

# Scientific and technical journal «Technogenic and Ecological Safety»

RESEARCH ARTICLE  
OPEN ACCESS

## ОЧИЩЕННЯ СТОКІВ ТЕКСТИЛЬНИХ ВИРОБНИЦТВ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ПОПАДАННЯ ПОЛЮТАНТІВ ДО ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

М. М. Мадані<sup>1</sup><sup>1</sup>Одеський національний технологічний університет, Одеса, Україна

УДК 675.04:677

DOI: 10.52363/2522-1892.2024.2.3

Отримано: 13 червня 2024

Прийнято: 28 листопада 2024

**Cite as:** Madani M. (2024). Treatment of effluents of textile industries to reduce pollutants ingress into surface waters. *Technogenic and ecological safety*, 16(2/2024), 19–26. doi: 10.52363/2522-1892.2024.2.3

### Анотація

Розглянуто технологічні схеми обробки текстильних матеріалів спеціальними хімічними речовинами. Запропоновано спосіб зниження концентрації іонів важких металів у стічних водах підприємств текстильних виробництв на основі поєднання стоків від різних технологічних ліній. Для зниження ступеня окислення хрому ( $\text{Cr}^{6+}$  до  $\text{Cr}^{3+}$ ), а також для переведення солей міді, кобальту, нікелю та інших металів з рідкого у твердий стан рекомендується такі стічні води змішувати зі стоками, що містять сульфід натрію або калію. Спосіб може бути використаний на підприємствах хімічної, поліграфічної, лакофарбової промисловості. Для зниження вмісту сульфідів різних металів у стічних водах та отримання колоїдної сірки запропоновано спосіб окислення таких солей шляхом озонування із застосуванням спеціального озонатора. Озонування дозволяє також знизити вміст органічних речовин у загальному об'ємі стоків до нормованих показників.

**Ключові слова:** технічна екологія, технології захисту, текстильне виробництво, очищення стічних вод, іони важких металів, озонування.

### Постановка проблеми

Однією з основних проблем підприємств текстильної промисловості є проблема забруднення стічних вод (СВ) різними органічними речовинами та іонами важких металів (ІВМ). При виробництві пряжі та тканин з натуральних і синтетичних волокон важлива роль належить текстильній хімії. Хімічні компоненти використовують на різних стадіях виробництва: відбілювання, розшліхтування, відварювання, фарбування, кінцевій обробці. Існує велика кількість способів і методів очищення СВ, але в даний час більшість методів технологічно застаріли, не відповідають сучасним хімічним компонентам, які використовуються у текстильному виробництві, а результати очистки не відповідають необхідним нормам [1].

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

В основі комплексної технології виробництва текстилю лежать численні фізико-хімічні явища та хімічні перетворення. Із загальної кількості органічних хімічних продуктів, які потрапляють у навколишнє середовище зі СВ, суттєва частка припадає на хіміко-текстильні технології [1]. Основні екологічні проблеми в текстильному виробництві пов'язані з наявністю стоків та необхідністю їх ретельного очищення. Скидання в каналізацію рідких відходів виробництва досягає значних розмірів. Згущувачі, глауберова сіль, крохмаль, поверхнево-активні речовини (ПАР) можуть надходити до СВ у кількості до 90 % від початкового вмісту в обробному розчині, гідроксид натрію – до 50 %, біхромат калію – до 25 %, сірчисті барвники – до 30 %, дисперсні та катіонні барвники – до 40 %, прями та активні барвники – 10...25 %, кислотні, кубові барвники та кубозолі – 5...10 % при періодичному фарбуванні [2–6].

Для надання необхідних фізико-хімічних та фізико-механічних властивостей тканинам, останні обробляються різними просоченнями. Наприклад, для просочення, що підвищує водостійкі властивості технічних тканин, застосовують сульфат міді в концентрації 42...46 г/дм<sup>3</sup>, біхромат калію або натрію – у концентрації 18 г/дм<sup>3</sup>. При цьому іон хрому знаходиться у складі реагентів просочення в шестивалентному, найбільш токсичному для об'єктів довкілля стані у вигляді аніону  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  [1, 2].

Для підвищення вогнестійких властивостей тканин і готових виробів використовують просочення, що містять антипірени на основі елементоорганічних сполук – азот-, фосфор-галогеновмісних, меншою мірою – містять формальдегід, а також неорганічні речовини в концентраціях до 450 г/дм<sup>3</sup>. Для підвищення вогнестійкості технічних тканин використовують просочення на основі солей фосфорної кислоти, гідрофосфат або дигідрофосфат амонію, метилфосфонової кислоти або сечовини [7].

Ще одним класом хімічних речовин, які застосовують у текстильній промисловості, є текстильні допоміжні речовини, що містять токсичний формальдегід. Перед фарбуванням тканини із натуральних волокон проводять її підготовку у вигляді розшліхтування та відварювання. У цих процесах використовують пероксидні відбілювачі, що містять хлорит- і гіпохлорит-іони [8].

