

УДК 543:628.3:628.162.5:628.543

Косогіна І.В., Астрелін І.М.(Україна, Київ)

## РЕСУРСОЗАЩАДЖУЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТИЧНИХ ВОД

### Вступ

Недосконалість існуючих технологій очищення стічних вод (СВ), забруднених барвниками та поверхнево-активними речовинами (ПАР), та регенерації складових осадів водоочищення призводить до неповного знешкодження токсичних інгредієнтів, що першопочатково містяться в промислових стоках [1–3]. Безперервне накопичення шкідливих для довкілля шламових осадів очищення стічних вод і необхідність вилучення з земельного фонду досить значних площ для їх складування обумовлює актуальність даної роботи.

Метою роботи є створення ресурсозаощаджуючої технології очищення стічних вод, забруднених поверхнево-активними речовинами та барвниками, яка включає коагуляційне очищення промислових стоків з наступною регенерацією коагулянту та утилізацію токсичної складової осадів водоочищення, представленою органічними барвниками та поверхнево-активними речовинами, для подальшого використання утвореного розчину в технології очищення стічних вод.

### Експериментальна частина

#### 1. Матеріали

Модель стічної води, забрудненої ПАР: лудиголом – *m*-нітробензолсульфатом натрію,  $C_6H_4NO_2SO_3Na$ ; метаупоном – натрієвою сіллю *N*-метилтауринату жирної кислоти,  $C_{21}H_{40}ONSO_3Na$ ; синтанолом – поліетиленгліколевим етером синтетичного первинного спирту,  $C_{10}H_{21}O(C_2H_4O)_{10}H$ , та барвником – активним яскраво-червоним 5 СХ,  $C_{19}H_9N_6Cl_2(OH)(SO_3Na)_2$ ; осади водоочищення.

#### 2. Методики

Як об'єкт дослідження використовували модельні розчини стічної води текстильних підприємств України, які містили сумарно до  $15 \text{ мг/дм}^3$  ПАР (лудигол, метаупон, синтанол) та барвник активний яскраво-червоний 5 СХ (до  $6 \text{ мг/дм}^3$ ). Коагуляційну обробку модельних розчинів СВ проводили коагулянтом  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  при рН 9–9,5 протягом 60 хвилин.

Кислотне розчинення осаду проводили сульфатною кислотою при перемішуванні впродовж  $(30 \pm 5)$  хв. при  $T = 298\text{--}323 \text{ К}$ .

### Результати та обговорення

Для проведення коагуляційної обробки досліджувалися різні типи алюмінієвих та ферумвмісних коагулянтів, а саме:  $AlCl_3$ ;  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ;  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ;  $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 7H_2O$ ;  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ . В результаті досліджень встановлено, що використання саме коагулянту  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  є ефективним для знебарвлення СВ, забруднених барвниками типу активний яскраво-червоний 5 СХ, – ступінь знебарвлення СВ склав 95 % при дозі коагулянту  $250 \text{ мг/дм}^3$  (рисунок 1).

Встановлено, що спільна присутність у промислових СВ барвників і ПАР різного типу позитивно впливає на ефективність очищення стоків коагуляційним методом. Підтвердження даного припущення синергізму ПАР та барвника при коагуляційній обробці СВ ферумвмісним коагулянтом було здійснено на основі аналізу ІЧ-спектрів сполук. Механізм очищення СВ коагуляційним методом представлений в попередніх роботах [4].

В результаті обробки коагулянтами СВ, що містять барвники та ПАР, утворюються осади, які мають аморфну структуру та високий питомий опір фільтруванню. У промисловості після обробки осаду зневоднюючими реагентами та його фільтрування отриманий осад вивозять у шламонакопичувачі, наявність яких негативно впливає на екологію. При цьому вміст феруму в осадах водоочищення сягає 40 % [5]. Загальний рівень накопичення подібних відходів в Україні сягає 5 млрд. т, а відвали цих відходів вже займають площу понад 33 тис. га, і лише від 3 до 5 % відходів використовується як вторинна сировина, а решта продовжує накопичуватися [6].

Для зниження негативного впливу на довкілля токсичних компонентів відходів, зменшення їх кількості у відвалах та повторного використання вихідних реактантів у рециклі встановлено умови

сульфатно-кислотного розчинення осадів очищення промислових СВ та запропоновано механізм кислотного розчинення осаду [7].

