



УДК 606:628.316.12/358

ВИКОРИСТАННЯ БІОРЕАКТОРА З *LEMNA MINOR* ДЛЯ ДООЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД СОЛОДОВОГО ЗАВОДУ ВІД СПОЛУК ФЕРУМУ

Л.А. Саблій¹, О.М. Ободович², М.С. Коренчук¹, В.В. Сидоренко²

¹Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського
пр. Перемоги, 37, Київ, 03056, Україна

²Інститут технічної теплофізики НАН України
вул. Булаховського, 2, Київ, 03164, Україна
e-mail: korenchukmykola@gmail.com

Діяльність промислових підприємств харчової промисловості, зокрема солодових виробництв, включає технологічні процеси промивки і обробки сировини, в результаті яких утворюються стічні води, що містять завислі домішки, розчинені органічні речовини, сполуки азоту й фосфору, іони важких металів, солі та ін. у концентраціях, які перевищують норми, і тому потребують належного очищення перед відведенням у природну водойму.

Технологічний процес виробництва солоду включає в себе наступні операції: прийом зерна, його очистку, сортування і замочування, пророщування зерен ячменю, сушку та відбивання ростків, складування й відпуск солоду. В результаті утворюються стічні води з високим вмістом органічних речовин, сполук азоту, фосфору та ін. забруднюючих речовин. Також, в стічних водах присутні сполуки феруму (ІІІ), які утворюють хелатні комплекси з органічними речовинами та водорозчинні сполуки за рахунок ковалентних зв'язків [1]. Додатковим джерелом надходження феруму у воду є додавання в процесах очищення стічних вод залізовмісного коагулянту FeCl_3 для підвищення ефективності осадження активного мулу і очищення стічних вод від фосфатів.

Метою даної роботи є визначення раціональних параметрів очищення стічних вод солодового заводу від сполук феруму у проточному експериментальному біореакторі із застосуванням ряскових і встановлення впливу вихідної концентрації феруму, кількості внесеної біомаси та тривалості процесу очищення на зниження вмісту сполук феруму у стічній воді.

Дослідження проводили на діючих очисних спорудах біологічного очищення стічних вод солодового заводу. Стічні води солодового заводу після повного біологічного очищення характеризуються наступними середніми показниками: рН – 6,8; хімічне споживання кисню – 2850 мг/дм³; завислі речовини – 24 мг/дм³; концентрація іонів NH_4^+ , – 1,5 мг/дм³; NO_2^- – 0,02 мг/дм³; NO_3^- – 30 мг/дм³; $\text{P}_2\text{O}_5^{3-}$ – 10 мг/дм³; SO_4^- – 34 мг/дм³; $\text{Fe}_{\text{заг}}$ – 0,9 мг/дм³. В період досліджень концентрація $\text{Fe}_{\text{заг}}$ коливалась в межах 0,2-1,3 мг/дм³. Гранично допустима концентрація скиду за показником заліза загального для очищених стічних вод становить 0,8 мг/дм³. Стічні води на підприємстві проходять такі етапи очищення: механічне на ситах (в основному, від лушпиння ячменю), усереднення, анаеробно-аеробне біологічне очищення в анаеробному реакторі, аеротенку, розділення очищеної води й активного мулу у вторинному відстійнику, знезараження розчином гіпохлориту натрію та відводяться у річку.

Ряску (*Lemna minor*), вирощену в нестерильних умовах, відбирали з культиватора з такими показниками води: рН – 7,0; концентрація розчиненого кисню – 3,4 мг/дм³; іонів: NH_4^+ – 1,8 мг/дм³; NO_2^- – 0,7 мг/дм³; NO_3^- – 28,7 мг/дм³; PO_4^{3-} – 3,8 мг/дм³.

Для виконання досліджень застосовували напіввиробничу установку, схему якої наведено на рис. 1, яка була включена в технологію після вторинних відстійників.