Найбільш небезпечними токсикантами у цьому процесі є діоксини, що утворюються на стадіях технологічного процесу з відбілювання тканин із використанням хлорвмісних компонентів. Утворення діоксинів можливе при взаємодії хлору, хлоридів, хлоратів, гіпохлоритів та інших активних

хлорвмісних з'єднань у присутності кисню з поліциклічними ароматичними сполуками [3]. Встановлено, що діоксини можуть утворитися при взаємодії активного хлору з фенольними сполуками, гуміновими та фульвокислотами, лігніном та іншими органічними сполуками, які містяться у волокнах [9]. Враховуючи, що у бавовняному та лляному волокнах лігнін міститься у значних кількостях, то їх обробка відбілювачами хлору може призвести до утворення діоксинів та їх сорбції на поверхні волокон тканини [10]. Вміст хлорованих органічних сполук у СВ текстильних підприємств коливається в широкому інтервалі – від 0,3 до 64 мг/дм<sup>3</sup> [2, 3, 11].

Найбільшу кількість хлорорганічних з'єднань зазначено у СВ тих виробництв, де проводять відбілювання тканин гіпохлоритом натрію, а при термічному розкладанні цієї солі утворюється вільний хлор. Застосування в інтенсивному сільськогосподарському виробництві пестицидів, у тому числі гербіцидів та дефоліантів, призводить до того, що у волокнах бавовни чи льону виявляються залишкові концентрації хімічних засобів захисту рослин [1, 2, 12].

Великих збитків навколишньому середовищу можуть нанести хромовмісні присадки, що використовуються при хромуванні та розхромуванні валів для друкування. Частина компонентів цих присадок потрапляє у СВ. При цьому хром у розчинах знаходиться у вигляді аніону Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup>. З'єднання Cr<sup>6+</sup> відносяться до отруйних речовин, і при попаданні в організм людини вони можуть призвести до ураження органів дихання, печінки, нирок, шлунково-кишкового тракту, серцево-судинної системи [13].

В основі підготовки текстильних матеріалів, очищення їх від забруднень та надання текстилю білизни, перш за все, лежать колоїдно-хімічні процеси та, зокрема, за участю ПАР, оскільки видалення забруднень здійснюється через емульгування нерозчинних у воді забруднень гідрофобного характеру (жири, воски) за допомогою миючих емульгуючих ПАР [14, 15]. Забруднення, які мають забарвлення повинні бути знебарвлені для надання текстильному матеріалу білизни, при цьому відбувається руйнація хромофорної системи пігменту без деструкції полімерної основи волокна. Останнє досягається обробкою спеціально підібраними неорганічними окиснювачами, наприклад: хлоритами, гіпохлоритами, пероксидами. До вищесказаного слід додати проблему використання оптичних відбілювачів для надання текстильним матеріалам стійкої та високої білизни, якої не можна домогтися тільки хімічним деструктивним відбілюванням [3, 16].

Часто в технологічних схемах текстильних підприємств, крім стандартних хімічних компонентів, використовуються так звані текстильні допоміжні речовини, які приводять до значного забруднення СВ [2]. Текстильні допоміжні речовини є ефективним засобом регулювання швидкості технологічних процесів, дозволяють підвищити

ступінь корисного використання барвників та оздоблювальних препаратів, покращити якість готових текстильних матеріалів. У процесах підготовки останніх текстильні допоміжні речовини використовують як миючі, стабілізуючі та регулюючі засоби, що мають високу змочувальну, солеватуєчу та екстракційну здатність у відношенні до целюлозних та інших природних волокон. Добір текстильних допоміжних реагентів проводиться з урахуванням специфіки протікання хіміко-текстильного процесу, індивідуальних особливостей оздоблювальних препаратів, хімічної природи та виду текстильного матеріалу. Процеси текстильної хімії протікають найчастіше у двох-фазній системі «текстильний матеріал – рідина». В їх основі лежать фізико-хімічні явища – змочування, сорбція, дифузія, адгезія, утворення колоїдних систем або агрегування частинок [16]. У табл. 1 представлені основні хімічні реагенти, що найбільш часто використовуються в текстильному виробництві та їх токсикологічну дію.

#### Мета та завдання дослідження

Метою дослідження є усунення загрози навколишньому середовищу від забруднення гідросфери стічними водами текстильного виробництва шляхом розроблення технології очищення стоків від поллютантів із застосуванням окислення органічних сполук у рідкій фазі та змішуванням стоків від різних технологічних операцій.

Для досягнення мети вирішувались такі задачі:

- 1) провести аналіз технологічних карт текстильних підприємств та виділити основні технологічні блоки;
- 2) визначити забруднювачі у стоках основних технологічних блоків;
- 3) дослідити окислення стоків, що містять сульфід металів;
- 4) дослідити об'єднання стоків з різних технологічних операцій.

