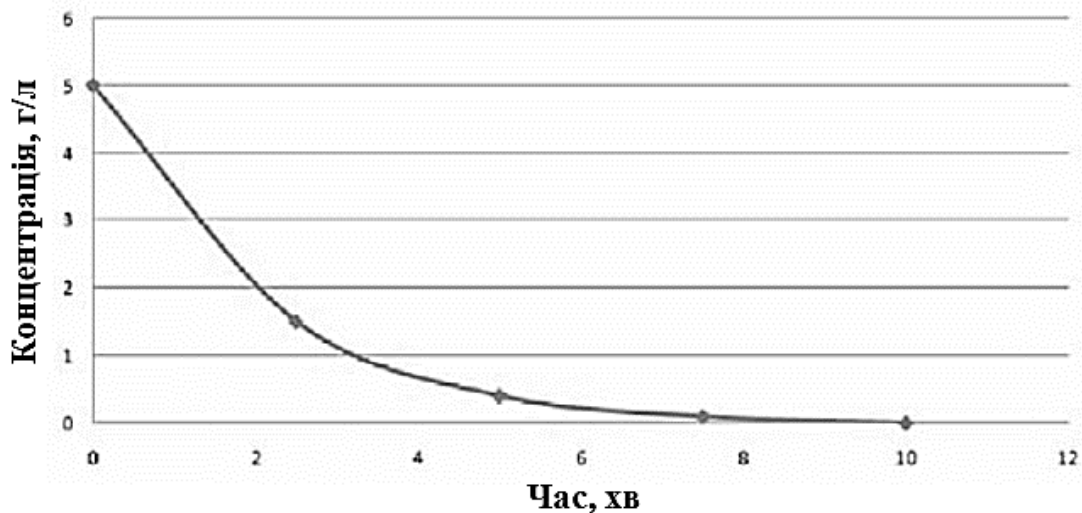


Рис. 2. Залежність концентрації фенолу у воді від часу обробки

Як видно з графіку, при відносно малій концентрації фенолу, його вдається повністю видалити з води. Також був проведений експеримент по плазмовій обробці з контролем концентрації фенолу за хімічним споживанням кисню (ХСК). Він показав, яка кількість кисню необхідно, щоб повністю окислити фенол у воді. Визначивши ХСК можна отримати значення кількості газу, яким необхідно забезпечити плазмовий реактор, щоб забезпечити повне окислення фенолу у воді, воно визначається за формулою (1):

$$\varphi = \frac{1}{1 + MPn/mRT} \quad (1)$$

де M – молярна маса атомарного кисню (г/моль), m – ХСК розчином (г/л), P – атмосферний тиск (Па), T – температура (К), R – універсальна газова стала (Дж/(моль·К)), n – кратність обробки розчину.

На рисунку 3 показана залежність ХСК розчином фенолу від часу обробки. Використовувалася газорідинна суміш з газовмістом 87%, тоді як для виконання стехіометричного співвідношення потрібен газовміст 98,9% [5].

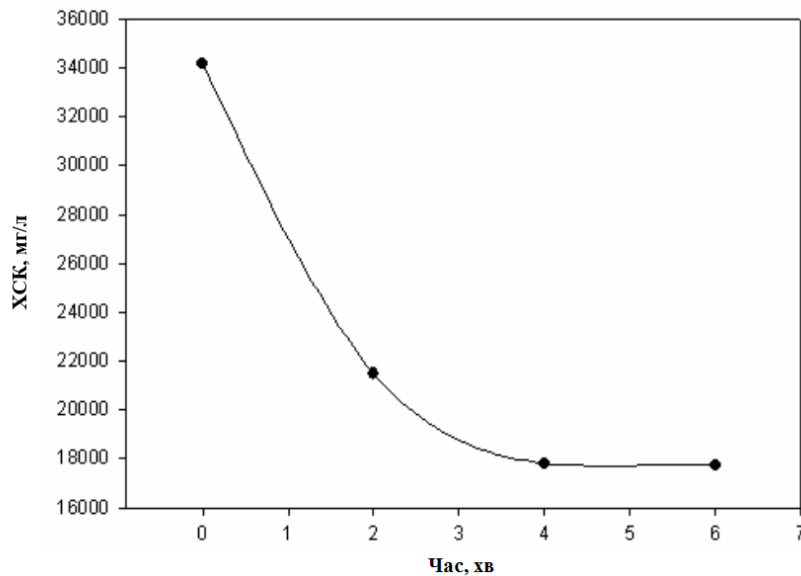


Рис. 3. Залежність ХСК розчином від часу (без фільтрації)

Початкове ХСК розчином становило 21750 мг/л. При цьому у плазмовий реактор були поміщені кільця Рашига, це дозволило збільшити об'ємний газовміст в оброблюваній рідині до 99%, а це в свою чергу забезпечило виконання стехіометричного співвідношення. Після обробки ХСК розчином стало дорівнювати 34900 мг/л. Цей результат говорить про те, що очищення розчину відбувається за рахунок окислення киснем з газової фази. Останнє призводить до значного скорочення витрат електричної енергії. Електричний розряд використовується в даному випадку для підтримки горіння, так як самостійно феноли у водних розчинах не горять, а також для підвищення окислювальної здатності середовища з метою покращення якості очищення.

Висновки

На основі проаналізованих досліджень доведено, що технологія очищення фенольних вод електричним розрядом є енергетично і економічно вигідною, а також її використання дає можливість повністю очистити воду від органічних забруднень.

Література

1. *Апостолюк, С. О.* Промислова екологія: навчальний посібник [Текст] / С. О. Апостолюк, В. С. Джигирей // БП «Знання» – 2012. – 430 с.
2. *Sun, B.* Use of a pulsed high-voltage discharge for removal of organic compounds in aqueous solution / B. Sun, M. Sato, J. S. Clements // Journal Phys. D: Appl. Phys. 1999. – V. 32. – P. 354–357.
3. *Cheng, H.* Non-thermal plasma technology for degradation of organic compounds in wastewater control a critical review / H. Cheng, S. Chen, Y. Wu, D. Ho // Journal Environ. Eng. Manage. 2007. – V. 17. – N 6. – P. 427–433.
4. *Петров, С. В.* Плазменно дуговая очистка воды [Текст] / С. В. Петров, Хомма Масато, Д. И. Рубец, О. Н. Терещенко, С. Г. Бондаренко // Вода і водоочисні технології. Науково-технічні вісті. – 2014. - № 1 (14). – С. 47 – 60.
5. *Быков А. А.* Исследование газожидкостных течений и характеристик электрического разряда в процессах очистки промышленных и бытовых сточных вод. Автореф. канд. дис. [Текст] / А. А. Быков // М.: МФТИ – 2011 – 24 с.