

**Інтенсифікація очищення стічних вод целюлозно-паперовим підприємством  
м. Житомира на основі біосорбційних властивостей активного мулу**

Проблема збереження та раціонального користування водними ресурсами залишається актуальною в умовах сучасності. Промислові підприємства використовують для своєї роботи значні об'єми прісної води і досить часто вода навіть після очисних споруд не повертається у початковий стан. Частина підприємств нехтує системою попередньої очистки, що знижує ефективність біологічної стадії, а це призводить до скиду у водойми стічної води з перевищенням нормативних показників її якості. Будівництво додаткових капітальних споруд, капіталовкладення на реагенти, витрати на знешкодження відпрацьованих матеріалів, можливість суміщення з очисними системами міста, сплачуючи штрафи за перевищення норм, забруднення атмосфери – основні причини, що зупиняють виробників стічних вод від впровадження попередньої очистки. В рамках даної роботи, було розглянуто целюлозно-паперове підприємство ТОВ "Житомирський картонний комбінат" та його стічну воду.

Не менш важливою проблемою є обробка та утилізація мулових осадів. В даний час досі не запропонований ефективний спосіб використання необробленого відпрацьованого активного мулу в якості сировини для отримання сорбенту. Запропонований в дипломній роботі метод позитивно відрізняється від відомих аналогів, перш за все, за вартісними і технологічними характеристиками. Представлена робота вирішує описані проблеми та присвячена розробці й впровадженню технології обробки стічних вод перед стадією біологічного очищення, з метою поліпшення процесу видалення органічних забруднювачів на основі сорбції матеріалом з відпрацьованого активного мулу.

Целюлозно-паперова промисловість – це великий споживач прісної води та масштабне джерело стічних вод, що утворюються на різних етапах целюлозно-паперового виробництва. Стічні води, що утворюються, згубно впливають на навколишнє середовище та становлять серйозну загрозу для дикої природи та життя людини. Галузь виробляє третю за величиною кількість стічних вод після металургії та хімічної промисловості. Промислові стоки містять різноманітні органічні та неорганічні забруднення, які здебільшого складаються з дубильних речовин, лігніну, смол та сполук хлору. ХСК, загальна кількість завислих речовин, сполуки азоту та органічні галогеніди, що здатні адсорбуватися (ОГА) – основні забруднення, які слід видалити та/або мінімізувати в очисних спорудах за допомогою низки процесів очищення води. Перший момент, який слід підкреслити, полягає в тому, що характеристики стічних вод сильно варіюються, особливо порівнюючи стічну воду після однієї операції, наприклад, з виробництва сирової целюлози та іншої - відбілювання паперу. Велика частина спостережуваних змін може пояснюватися різними характеристиками потоків стічних вод, що утворюються в результаті певних видів процесів варіння целюлози, відбілювання або виготовлення паперу.

Стічні води утворюються в процесах термообробки деревини або виготовлення стружки, виробництва і відбілювання целюлози, виробництва паперу та переробки волокон. Усі ці процеси є споживачами прісної води та виробниками великого обсягу стічних вод. Процеси виробництва целюлози та виготовлення паперу поділяють на чотири основні групи, за видом впливу: механічний; хімічний; хіміко-механічний і термомеханічний тип обробки.

Утворені стічні води мають різні концентрації та види забруднень. Величина викидів парникових газів залежить також від концентрації органічних речовин у стічних водах, робочої температури реактора, типу очисних процесів та ефективності видалення забруднюючих речовин.

В стічній воді целюлозно-паперового виробництва міститься велика кількість грубодисперсних речовин, колоїдних та менша частка розчинених речовин. До грубодисперсних належить частинки волокна, пігментні речовини й наповнювачі, клейові субстанції, лігнін і лігносульфонати, а також складові дерев'яної кори, не розчинні у воді. Розчинені речовини представлені вільним лугом, солями кислот, мурашиною кислотою, оцтовою кислотою тощо. Колоїдні частинки можуть бути представлені жирними та смоляними кислотами, стеринами, терпенами. Нерозчинна складова становить завислі речовини. Застосовувані в технології неорганічні сполуки безпосередньо становлять неорганічну складову забруднень. Це зазвичай сольові й лужні розчини, переважною часткою яких є карбонати, хлориди натрію, сульфати тощо. Стічні води з підприємств мають високу колірність, яка може доходити до 400 градусів за хромо-кобальтовою шкалою.

Додаткове видалення фосфору та азоту з даних стоків, як правило, не потрібне, оскільки ці біогенні елементи стоків містяться в незначних концентраціях. Як приклад, маємо характеристику стічних вод від Поніківської картонно-паперової фабрики за 2020 рік, дані по забрудненням якої наведені в таблиці 1.