#### Матеріали та методи дослідження

Дослідження проведено у навчально-дослідній лабораторії кафедри екології, води та природоохоронних технологій ОНТУ. Для моделювання процесів використані дані заводських лабораторій ВАТ «Рівне-Льон» та Пулинський льонокомбінат (Житомирська обл.). Склад загальнозаводських усереднених стоків льонопереробних підприємств є досить складним і залежить від спрямованості підприємства, обсягу та номенклатури виробництва. Витрата води при фарбуванні складає 54...67 дм<sup>3</sup>/кг. Водоспоживання при фарбуванні та просоченні брезентових парусин становить 25 дм<sup>3</sup>/кг [17].

Кількість утворених промислових стоків дорівнює кількості використаної на технологічній операції води (втрати незначні). За складом забруднень промислові стоки від технологічних операцій поділені на такі види:

- олійні – від цехів мокрої прядіння;

Таблиця 1 – Токсикологічна характеристика деяких текстильних допоміжних речовин та барвників

Продукт	Хімічна основа продукту	Негативний ефект
Диспергатори	Алкілсульфопохідні ароматичних з'єднань.	Зміна органолептичних властивостей води, порушення природного процесу самоочищення водою.
Апретуючі агенти, загусники, пом'якшувачі, антисептики	Поліакриламід, моноетаноламід синтетичних жирних кислот C <sub>10</sub> -C <sub>16</sub> , 8-оксихінолат міді.	Не піддаються біохімічному окисленню. Токсичність продуктів власної деструкції. Викликають гостре отруєння у риб та інших живих організмів.
Неіоногенні ПАР	Похідні оксиетильованих ароматичних спиртів, фенолів.	Низьке біоактивне розкладання (10 %) за 5 діб окиснення. Можлива евтрофікація водою.
Синтетичні миючі засоби	Алкілсульфати, алкілсульфонати, катіонні та амфотерні з'єднання, синергетичні суміші ПАР	Токсичність продуктів власної деструкції. Викликають гостре отруєння у риб та інших живих організмів.
Хлоровані вуглеводні	Три- та тетрахлоретилени	Канцерогенний вплив, пошкодження легень, печінки, нирок, гіпотонія.
Барвники	Найбільш небезпечні з різною будовою хромофорних систем: азот-, металокомплексні, сірчисті, оксидційні та ін.	Канцерогені, ураження жовчного міхура, печінки, нирок та ін. ГДК для стічних вод 1 мг/л.
Феноли (у складі композицій)	ArOH	При концентрації 0,01 мг/л вражають внутрішні органи риб (загибель через 1,5 доби). Мутагенна дія.
Аміак водний (у складі композицій)	NH <sub>3</sub>	Гостре подразнення слизових оболонок, сльозотеча, розлад кровообігу. ГДК: для повітря 20 мг/м <sup>3</sup> , для води 2 мг/л.

Таблиця 2 – Середній вміст поллютантів у стічних водах текстильних підприємств

№	Компонент	Концентрація, мг/дм <sup>3</sup>	ГДК, мг/дм <sup>3</sup>
1	ПАР неіоногенні	0,22	0,25
2	Залізо	0,39	0,40
3	ПАР аніоноактивні	0,47	0,50
4	Прямий чорний З	0,52	0,20
5	Хромовий чорний О	0,09	0,03
6	Прямий бірюзовий	0,16	0,04
7	Активний чорний С	0,21	0,05
8	Рожевий О	0,88	0,30

– стоки, що містять органічні речовини рослинного походження – від операцій відварювання та вибілювання;

– стоки, що містять барвники різних класів – від операцій фарбування;

– стоки, що містять солі важких металів (іони Cu<sup>2+</sup> – до 80 мг/л, іони Cr<sup>6+</sup> – до 45 мг/л) – від просочення брезентових парусин.

У табл. 2 представлені дані щодо середнього вмісту поллютантів у СВ.

На підприємствах утворюється до 9 потоків стоків, які збираються в три випуски, об'єм СВ становить від 8 до 60 тис. м<sup>3</sup> щокварталу. Проби відбиралися згідно з ДСТУ ISO 5667-13:2005 «Якість води. Відбирання проб. Частина 10. Настанови щодо відбирання проб стічних вод».

### Результати досліджень

В результаті аналізу технологічних карт текстильних підприємств виділено три основні технологічних блоки: прядіння та відбілювання

(рис. 1), світлостійке комбіноване водотривке та біостійке просочення (рис. 2) і світлостійке комбіноване вогнестійке просочення (рис. 3).

Побудовані технологічні блок-схеми дозволили зробити висновок, що стоки після технологічних операцій, пов'язаних із закріпленням просочувань, що наносяться на тканину, містять сульфат міді (II) та біхромат натрію. Концентрація токсичних компонентів складає: за іонами Cu<sup>2+</sup> – до 80 мг/дм<sup>3</sup>, а за іонами Cr<sup>6+</sup> – до 45 мг/дм<sup>3</sup>. Стоки технологічних операцій, пов'язаних із фарбуванням, містять Na<sub>2</sub>S.