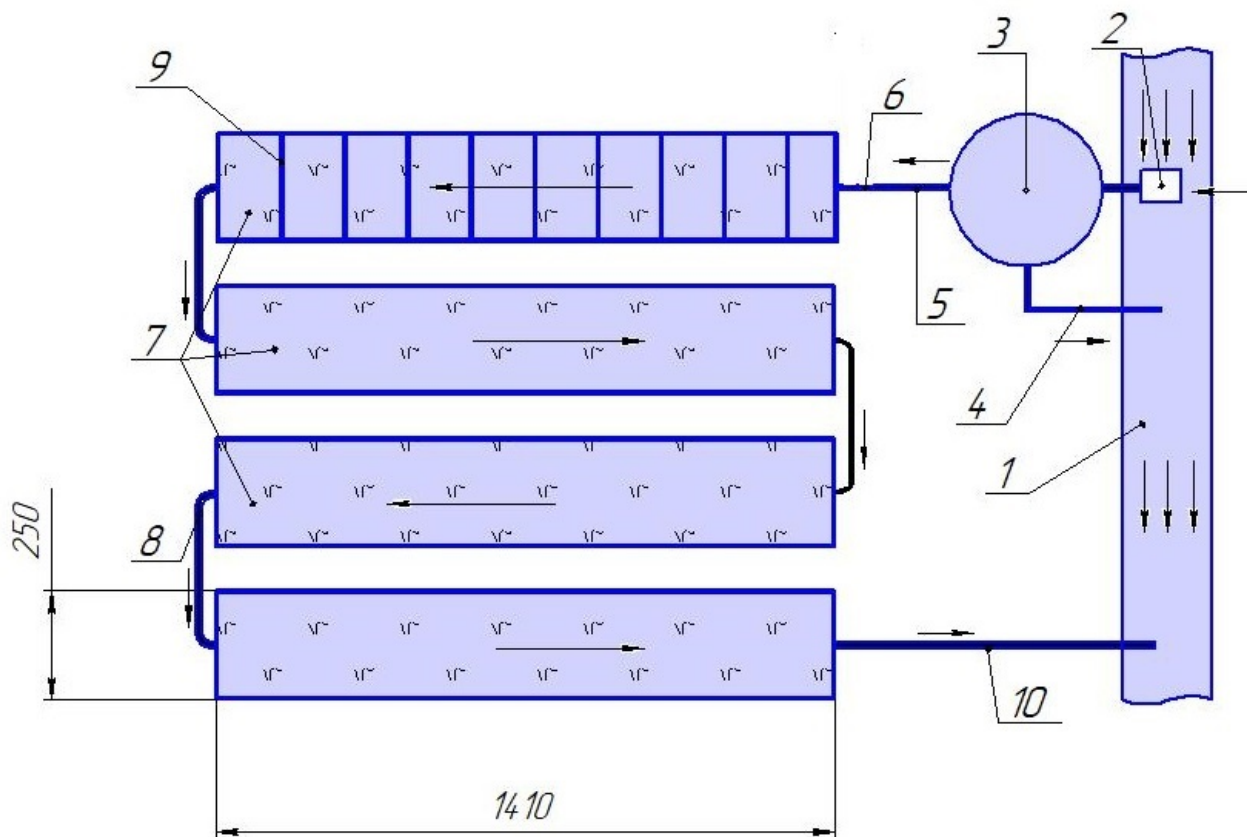


Рис. 1. Схема напіввиробничої експериментальної установки:

1 – лоток для відведення стічної води після вторинних відстійників; 2 – відцентровий насос; 3 – бак сталої витрати; 4 – переливна трубка; 5 – з'єднувальна трубка; 6 – дозатор; 7 – біореактор; 8 – з'єднувальні трубки; 9 – касета з волокнистим носієм; 10 – трубопровід для відведення очищеної стічної води на знезараження

Установка працює наступним чином. Стічну воду з лотка 1 закачували насосом 2 у бак 3. Надлишок води повертався в лоток 1 по трубці переливу 4, таким чином забезпечували сталий рівень води у баку 3. Звідси вода через трубку подачі стічної води 4 з кульовим краном 5 поступала в біореактор 6 із заданою сталою витратою. В біореакторі 6 стічна вода проходить через послідовно з'єднані ємності, контактує з іммобілізованими на носіях 9 мікроорганізмами і ряскою, яка росте у поверхневому шарі. У біореакторі відбувається очищення стічної води. Вода відводиться самопливним трубопроводом 10 у лоток 1 на знезараження.

Для дослідження впливу параметрів процесу очищення на ступінь зниження концентрації сполук феруму проводили відбір проб води з бака 3 та на виході з біореактора з трубопроводу 10. В ході досліджень змінювали тривалість процесу очищення від 3 до 12 год $\text{дм}^3/\text{год}$ та величини біомаси – з 12 до 25 г на 1 дм^3 води.