Таблиця 1.

Характеристика стічних вод Житомирської картонно- паперової фабрики за 2022 рік

№	Показник	Одиниці виміру	Середнє значення
1	pH	мг/дм <sup>3</sup>	7,6
2	Завислі речовини	мг/дм <sup>3</sup>	2560
3	Прокалені завислі речовини	мг/дм <sup>3</sup>	964
4	Сухий залишок	мг/дм <sup>3</sup>	2180
5	Прокалений залишок	мг/дм <sup>3</sup>	758
6	ХСК	мг/дм <sup>3</sup>	2000
7	БСК <sub>5</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	-
8	Азот амонійний	мг/дм <sup>3</sup>	-

9	Нітрити	мг/дм <sup>3</sup>	0,004
10	Нітрати	мг/дм <sup>3</sup>	9,0
11	Фосфати	мг/дм <sup>3</sup>	0,4

Всі системи очищення стічних вод мають перед собою наступні три задачі: вони повинні видаляти завислі частинки зі стічних вод, розчинені забруднювачі та усувати токсичність забруднюючих речовин. Зазвичай це робиться у два етапи, починаючи з гравітаційного розділення, тобто первинної обробки, з використанням освітлювача або набору освітлювачів та вторинної обробки. У деяких випадках замість гравітаційного поділу фаз може використовуватися флотація. Наступним етапом є біологічна очистка стічних вод - вторинна обробка.

Також можливий варіант застосування хімічного осадження сірчаною кислотою з подальшим озонуванням для очищення стоків целюлозно-паперових заводів з великим вмістом забруднювачів з великою молекулярною масою. Цей процес видаляє 96% колірності та 60-70% БСК. Обробка озоном дозволяє дезінфікувати воду і видалити колір. Також озон може перетворювати залишкові речовини після анаеробної обробки в окислені форми, які з меншою ймовірністю сприяють появі запахів або зниженню рівня кисню у природних водоймах, до яких робиться скид. Крім того, реалізація технології досить проста та поширена в процесах доочищення целюлозно-паперової фабрики, особливо за кордоном. Окиснення озоном в якості окремої технології можна вважати неекономічним через великий обсяг стоків на целюлозно-паперових комбінатах.

Дослідження показали, що надлишковий активний мул має широкий спектр адсорбційної активності, оскільки більшість органічних забруднювачів затримується на його поверхні.

Проведена серія досліджень підтверджує доцільність використання активного мулу в якості адсорбенту на очисних спорудах для попереднього очищення стічних вод підприємств целюлозно-паперової галузі. Муловий субстрат має велику питому площу поверхні (650 - 900 м<sup>2</sup>/г) - фактор, що визначає якість адсорбенту і забезпечує високу адсорбційну ємність при задовільній доступності сорбату до матеріалу. Проведені дослідження були спрямовані на пошук умов, які забезпечують хороший контакт зі стічними водами на нерухомому шарі адсорбенту. Було визначено, що оптимальними умовами є проведення адсорбції протягом 2 годин з дозою активного мулу 3-4 г/дм<sup>3</sup>.

Для покращення сорбційних властивостей активного мулу, наприкладі вилучення іонів міді, цинку та нікелю з міських стічних вод м. Житомира, пропонується проводити подальші дослідження з гранульованим та/або електрогенерованим мулом.

#### Список використаних джерел

1. L.Demchuk, I.Patseva, H.Kireitseva, V.Kalenska, Ilya Tsyganenko-Dziubenko. Mechanisms for ensuring food, energy, and environmental security in the face of current challenges and threats. Prospects for sustainable development and ensuring the security of economic systems in the new geostrategic realities. Scientific monograph. Košice: Vysoká škola bezpečnostného manažérstva v Košiciach, 2023. P. 141-151.

2. L.I. Demchuk, I.H. Paseva, O. I. Uvaeva. History of the development of scientific and pedagogical education system in Ukraine: колективна монографія. Scientific monograph. Riga, Latvia: "Baltija Publishing", 2022. 486 с.

3. Valerko, R., Herasymchuk, L., Patseva, I., Gnatuk, B. Assessment of the ecological state of rural settlements by indicators of drinking water quality in the context of sustainable development. Journal Environmental Problems. 2024. № 9(1). p. 28-34

Коцюба І. Г., А. О. Коробійчук, Л. М. Радченко. Дослідження сучасного стану забруднення вод гідрографічної мережі Житомирського району. Екологічні науки. 2014. № 6. С. 96-103.