Для запобігання забруднення поверхневих вод органічними сполуками та іонами важких металів (ІВМ) пропонується два варіанти: 1 – окислення органічних сполук у рідкій фазі; 2 – змішування різних стоків, в яких як реагенти виступають речовини, які потребують очищення та зібрані з різних етапів виробництва. Результатом є одержання в ході хімічних реакцій сполук, що мають меншу токсичність або малорозчинних у водному середовищі.

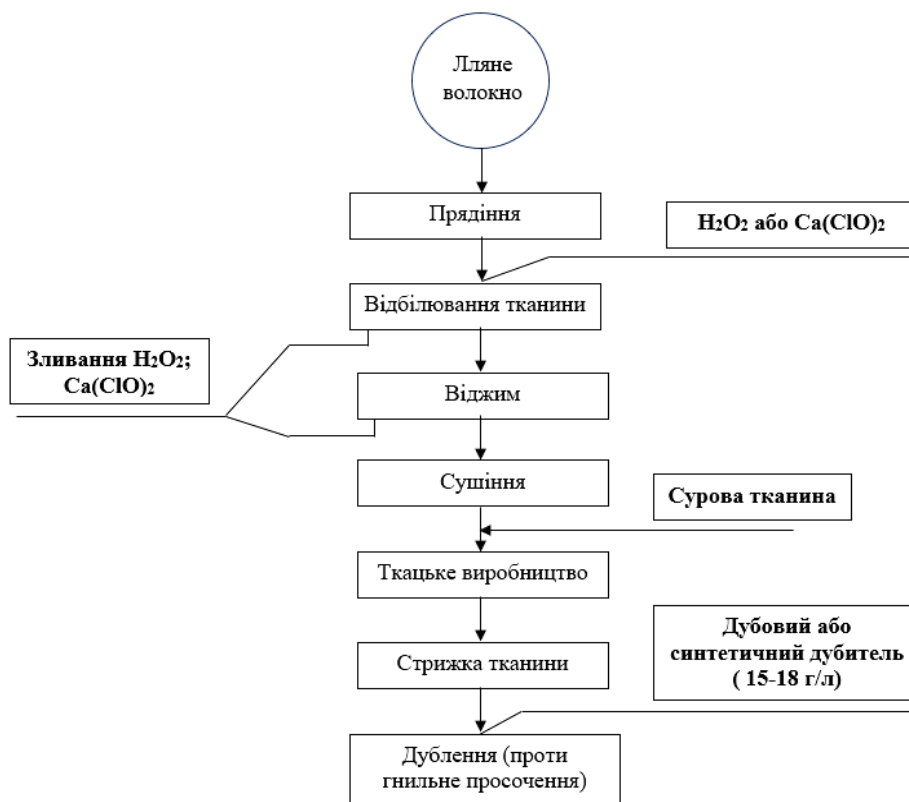


Рисунок 1 – Блок прядіння та відбілювання

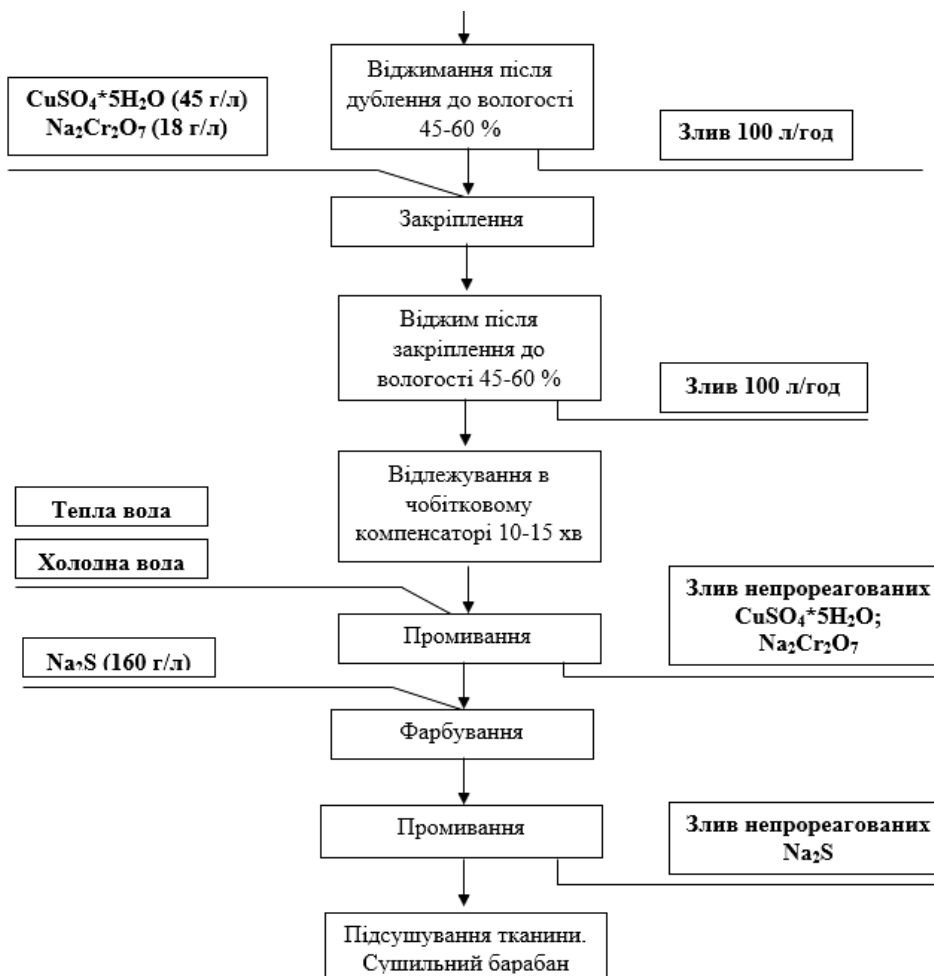


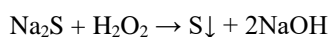
Рисунок 2 – Блок світлостійкого комбінованого просочення з підвищеною водостійкістю



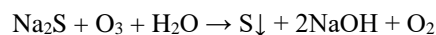
Рисунок 3 – Блок світлостійкого комбінованого вогнестійкого просочення

Для запобігання забруднення поверхневих вод органічними сполуками та іонами важких металів (ІВМ) пропонується два варіанти: 1 – окислення органічних сполук у рідкій фазі; 2 – змішування різних стоків, в яких як реагенти виступають речовини, які потребують очищення та зібрані з різних етапів виробництва. Результатом є одержання в ході хімічних реакцій сполук, що мають меншу токсичність або малорозчинних у водному середовищі.

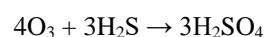
Суть першого методу у тому, що можна застосовувати сильні окиснювачі для переведення іонів металів з одного ступеня окиснення до іншого. Зокрема, проведеними дослідженнями з окислення стоків, що містять сульфід металів пероксидом водню, показано утворення колоїдної сірки згідно реакції:



Подальший етап полягав у дослідженні можливості застосування озону замість пероксиду водню, використовуючи реакцію:



Озонування органічних речовин у лабораторному досліді проводилося з використанням озонатора. Проведені випробування показали можливість очищення стічних вод від розчиненого сірководню відповідно до реакції:



Озон здатний реагувати із сполуками. Термодинамічно ці реакції можуть йти до повного окислення з утворенням води, оксиду вуглецю та вищих оксидів інших елементів. Перешкодою для повного окислення є малі швидкості на кінцевих стадіях процесу.

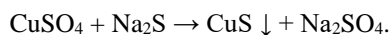