Встановлено, що процес кислотного розчинення осадів водоочищення є ефективним за таких умов: концентрація сульфатної кислоти 32 %, надлишок сульфатної кислоти 1,0, температура 308 К та тривалості проведення процесу не менше 30 хв, при цьому ступінь видалення феруму з осаду склав 90–95 % в залежності від характеристик осаду. Доцільно для кислотного розчинення використовувати осад, час старіння якого не перевищує 24 години, що обумовлюється повнотою переходу феруму у розчин.

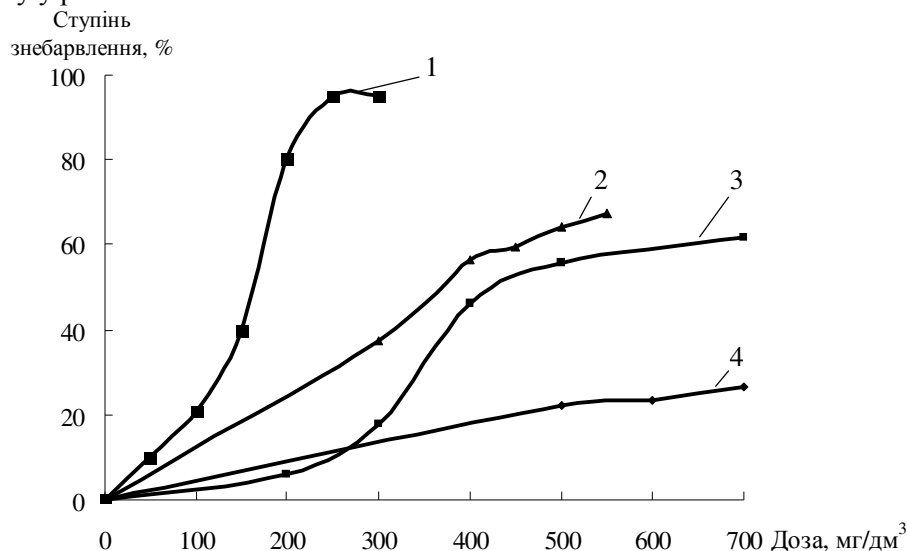


Рисунок 1 - Вплив дози коагулянту на ступінь знебарвлення забрудненої барвниками СВ різними типами коагулянтів: 1 –  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ; 2 –  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ; 3 –  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ; 4 –  $\text{AlCl}_3$ .

В подальших дослідках була перевірена ефективність регенованого коагулянту в процесах коагуляційного очищення стічної води від ПАР та барвників, характерних для СВ текстильних виробництв (рисунок 2). Отримані дані свідчать про достатню ефективність використання відрегенованого коагулянту для очищення СВ, забруднених ПАР та барвниками, у поєднанні зі свіжим розчином феруму (II) сульфату, при відношенні свіжого коагулянту  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  до регенованого  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  3:1. Деяке зниження ефективності очищення СВ від ПАР пояснюється присутністю у регенованому розчині коагулянту залишків ПАР та їх жирних кислот, що частково блокують поверхню феруму гідроксиду, тим самим зменшуючи її питому поверхню, і, як наслідок, процес сорбції перебігає з неповним вилученням забрудників.

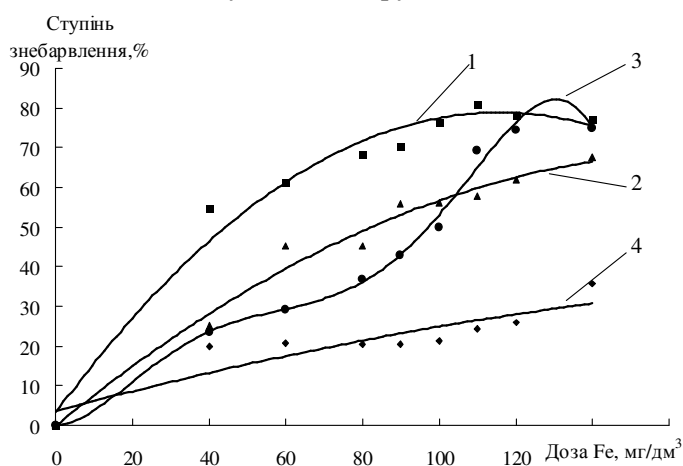


Рисунок 2 - Результати використання регенованого коагулянту  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  в процесі очищення СВ від ПАР та барвника, при масовому відношенні  $[\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}]/[\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3]$ : 1 – 3:1; 2 – 2:1; 3 – 1:1; 4 – 0:1.

