



**УДК 631.531.17(088.8)**

**О.Л. ВОРОНИЧ**, аспірант,

**С.А. КУРТА**, к.т.н., доцент, завідувач кафедри

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ

## ОЧИСТКА ТА ОСВІТЛЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТИЧНИХ ВОД МЕТОДОМ КОАГУЛЯЦІЇ ТА ОКИСЛЕННЯ ГІПОХЛОРИТОМ НАТРІЮ

Надано результати дослідження очистки висококонцентрованих рідких дисперсних відходів, що утворюються при промивці промислового обладнання виробництва вінілових шпалер. Досліджено стадії коагуляції, флокуляції, фільтрування та освітлення стічних вод, а також висушування та затвердіння мокрого осаду.

**коагуляція, сульфат алюмінію, флокуляція, поліакриламід, адсорбція, кремнезем, фільтрування, окиснення, гіпохлорит натрію, стоки, вода, утилізація, відходи, осад**

Очистка стічних вод має важливе значення для встановлення рівноваги між водопостачанням та поверненням очищеної води в природні джерела. Стічні води підприємств легкої промисловості є багатокомпонентними системами, що складаються з речовин органічного та неорганічного походження [1–5]. Досліджувані нами стічні води утворюються при промивці обладнання виробництва захисних та декоративних вінілових шпалер. До складу цих вод входять дисперсний кальцій-карбонат, титану (IV)

оксид, полівінілацетат, а також невеликі кількості емульгатора, піногасника та інших реагентів. Досліджувані відходи є стійкою колоїдною системою, в якій концентрація органічних і неорганічних речовин коливається у дуже широкому діапазоні – 2,4–61,8 %. Очистка цих відходів відповідно до нормативних вимог щодо очищеної води та утилізації осаду утруднена і має значний практичний інтерес.

Стічні води, що утворюються при виробництві захисних та декоративних вінілових шпалер, для очистки обро-

бляли визначеною кількістю коагулянту – сульфату алюмінію з подальшою фільтрацією зкоагульованого осаду [6–7]. Для прискорення процесу коагуляції і осадження компонентів із стічних вод, окрім сульфату алюмінію (25–50 % розчину), використовувалися флокулянти – водні розчини желатину або поліакриламід (0,5–1 %), які вносились після коагулянту (через 10–15 хв) при інтенсивному перемішуванні (120–150 об./хв).

Практичний інтерес має дослідження залежності ефективності освітлення від концентрації коагулянту (рис. 1), яке дозволяє визначити оптимальні співвідношення коагулянту і флокулянту.

Було встановлено, що оптимальний ефект очистки стічних вод із вмістом 2–3 % сухого залишку, тобто найбільша швидкість седиментації та найбільший ступінь очистки фільтрату спостерігаються при додаванні до стічної води 0,0811 г/дм<sup>3</sup> Al<sup>3+</sup> у вигляді розчину сульфату алюмінію, а також 0,001 г/дм<sup>3</sup> поліакриламід. При цьому висококонцентровані (вище 40 %) відходи коагулювали дуже погано – з глибиною освітлення не більше 5–20 %. Ефективність освітлення відходів з меншим вмістом твердих речовин за тих самих умов сягала 80–90 % (рис. 1).

У зв'язку з високою в'язкістю та довготривалістю розділення концентрованих відходів (40–60 %) після підвищення рН стоків до 8–9 та коагуляції сульфатом алюмінію отримані розчини було профільтровано через тканинний фільтр і визначено кількість фільтрату освітленої води і осаду. Результати цих досліджень наведені на рис. 2.

Без обробки сульфатом алюмінію з концентрованих розчинів відходів можна відокремити фільтруванням лише 8 % освітленої води, при цьому сухий залишок в осаді відповідно збільшиться з 61 % до 69 %. Після обробки концентрованих водних розчинів відходів більшою кількістю коагулянту можна збільшити кількість фільтрату освітленої води до 10–20 %. При цьому сухий залишок в осаджених відходах зростає з 60 % до 70–80 %, а об'єм осаду зменшиться з 91 % до 80 % (рис. 2).