Другий метод – змішування різних за складом стоків з різних технологічних операцій виробництва текстильних матеріалів. Цим способом можна домогтися знешкодження стоків та зниження негативного впливу компонентів, що входять до них, на навколишнє середовище шляхом переведення розчинених компонентів у більш зручний та безпечний стан для їх подальшого використання. Можливість очищення СВ одних виробництв стоками інших виробництв показана в працях [18–22].

Об'єднання СВ після фарбування зі стоками, які містять іони  $\text{Cu}^{2+}$  і  $\text{Cr}^{6+}$  (стоки після закріплення просочування) призводить до взаємної нейтралізації токсичних компонентів. Також у цьому випадку необхідно для об'єднання залучати промивні води та води після віджиму із зазначених технологічних етапів.

З урахуванням того, що у виробничих умовах використовують просочення двох типів (водостійке та вогнестійке) за двома технологічними схемами, то з'являється можливість об'єднати стоки від двох просочувальних ліній, в результаті чого передбачається взаємодія різних компонентів між собою з утворенням нерозчинних або малорозчинних з'єднань.

Наприклад, IBM ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$  та ін.) можна видаляти при змішуванні з компонентами СВ (сульфідами) з різних етапів просочення тканин, переводячи в нерозчинні сульфідні металів. Перевага реакцій полягає в отриманні менш токсичних речовин, що легко вилучаються та утилізуються. Утворення осадів сульфідів металів спостерігається у всьому інтервалі концентрацій, що використовується у виробництві. Сульфід натрію також може застосовуватись для переведення іонів хрому (VI) у складі  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  в іони  $\text{Cr}^{3+}$ .

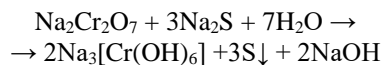
Так протікають хімічні реакції між сульфатом міді та сульфідом натрію [7]:



Добуток розчинності сульфиду міді становить  $\text{DP} = 6 \times 10^{-38}$ , що свідчить про можливість утворення чорного осаду  $\text{CuS}$  навіть в умовах надзвичайно низьких концентрацій за двовалентною міддю –

10...19 моль/дм<sup>3</sup>. Перевага реакції полягає в тому, що може бути отримана менш токсична речовина, що легко вилучаються та утилізуються.