Ефект очищення від іонів феруму визначали за рівнянням:

$$E = \frac{C_{in} - C_{ef}}{C_{in}} \cdot 100, \% \quad (2.1)$$

де C_{in} – концентрація іонів феруму у воді на вході в біореактор, $\text{мг}/\text{дм}^3$; C_{ef} – концентрація іонів феруму в очищеній воді на виході з біореактора, $\text{мг}/\text{дм}^3$.



Питоме навантаження на ряску за іонами феруму визначали за формулою:

$$q_{\text{ряс.}} = \frac{C_{\text{in}} \cdot 24}{t \cdot B}, \text{ мг/(г} \cdot \text{доба)}, \quad (2.2)$$

де t – тривалість очищення стічних вод в біореакторі, год; B – питома біомаса ряскових у біореакторі, г/дм³.

Питому швидкість видалення іонів феруму рясковими ρ визначали за формулою:

$$\rho = \frac{(C_{\text{in}} - C_{\text{ef}}) \cdot 24}{t \cdot B}, \text{ мг/(г} \cdot \text{доба)}. \quad (2.3)$$

Потужність біореактора щодо видалення іонів феруму визначали за формулою:

$$\Pi = \frac{(C_{\text{in}} - C_{\text{ef}}) \cdot 24}{t}, \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3 \cdot \text{доба}}. \quad (2.4)$$

В ході досліджень (рис. 2) отримано різке збільшення ступеня очищення за високих концентрацій феруму за рахунок зростання ефективності біосорбції клітинною стінкою, що відповідає ізотермам адсорбції Ленгмюра [2]. Найвищий ефект очищення - 40% був отриманий за найбільшої вхідної концентрації заліза у воді – 1,3 мг/дм³, за питомої біомаси 13 ± 1 г/дм³ та тривалості процесу очищення 8 годин.

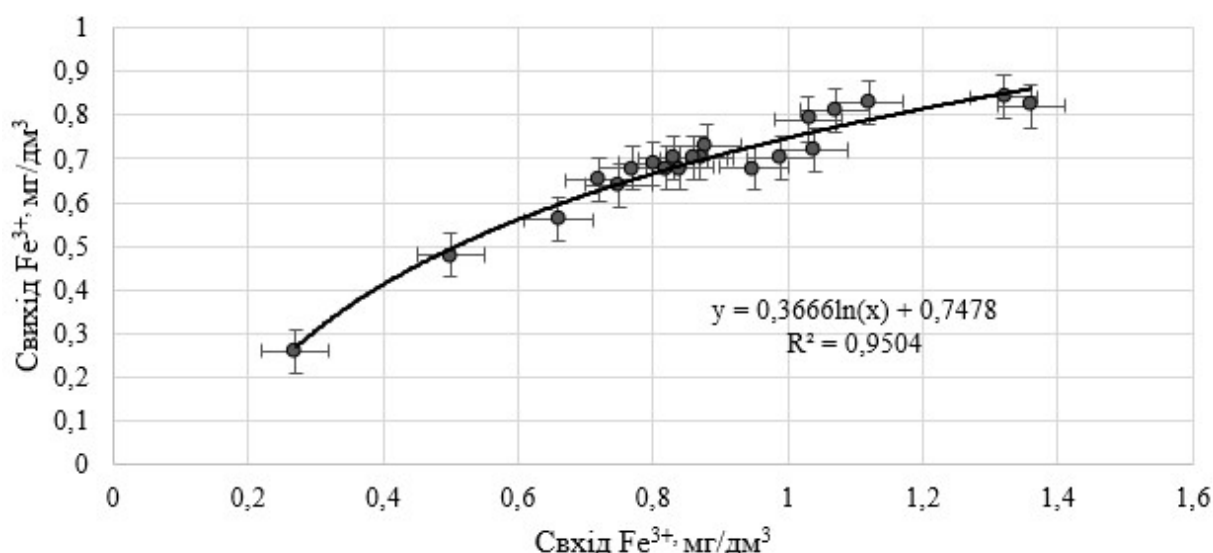


Рис. 2. Залежність концентрації феруму (III) в стічній воді на виході з біореактора від концентрації феруму (III) на вході в установку