Оскільки регенований ферумвмісний розчин коагулянту містить  $\text{Fe}^{3+}$ , доцільно для його окисної обробки застосовувати саме реактив Фентона  $[\text{H}_2\text{O}_2]/[\text{Fe}^{2+}(\text{Fe}^{3+})]$  та його модифікації, тому що використання водню пероксиду не призводить до вторинного забруднення оброблюваних систем, тобто є екологічним.

Введення оксидів перехідних металів  $\text{TiO}_2$  та  $\text{MnO}_2$  в окисну систему  $[\text{H}_2\text{O}_2] / [\text{Fe}^{3+}] / \text{УФ}$  сприяє прискоренню стадії утворення гідроксид-радикалів. Тому для окисної обробки регенованого розчину коагулянту використовуємо фотореактив Фентона у поєднанні з  $\text{MnO}_2$ .

Розроблено технологічний процес ресурсозаощаджуючої технології очищення промислових стічних вод (рисунок 3), який ґрунтується на коагуляційній обробці ферумвмісним коагулянтом (рН 9–9,5, час обробки 60 хвилин) стічних вод, забруднених ПАР та барвниками, з утворенням феруморганічного осаду. Подальший процес базується на кислотному розчиненні вологого ферумвмісного осаду (вологістю 98–99 %) сульфатною кислотою при  $T = 298\text{--}323\text{ K}$  (з утворенням розчину  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ) та на окисній обробці регенованого розчину коагулянту феруму (III) сульфату вказаною каталітичною системою.

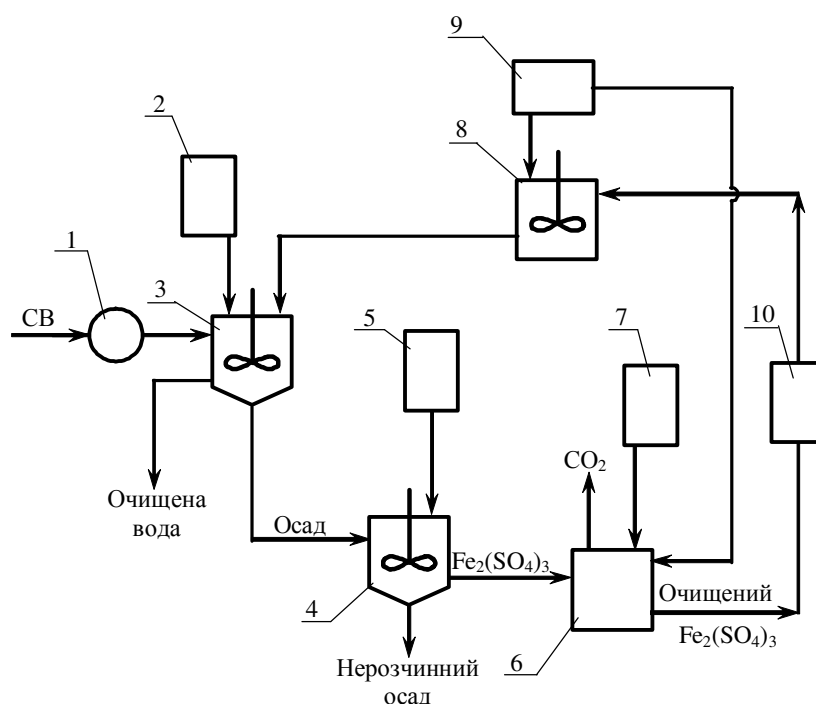


Рисунок 3 - Технологічна схема маловідходної технології очищення стічних вод коагуляційним методом: 1 – колектор; 2 – бак  $\text{NaOH}$ ; 3 – відстійник; 4 – реактор; 5 – бак сульфатної кислоти; 6 – реактор фотокаталітичної обробки; 7 – бак водню пероксиду; 8 – змішувач; 9 – бак  $\text{FeSO}_4$ ; 10 – ємність для збору регенованого коагулянту  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ .

Стічні води через колектор 1 (рисунок 3), де відбувається вирівнювання складу СВ з різних технологічних операцій, направляються у відстійник 3, куди подається натрію гідроксид з ємності 2 для підтримання рН в діапазоні 9–9,5, та розчин  $\text{FeSO}_4$  з бака 9 через ємність 8 для створення потрібної концентрації коагулянту. Тривалість проведення коагуляційної обробки 60 хв. Після відокремлення осаду від очищеної СВ, яка направляється на потреби, наприклад, фарбувального відділення, вологий осад з відстійника подається насосом у реактор 4, куди дозується розрахована кількість сульфатної кислоти з ємності 5. Кислотне розчинення осаду проводиться у турбулентному режимі  $Re \geq 10000$  впродовж  $(30 \pm 5)$  хв. при  $T = 298\text{--}323\text{ K}$ . Після закінчення процесу розчинення розчин утвореного регенованого коагулянту відводиться у реактор фотокаталітичної обробки 6, куди додається свіжий розчин  $\text{FeSO}_4$  з баку 9 та водню пероксид з ємності 7 для подальшої обробки розчину окисним методом каталітичною системою  $[\text{H}_2\text{O}_2]/[\text{Fe}^{2+}(\text{Fe}^{3+})] / \text{MnO}_2 / \text{УФ}$ , рН 1–1,5. Після окисної обробки очищений розчин коагулянту  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  направляється в ємність 10 для регенованого коагулянту, а потім у змішувач 8, де відбувається змішування регенованого та свіжого розчинів коагулянту для подальшої коагуляційної обробки СВ. Таким чином, здійснюється рецикл ферумвмісного розчину.

Запропонована технологія ресурсозаощаджуючого очищення пройшла дослідно-промислові випробування на ТОВ «ЕКОХІМ-ІНЖИНІРИНГ».

### Висновки

Встановлено раціональні умови кислотного розчинення осадів водоочищення та розроблено маловідходну технологічну схему очищення промислових стічних вод, яка включає коагуляційну обробку ферумвмісним коагулянтном стічних вод і подальші процеси кислотного розчинення одержаного ферумвмісного осаду та окисної обробки утвореного регенованого розчину коагулянту феруму (III) сульфату. Технологія пройшла випробування на обладнанні ТОВ «ЕКОХІМ-ІНЖИНІРИНГ» і може бути рекомендована до впровадження.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Екологічна безпека гідросфери регіону, очищення стічних вод та утилізація шламів водоочищення / О. М. Адаменко, Л. І. Челядин, В. Л. Челядин [та ін.] // *Екотехнологии и ресурсосбережение*. – 2007. – № 6. – С. 68–73.
2. Сидько Р. Я. Регенерация гидроксидных шламов при очистке сточных вод от красителей / Р. Я. Сидько, Б. К. Керженер, М. А. Шевченко // *Химия и технология воды*. – 1986. – Т. 8, № 3. – С. 50–52.
3. Донцова М. И. Утилизация осадка, получаемого при очистке воды серноокислым окисным железом / М. И. Донцова, В. А. Ромоданова, Л. А. Кульский // *Строительство и архитектура*. – 1978. – № 2. – С. 117–120.
4. Kosogina I. V. Regularities of low-waste technology of wastewater treatment by coagulation method / I. V. Kosogina, I. M. Astrelin, N. A. Klimenko, A. L. Kontsevovoy // *Chemistry & Chemical Technology*. – 2008. – V. 2. – № 2. – P. 133–138.
5. Косогина И. В. Исследование условий кислотного растворения железосодержащего осадка / И. В. Косогина, И. М. Астрелин, Н. А. Клименко // *Экотехнологии и ресурсосбережение*. – 2007. – № 6. – С. 53–56.
6. Аблязизова Д. Д. Применение новых технологий утилизации отходов в решении проблем городов Крыма / Д. Д. Аблязизова // *Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов* : Сб. науч. тр. XIII междунар. н.-т. конфер. – Т. 2. – Харьков–Алушта, 2005. – С. 664–669.
7. Рыжков С. С. Анализ материального баланса термического разложения органических отходов по технологии многоконтурного пиролиза / С. С. Рыжков, Л. Н. Маркина, Н. В. Рудюк // *Экотехнологии и ресурсосбережение*. – 2003. – № 5. – С. 29–36.