Аналогічна реакція протікає між біхроматом натрію (калію) та сульфідом натрію [7]:



В результаті реакції розчин набуває яскраво-зеленого кольору і випадає жовто-коричневий осад сірки. Результатом хімічних перетворень є перехід хрому з шестивалентного стану до тривалентного. Таким чином, об'єднання стоків дозволить знизити вміст іонів міді та хрому в стічних водах до нормативних значень.

### Висновки

Отримані результати дозволили зробити такі висновки:

1) в результаті аналізу технологічних карт текстильних підприємств виділено три основні технологічні блоки: прядіння та відбілювання, світлостійке комбіноване водотривке та біостійке просочення та світлостійке комбіноване вогнестійке просочення;

2) визначено, що у стоках після технологічних операцій, пов'язаних із закріпленням просочувань містяться сульфат міді (II) та біхромат натрію. Концентрація токсичних компонентів складає: за іонами  $\text{Cu}^{2+}$  – до 80 мг/дм<sup>3</sup>, а за іонами  $\text{Cr}^{6+}$  – до 45 мг/дм<sup>3</sup>. Стоки технологічних операцій, пов'язаних із фарбуванням, містять  $\text{Na}_2\text{S}$  (до 160 мг/дм<sup>3</sup>);

3) встановлено, що окислення стоків, що містять сульфідні металів йде з утворенням колоїдної сірки. Озонування дозволяє зруйнувати складні органічні з'єднання до більш простих і менш токсичних для довкілля речовин;

4) виявлено, що у схемах очищення стоків, що містять іони важких металів, рекомендовано застосовувати змішування зі стічними водами, що містять розчинні сульфідні натрію або калію для переведення важких металів у малорозчинні сполуки, а також окислювально-відновлювальні реакції із зміною ступеня окиснення металу.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Порівняльний аналіз схем очищення стічних вод від аніонних барвників / М. Салькова та ін. *Хімія, хімічна технологія та екологія : тези доповідей Міжнар. конф., м. Київ, 26–29 верес. 2023*. Київ : КПІ ім. І. Сікорського, 2023. С. 217–219.
2. Мадані М. М. Деструкція барвників у стоках текстильних виробництв. *Техногенно-екологічна безпека*. 2021. № 10. С. 58–62. DOI: 10.52363/2522-1892.2021.2.9.
3. Скалозубова Н. С., Семешко О. Я., Сарібєкова Ю. Г. Інновації у технології підготовки бавовняного трикотажного полотна. Херсон : Вид. «Типографія СТАР», 2019. 142 с.
4. Використання деяких поліфункціональних обробних препаратів для захисту текстильних целюлозовмісних матеріалів від мікробіологічних пошкоджень / О. В. Пахолок, Г. О. Пушкар, І. С. Галик, Б. Д. Семак. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. 2019. № 1. С. 100–104.
5. Пасічник М. В., Куліш М. І., Сарібєков Г. С. Застосування полімерної композиції для водотривкої обробки тентових текстильних матеріалів. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2009. № 2. С. 98–101.
6. Біотехнологія: підручник / В. Г. Герасименко та ін. Київ : Фірма «ІНККОС», 2006. 647 с.
7. Березненко С. М., Бакал В. П., Дмитренко Л. А. Захисні властивості матеріалів для виготовлення вогнестійкого одягу. *KyivTex&Fashion : матеріали Міжнар. наук. конф., м. Київ, 1–2 листоп. 2018*. Київський національний університет технологій та дизайну, 2018. С. 195–198.

8. Кулігін М. Л., Семешко О. Я. Удосконалення технології фарбування бавовняних трикотажних полотен активними барвниками. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2018. № 2. С. 108–113.
9. Семак Б. Б., Галик І. С., Семак Б. Д. Підвищення біостійкості та екологічної безпеки текстильних матеріалів шляхом їх поверхневої модифікації. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. 2007. № 4. С. 47–51.
10. Гнідець В. П. Розробка безсилікатної технології вибілювання целюлозних текстильних матеріалів. *Проблеми легкої та текстильної промисловості України: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., м. Херсон, 29-31 жовт. 2012*. Херсонський національний технічний університет, 2012. С. 81.
11. Березюк О. Я., Кулаков О. І. Підготовка тканин із целюлозних матеріалів для просочувально-накатного способу біління. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2010. № 2. С. 254–259.
12. Прокопенко Е. В. Вплив удобрення на якість продукції льону олійного. *Science, innovations and education: problems and prospects: матеріали 14-ї Міжнар. наук.-практ. конф., Токіо, 25–27 серп. 2022*. CPN Publishing Group, Tokyo, 2022. С. 11.
13. Демкевич Л. І. Використання хімічних речовин у текстильній промисловості та їх токсикологічна характеристика. *Науковий вісник НТУУ України*. 2012. № 22.1. С. 110–113.
14. Крючкова В., Тихомирова Т. Вплив текстильних барвників на стан стічних вод виробництв. *Комплексне використання ресурсів довкілля: матеріали I Всеукр. наук.-практ. конф., м. Луцьк, 20 листоп. 2023*. Луцьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2023. С. 27–30.
15. Карван С. А., Кулаков О. І., Параска О. А. Оцінювання ефективності поверхневоактивних речовин в процесах обробки текстильних матеріалів. *Легка промисловість*. 2008. № 4. С. 49.
16. Щербань В. Ю., Параска Г. Б., Орловський Б. В. Ресурсоощадні технології та обладнання швейної та текстильної промисловості: монографія. К.: КНУТД, 2015. 260 с.
17. Супрун Н. П. Матеріалознавство швейних виробів. Волокна та нитки. Київ: Видавництво «Знання», 2008. 182 с.
18. Maksimov E., Krehel R., Pollak M. Prospective systems and technologies for the treatment of wastewater containing oil substances. *Clean Technologies and Environmental Policy*. 2016. № 18. P. 161–170.
19. A review on cleaner strategies for chromium industrial wastewater: present research and future perspective / K. Gracepavithra, V. Jaikumar, P. Senthil Kumar, PS. SundarRajan. *Journal of Cleaner Production*. 2019. № 228. P. 580–593.
20. Awaleh M. O., Soubaneh Y. D. Waste water treatment in chemical industries: the concept and current technologies. *Journal of Waste Water Treatment and Analysis*. 2014. № 5.1. P. 1–12.
21. Безцінний О. О. Відтворення відпрацьованих стічних вод, забруднених іонами важких металів. *Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура*. 2018. № 142. С. 45–48.
22. Use of a byproduct of magnesium oxide production to precipitate phosphorus and nitrogen as struvite from wastewater treatment liquors / M. Quintana et al. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2004. № 52.2. P. 294–299.