Виходячи із санітарних вимог до показників якості стічних вод, автори провели аналіз фільтрату води, що утворювався після очистки, а саме: водневий показник, загальний

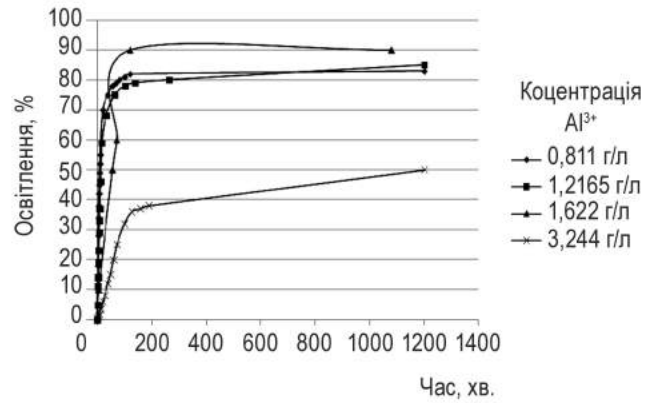


Рисунок 1 – Залежність ефективності освітлення промивних стічних вод (сухий залишок 2,46 %) виробництва вінілових шпалер від концентрації коагулянту – сульфату алюмінію

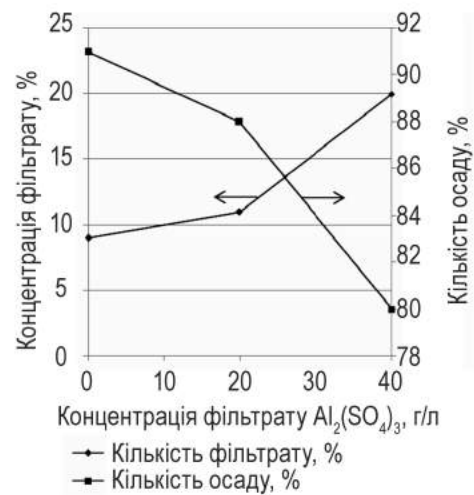


Рисунок 2 – Залежність виходу фільтрату та осаду (у % до загального об'єму водного розчину відходів) від кількості кристалічного сульфату алюмінію після коагуляції та освітлення концентрованих відходів (сухий залишок 61 %)

вміст солей, сухий залишок та біологічне споживання кисню (БСК). Ці основні характеристики наведені у табл. 1.

Виходячи з даних табл. 1, всіх нормованих показників для фільтрату очищених стічних вод досягнути не вдалося: вміст сульфатів та сухий залишок перевищують норму.

Таблиця 1 – Основні характеристики очищених стічних вод

Показник	Досліджуваний зразок очищених стічних вод	Нормативні вимоги до стічних вод ЗАТ «ЛУКОР»	Вода питна ГОСТ 2874-82
Водневий показник, рН	6,9–7,3	6,5–8,5	6,0–9,0
Хлориди (Cl <sup>-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	43–52	не більше 315	350
Сульфати (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	480–690	не більше 100	не більше 500
Нітрити (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	0,08–0,06	не більше 0,08	відсутні
Нітрати (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	1,8–10	не більше 40	не більше 45
Фосфати (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	відсутні	–	не більше 3,5
БСК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	2,7–4,5	не більше 240	не більше 3
Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>	1612–2000	не більше 766	не більше 1000



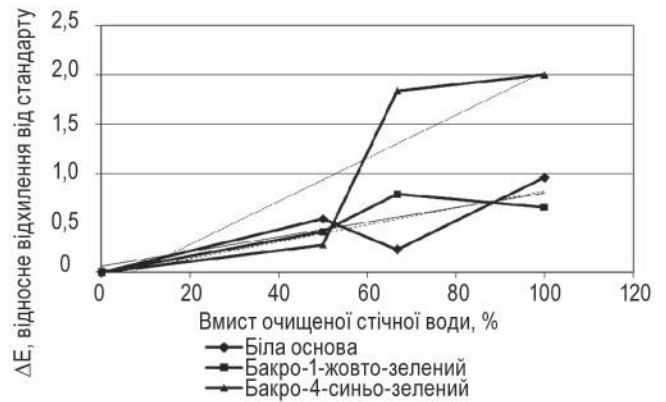
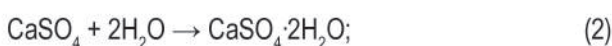
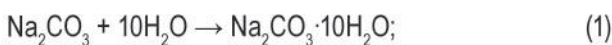
У ході подальших досліджень було проведено випробування отриманих стічних вод для повторного приготування водно-дисперсних композицій фарб для нанесення декоративного покриття на паперові шпалери. Для цього згідно з технологією виробництва готувалися водні розчини фарби з використанням різної кількості фільтрату очищеної води разом з водою промислово-побутового призначення у співвідношенні 1:3, 1:1, 2:1, 1:0. Після нанесення рівномірних шарів приготовленої фарби на паперову основу та їх висушування за температури 205 °С протягом 1 хв за допомогою спектрофотометра X-Rite SP64 Portable Sphere Spectrophotometer визначалося відносне відхилення забарвлення зразків від стандартного значення (рис. 3). Встановлено, що очищену воду можна застосовувати для приготування водно-дисперсних лакофарбових композицій разом з водою промислово-побутового призначення при розбавленні відповідно 1:3 та 1:1, адже забарвлення приготованих таким чином зразків було в межах норми і не перевищувало допустимого відхилення ( $\Delta E < 0,5$ ).