Встановлено, на підставі проведених виробничих досліджень доочищення стічних вод Славутського солодового заводу, раціональні величини технологічних параметрів: тривалість очищення – $8 \pm 0,2$ год; питома біомаса *Lemna minor* – 25 ± 1 г/дм³, питома швидкість вилучення іонів феруму $0,19 \pm 0,05$ мг/(г·доба); навантаження за іонами заліза на ряску $0,43 \pm 0,05$ мг/(г·доба); потужність баореактора щодо видалення іонів феруму $1,8 \pm 0,3$ мг/(дм³·доба). Період виходу біореактора з рясковими в робочий режим становить не більше 2-х діб. Розроблено біотехнологію, технологічну та апаратурну схеми доочищення стічних вод солодового заводу, яка забезпечує зниження концентрації іонів феруму в очищеній воді до 0,8 мг/дм³, нітратів до 25 мг/дм³, відповідно до вимог скиду в річку Горинь. Технологію впроваджено на Славутському солодовому заводі. Собівартість доочищення 1 м³ стічних вод становить 1,03 грн.



Література:

1. Rout G. R., Sahoo S. Role of iron in plant growth and metabolism. *Reviews in Agricultural Science*. 2015. Vol. 3, No. 0. С. 1–24.
2. Briat J.-F., Duc C., Ravet K., та ін. Ferritins and iron storage in plants. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*. 2010. Vol. 1800, No. 8. С. 806–814.



УДК 547.118:547.438:627.257

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ КОРОЗІЇ МЕТАЛІВ ТА ЇХ ІНГІБУВАННЯ В СЕРЕДОВИЩАХ З РІЗНИМ СОЛЕВМІСТОМ

М. Космина, Т. Левчук, Ю. Носачова, В. Вембер

Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського

пр. Перемоги, 37, Київ-56, 03056, Україна

e-mail: kosmina.k@gmail.com

Корозія є процесом хімічного або електрохімічного руйнування металів. Руйнівним середовищем може бути кисень повітря, різні гази і особливо водні розчини – електроліти, що знаходяться на поверхні сталі часто у вигляді найтоншої водяної плівки [1]. Електрохімічна корозія відбувається під дією електроліту, причому іони металу переходять в розчин. У розчині гідрати закису і окису заліза утворюють власне іржу, що осідає на поверхні сталі.

Процес хімічної корозії відбувається під дією сухих газів або в рідинах, що не проводять електричного струму [2]. Нерідко обидва зазначених процеси розвиваються спільно. Іржа внаслідок високої пористості не утворює захисної плівки, а навпаки, адсорбуючи вологу, вона інтенсифікує процес корозії. При високих температурах корозія протікає швидше. Корозія може розвиватися рівномірно по всій поверхні елемента або місцями. Особливу небезпеку становить межкристалічна (інтеркристалічна) корозія, при якій руйнування розвивається по гранях зерен металу [1].

Мідь і її сплави використовуються в хімічному машинобудуванні для виготовлення теплообмінної апаратури (випарні апарати, теплообмінники, конденсатори, різного роду змішувачі і т.п.). Пояснюється це високою теплопровідністю міді і її сплавів, їх добрими фізико-механічними властивостями при достатньо високій корозійній стійкості в ряді агресивних середовищ. Мідь і мідні сплави особливо широко застосовуються в установках глибокого холоду для одержання зріджених газів. Мідь добре обробляється як в холодному, так і гарячому стані, але володіє поганими литими властивостями. Домішки, які містяться у міді (кисень, сульфур, бісмут, свинець, ферум), як правило, є шкідливими. Чим чистіша мідь, тим кращі в неї механічні і корозійні властивості [3]. Розрізняють марки міді М0; М1; М2; М3; М4. Найчистіша мідь марки М0 (99,95% Cu), найбільше домішок у М4 (99,0% Cu). При нормальній температурі мідь є стійким металом в атмосферному середовищі, так як вона покривається продуктами окиснення (патиною), які протидіють подальшій корозії. При високих температурах мідь сильно окислюється [2]. При температурі вище 500 °С мідь не застосовується, бо швидкість її корозії перевищує 12 г/м² в добу. Звичайна і дистильована вода не викликають корозії міді, а в морській воді швидкість її корозії досягає 0,05 мм/рік. В розчинах мінеральних кислот мідь сильно руйнується особливо у присутності кисню. Мідь добре протистоїть