## Madani M.

### TREATMENT OF EFFLUENTS OF TEXTILE INDUSTRIES TO REDUCE POLLUTANTS INGRESS INTO SURFACE WATERS

Technological schemes of processing textile materials with special chemicals are considered. A method of reducing the concentration of heavy metal ions in waste water of textile manufacturing enterprises based on the combination of effluents from different technological lines is proposed. To reduce the degree of oxidation of chromium ( $\text{Cr}^{6+}$  to  $\text{Cr}^{3+}$ ), as well as to transfer salts of copper, cobalt, nickel and other metals from a liquid to a solid state, it is recommended to mix such wastewater with effluents containing sodium or potassium sulfide. The method can be used at enterprises of the chemical, printing, and paint industries. To reduce the content of sulfides of various metals in wastewater and obtain colloidal sulfur, a method of oxidation of such salts by ozonation using a special ozonator is proposed. Ozonation also makes it possible to reduce the content of organic substances in the total volume of effluents to standardized indicators.

**Key words:** technical ecology, protection technologies, textile production, wastewater treatment, heavy metal ions, ozonation.

## REFERENCES

1. Salkova, M., Tolstopalova, N., Obushenko, T., Danylovych, A., & Sanhinova, O. (2023). Porivnialnyi analiz skhem ochyshchennia stichnykh vid vod anionnykh barvnykiv [Comparative analysis of wastewater treatment schemes from anionic dyes]. *Khimiia, khimichna tekhnolohiia ta ekolohiia, tezyi dopovidei Mizhnarodnoi konferentsii*. Kyiv. [in Ukrainian]
2. Madani, M. M. (2021). Destruktsiia barvnykiv u stokakh tekstylnykh vyrobnystv [Destruction of dyes in effluents of textile industries]. *Tekhnohenko-ekolohichna bezpeka*, 10, 58–62. doi: 10.52363/2522-1892.2021.2.9. [in Ukrainian]
3. Skalozubova, N. S., Semeshko, O. Ia., & Saribiekova, Yu. H. (2019). *Imovatsii u tekhnolohii pidhotovky bavovnianoho trykotazhnogo polotna [Innovations in the technology of preparation of cotton knitted fabric]*. Kherson: Vydavnytstvo «Typohrafiia STAR». [in Ukrainian]
4. Pakholiuk, O. V., Pushkar, H. O., Halyk, I. S., & Semak, B. D. (2019). Vykorystannia deiakykh polifunksionalnykh obrobynykh preparativ dlia zakhystu tekstylnykh tselulozovnisnykh materialiv vid mikrobiolohichnykh poshkodzen [The use of some multifunctional processing preparations for the protection of textile cellulose-containing materials from microbiological damage]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky*, 1, 100–104. [in Ukrainian]
5. Pasichnyk, M. V., Kulish, M. I., & Saribiekov, H. S. (2009). Zastosuvannia polimernoї kompozycji dlia vodotryvkoї obroby tentovykh tekstylnykh materialiv [Application of polymer composition for waterproofing of awning textile materials]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*, 2, 98–101. [in Ukrainian]
6. Herasymenko, V. H., Herasymenko, M. O., Tsvilikhovskiy, M. I., Kotsiumbas, I. Ia., Zakharenko, M. O., Obrazhei, A. F. & Holovko, A. M. (2006). *Biotehnolohiia: pidruchnyk [Biotechnology: textbook]*. Kyiv: Firma «INKOS». [in Ukrainian]
7. Bereznenko, S. M., Bakal, V. P., & Dmytrenko, L. A. (2018). Zakhysni vlastyvoli materialiv dlia vyhotovlennia vohnestiikoho odiahu [Protective properties of materials for the manufacture of fire-resistant clothing]. *KyivTex&Fashion, materialy Mizhnarodnoi naukovoї konferentsii*. Kyiv. [in Ukrainian]
8. Kulihin, M. L., & Semeshko, O. Ya. (2018). Udoshkonalennia tekhnolohii farbuвання bavovnianykh trykotazhnykh poloten aktyvnymy barvnykamy [Improvement of the technology of dyeing cotton knitted fabrics with active dyes]. *Visnyk Khersonskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*, 2, 108–113. [in Ukrainian]
9. Semak, B. B., Halyk, I. S., & Semak, B. D. (2007). Pidvyshchennia biostiikosti ta ekolohichnoi bezpeky tekstylnykh materialiv shliakhom yikh poverkhnivoї modyfikatsii [Increasing the biostability and environmental safety of textile materials through their surface modification]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dizajnu*, 4, 47–51. [in Ukrainian]
10. Hnidets, V. P. (2012). Rozrobka bezsilikatnoi tekhnolohii vybiliuvannia tseluloznykh tekstylnykh materialiv [Development of silicate-free bleaching technology of cellulosic textile materials], *Problemy lehkoi ta tekstynoi promyslovosti Ukrainy, materialy materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii*. Kherson. [in Ukrainian]