Очищена вода та фільтрат з відходів можуть йти на повторне використання для технічних цілей, але тому, що мають часткове забарвлення і опалесценцію, їх необхідно додатково освітлювати та очищати до досягнення значень оптичної густини, близьких до чистої води [8].

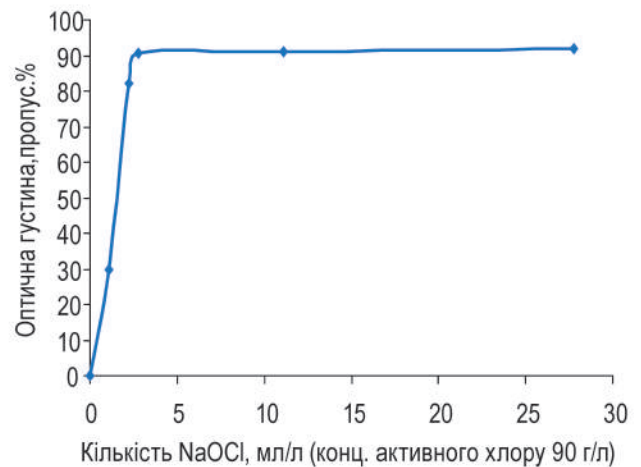
Для повного освітлення та очистки фільтрату стічних вод автори запропонували використати гіпохлорит натрію. За наявності забарвлення у розчині відходів для його освітлення необхідно додати 2,5–5 мл/л NaOCl, що дозволяє досягти необхідного ступеня освітлення фільтрату (рис. 4).

На рис. 5 наведені результати дослідження можливості повторного використання освітленої води для приготування водних розчинів самих барвників у виробництві, які свідчать, що освітлену гіпохлоритом воду можна використовувати повторно, змішавши з чистою водою у співвідношенні 1:4 (до 20 % фільтрату води, освітленої гіпохлоритом).

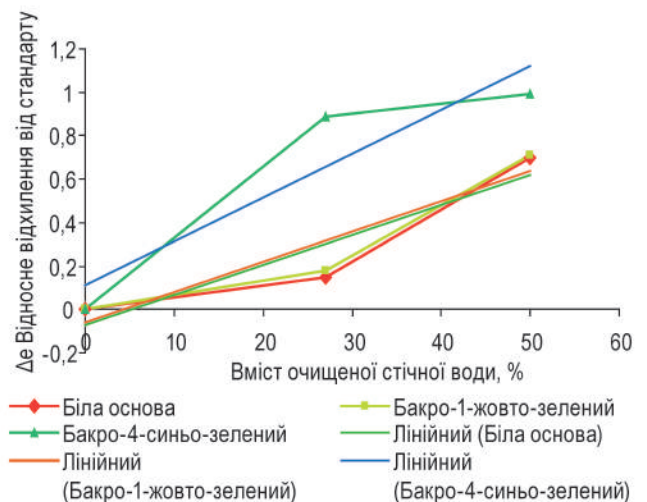
Після обробки відходів коагулянтном та подальшого фільтрування висококонцентрованих відходів залишається велика кількість твердого осаду, який містить до 20 % вологи. Для зберігання, використання, реалізації та транспортування осаду необхідно його осушити і перевести з пастоподібного у твердий стан. Для цього запропоновано перевести адсорбовану воду в кристалізаційну за допомогою реагентів – кальцинованої соди, обезводненого сульфату кальцію або негашеного вапна. Це пов'язано з такими реакціями:



**Рисунок 3 – Відносне відхилення інтенсивності спектрофотометричного забарвлення зразків лакофарбових композицій, отриманих з використанням фільтрату очищеної води, порівняно зі стандартним зразком, приготованим на чистій воді промислово-побутового призначення**



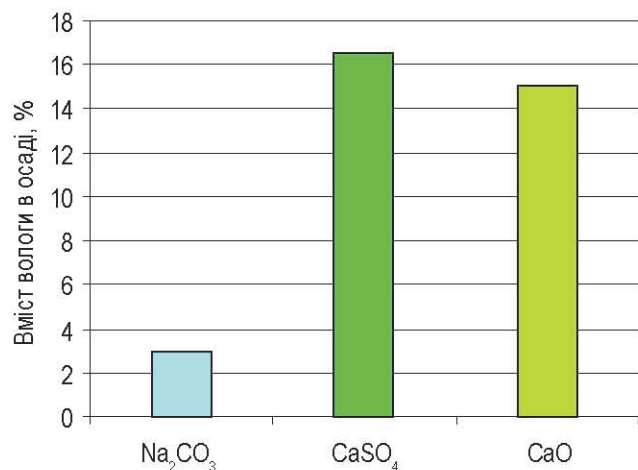
**Рисунок 4 – Залежність оптичної густини (% пропускання) фільтрату після осадження і освітлення водного розчину відходів від кількості концентрованого розчину NaOCl (концентрація активного хлору 90 г/л, концентрація NaOH – 40 г/л, при 20 °С, 24 год)**