11. Bereziuk, O. Ya., & Kulakov, O. I. (2010). Pidhotovka tkanyn iz tseluloznych materialiv dlia prosochuvalno-nakatnoho sposobu bilinnia [Preparation of tissues from cellulosic materials for the impregnation-rolling method of bleaching]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*, 2, 254–259. [in Ukrainian]
12. Prokopenko, E. V. (2022). Vplyv udobrennia na yakist produktsii lonu oliinoho [The influence of fertilizer on the quality of oil flax products]. *Science, innovations and education: problems and prospects, Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Scientific and Practical Conference*. Tokio. [in Ukrainian]
13. Demkevych, L. I. (2012). Vykorystannia khimichnykh rehovyn u tekstylnii promyslovosti ta yikh toksykologichna kharakterystyka [The use of chemicals in the textile industry and their toxicological characteristics]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*, 22.1, 110–113. [in Ukrainian]
14. Kriuchkova, V., & Tykhomyrova, T. (2023) Vplyv tekstylnykh barvnykiv na stan stichnykh vod vyrobnytstv [The influence of textile dyes on the state of industrial wastewater], *Kompleksne vykorystannia resursiv dokillia, materialy I Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii*. Lutsk. [in Ukrainian]
15. Karvan, S. A., Kulakov, O. I., & Paraska, O. A. (2008). Otsiniuvannia efektyvnosti poverkhnevoaktyvnykh rehovyn v protsesakh obrobky tekstylnykh materialiv [Evaluation of the effectiveness of surfactants in the processing of textile materials]. *Lehka promyslovist*, 4, 49 [in Ukrainian].
16. Shcherban, V. Yu., Paraska, H. B., & Orlovskiy, B. V. (2015). *Resursooshchadni tekhnologii ta obladnannia shveinoi ta tekstylnoi promyslovosti* [Resource-saving technologies and equipment of the sewing and textile industry]. Kyiv: KNUTD. [in Ukrainian]
17. Suprun, N.P. (2008). *Materialoznavstvo shveinykh vyrobiv. Volokna ta nytky* [Material science of sewing products. Fibers and threads]. Kyiv: Vydavnytstvo «Znannia». [in Ukrainian]
18. Maksimov, E., Krehel, R., & Pollak, M. (2016). Prospective systems and technologies for the treatment of wastewater containing oil substances. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 18, 161–170.
19. Gracepavithra, K., Jaikumar V., Senthil Kumar P., & SundarRajan PS. (2019). A review on cleaner strategies for chromium industrial wastewater: present research and future perspective. *Journal of Cleaner Production*, 228, 580–593.
20. Awaleh, M. O., & Soubaneh, Y. D. (2014). Waste water treatment in chemical industries: the concept and current technologies. *Journal of Waste Water Treatment and Analysis*, 5.1, 1–12.
21. Beztsinnyi, O. O. (2018). Vidtvorennia vidpratsovanykh stichnykh vod, zabrudnenykh ionamy vazhkykh metaliv [Reproduction of waste water contaminated with heavy metal ions]. *Komunalne hospodarstvo mist. Seriya: Tekhnichni nauky ta arkhitektura*, 142, 45–48. [in Ukrainian]
22. Quintana, M., Colmenarejo, M. F., Barrera, J., García, G., García, E., & Bustos, A. (2004). Use of a byproduct of magnesium oxide production to precipitate phosphorus and nitrogen as struvite from wastewater treatment liquors. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52.2, 294–299.