**Рисунок 5 – Відносне відхилення інтенсивності спектрофотометричного забарвлення зразків фарбових барвників, одержаних з використанням фільтрату очищеної та освітленої гіпохлоритом натрію води порівняно зі стандартним зразком, приготованим на чистій воді промислово-побутового призначення**



Дані про вміст вологи в осаді після додавання до нього 10 % від маси різних осушуючих реагентів наведено на рис. 6.



**Рисунок 6 – Вміст адсорбованої вологи, що залишилася в осаді після додавання до нього осушуючих реагентів (початковий вміст вологи в осаді – 20 %).**

Як видно з рис. 6, найкращим осушувачем є кальцинована сода (безводний натрій-карбонат), яка зв'язує до 18 % води в осаді і переводить його у твердий стан. Вміст залишкової вологи в осаді, обробленому осушувачами CaSO<sub>4</sub> і CaO, відповідно зменшувався тільки на 2 % і 3 %.

### ВИСНОВКИ

У результаті проведених досліджень показано, що до 80–90% води з фільтрату стічних вод після додаткового освітлення гіпохлоритом натрію та адсорбентом може йти на повторне використання для приготування робочих розчинів сульфату алюмінію, гіпохлориту натрію, желатину, поліакриламідів та кремнезему, а також може повертатися у процес очистки та промивки обладнання виробництва шпалер або через розбавлення з чистою водою повторно використовуватись для приготування робочих розчинів фарб та композицій при виготовленні шпалер. Одержаний осад може бути переведений у твердий стан

методом кристалізації води та використаний в будівельній промисловості як добавка до будматеріалів.

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. **Cosma, C.** Pre-treatment Technology of Waste Water Discharged from the Washing Process of “Denim” Textile Texture / C. Cosma, I. Nitoi, V. Patroescu // *Journal of Environmental and Ecology*. – 2003. – V. 4, № 3. – P. 712–716.
2. **Klimiuk, E.** Effects of pH and Coagulant Dosage on Effectiveness of Coagulation of Reactive Dyes from Model Wastewater by Polyaluminium Chloride (PAC) / E. Klimiuk, U. Filipkowska, B. Libeckі // *Polish Journal of Environmental Studies*. – 1999. – Vd. 8, № 2. – P. 73–79.
3. **Bogoeva-Gaceva, G.** Discoloration of Synthetic Dyeing Wastewater Using Polyaluminium Chloride / G. Bogoeva-Gaceva, A. Buzarovska, B. Dimzoski // *G.U. Journal of Science*. – 2008. – Vol. 21, № 4. – P. 123–128.
4. **Yuan Yu-li** Treatment of Wastewater from Dye Manufacturing Industry by Coagulation / Yuan Yu-li, Wen Yue-zhong, Li Xiaoying, Luo Si-zhen // *Journal of Zhejiang University SCIENCE A*. – 2006. – V. 7 (Suppl. II). – P. 340–344.
5. **Кагановский, А.М.** Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении / А.М. Кагановский, Н.А. Клименко. – М.: Химия, 1983. – С. 14–28.
6. Коагуляция коллоидов : Сборник статей / Под ред. А.И. Рабиновича, П.С. Васильева. – М–Л.: Глав. ред. хим. лит., 1936. – 220 с.
7. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод / А.К. Запольський, Н.А. Мішкова-Клименко та ін. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.
8. Воронич, О.Л. Використання процесу коагуляції та флокуляції в умовах очистки промислових стічних вод / О.Л. Воронич, С.А. Курта // *Матеріали конференції «Сучасні проблеми доквілля, раціонального використання водних ресурсів та очищення природних і стічних вод»*, м. Миргород, Україна, 13–17.04.2010 р. – К.: Знання, 2010. – С. 32–35.

*Поступила в редакцію 15.04.2010*

Представлены результаты исследования очистки высококонцентрированных жидких дисперсных отходов, образующихся при промывке промышленного оборудования производства виниловых обоев. Исследованы стадии коагуляции, флокуляции, фильтрации и осветления сточных вод, а также сушки и отверждения мокрого осадка.

Chemistry and technology of purifying highly concentrated liquid dispersed waste generated during cleaning of industrial equipment for wallpaper production were investigated, including studying of stages of coagulation, flocculation, filtration and clarification of waste water as well as drying the wet sludge.