

Результати є типовими для високотемпературної обробки глинистих мінералів з домішками оксидів металів, де кінцевий фазовий склад керується кінетикою та хімічним складом, а не лише термодинамікою чистої системи. Порівняння властивостей отриманих керамічних матеріалів представлені у таблиці 2.

Таблиця 2. Порівняння властивостей кристалічних фаз.

Властивість	1000°C (Моганіт + Шпінель ~6.0 нм)	1100°C (Крїстобалїт + Шпінель ~10.4 нм)	Зміна температури (1000°C→1100°C)
Хімічна стійкість	Добра, але вразлива	Дуже висока	Покращилася
Водостійкість	Добра/Задовільна	Відмінна	Покращилася
Міцність	Добра (Наноккомпозит)	Вища (Керамічний композит)	Покращилася

Для зразків, випалених за температури вище 1000 °C мінімальне водопоглинання не перевищувало 1 %, а відкрита пористість складала менше 0,5 %. За цієї температури одержані наноструктуровані матеріали мають най більшу стійкість – 42 МПа.

У роботі також було досліджено вплив температури обробки відпрацьованих сорбентів на процеси вимивання з матриці іонів Cr(VI) та Co(II) під дією води, кислот (0,1 М HCl) та лугів (0,1 М NaOH). Дослідження підтвердили, що вилуговування іонів важких металів у зразках термооброблених за температур 950-1100°C не перевищує 0,1% (концентрацію іонів металу визначали спектрофотометричним методом на приладі UNICO 2100UV).

Таким чином, утилізація відпрацьованих сорбентів по керамічній технології дає змогу міцно зафіксувати іони важких металів в силікатній матриці і не допустити їх вилуговування навіть під дією достатньо агресивних середовищ.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ШКІРЯНИХ ЗАВОДІВ

¹Засць А. В., ²Андрєєва О. А.

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна, м. Київ

¹zaiets.antonina888@gmail.com, ²andreyeva.aa@knutd.com.ua

Внаслідок споживання величезної кількості води шкіряні заводи генерують тони рідких відходів. При цьому стічні води підприємств галузі характеризуються високою та мінливою концентрацією різних забруднювачів (важкі метали, феноли, барвники, поверхнево-активні речовини, біоциди і т.і.), що не лише ускладнює та здорожує очищення стоків, а й створює потенційну загрозу для навколишнього середовища та здоров'я людини. Виходячи з цього, увага вчених та практиків зосереджена на вивченні характеристик та стратегій очищення стічних вод у шкіряній промисловості, створенні нормативно-правової бази для управління цим процесом. Так, у роботі [1] висвітлено різні технології із застосуванням традиційних фізико-хімічних процесів (вирівнювання, коагуляція, адсорбція), передові підходи (окислення Фентону, озонування, кавітація), термодинамічні

та біологічні методи очищення стічних вод, комплексні підходи. Зроблено висновок про те, що стійкі альтернативи, які застосовуються в сучасних технологіях очищення стічних вод шкіряних заводів, дозволяють мінімізувати експлуатаційні витрати та забезпечити рециркуляцію очищеної води у навколишнє середовище. Надані авторами рекомендації корисні для галузі з метою управління методами очищення стічних вод та забезпечення рециркуляції води екологічно раціональним способом.

У пошуках стійких варіантів очищення стічних вод авторами [2] проаналізовано два пілотні горизонтальні підземні потоки сконструйованих водно-болотних угідь для очищення синтетичної води, якість якої ідентична якості попередньо очищених стічних вод шкіряних заводів. Вивчено декілька фаз очищення з поступовим збільшенням навантажень ГПК, $\text{NH}^{4+}\text{-N}$ та Cr до досягнення та перевищення показників типового складу стічних вод шкіряного заводу. Відзначено високий (80-90%) рівень видалення ГПК й $\text{NH}^{4+}\text{-N}$ та майже повне видалення хрому у стоках, що відповідає національним стандартам зі скидів у навколишнє середовище. Вміст азоту, хлорофілу та хрому в надземних частинах та коренях місцевої рослини *Phragmites sp.* вказує на її здатність виживати навіть за високих екологічних навантажень. Кількість гетеротрофних бактерій у субстраті та кореневищах рослини свідчить про розвиток біоплівки, окиснення органічної речовини та азоту. Таким чином, протестована конструкція виявилася цілком стійкою та альтернативною для очищення стічних вод шкіряного заводу у тропічному кліматі.

В Індії Dr. Vijayalakshmi P. зі співробітниками [3] вивчала доцільність електро- та глибокого окиснення як методи третинного очищення стічних вод шкіряних заводів. При комбінуванні процесів $\text{UF/O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ видалення загального органічного вуглецю було на рівні 85 %, тоді як при електроокисненні ледь сягало 50 %. Разом з тим, витрата енергії видалення одиниці маси загального органічного вуглецю за допомогою електроокиснення становила 738 кВт год/кг, що у 10 разів менше від глибокого окиснення. Тому у подальшому з метою енергозбереження застосували двоступеневий процес, що передбачає електроокиснення на першому етапі й глибоке окиснення на другому. Результати експерименту показали, що видалення загального органічного вуглецю методом глибокого окиснення уповільнюється після первісної обробки стічних вод методом електроокиснення при тому, що після електроокиснення стічні води повністю дезінфіковані.

Інша група індійських вчених [4] досліджувала розкладання органічних забруднювачів (феноли, таніни і т.і.), що містяться в стічних водах шкіряного виробництва, шляхом порівняння комбінованого ефекту кавітації та магнітного перемішування з процесами вдосконаленого окиснення. В одному випадку зразки стічних вод обробляли у присутності кавітації з використанням ультразвукового зонда, в іншому – з використанням магнітної мішалки. В обох випадках аналізували вплив параметрів обробки (рН, тривалості ультразвукового опромінення, витрати перекису водню) на вміст загального органічного вуглецю. Експериментально встановлено значне зниження цього показника при поєднанні кавітації та перекису водню порівняно із застосуванням лише перекису водню.

У Тунісі досліджували озонування стічних вод, отриманих після відмочувально-зольних процесів [5]. Метод виявився прийнятним для повного окиснення присутніх у стоках сульфідів (S^{2-} , HS^- ...). Значне зниження ГПК (55 %) досягається при значенні рН = 8. Додавання перекису водню у якості окиснювача підвищує ступінь очищення: після 1 години озонування з дозуванням перекису водню 8 мл/л вапняних стічних вод показник ГПК підвищився до 64 %.

Література

1. Nigam, Mohit; Mishra, Puranjan; Kumar, Pradeep. Comprehensive technological assessment for different treatment methods of leather tannery wastewater. (2023), *Environ Sci Pollut Res*, 30, pp.124686-124703.

2. Susana Ramírez, Graciela Torrealba, Eudimar Lameda-Cuicas et al. Investigation of pilot-scale constructed wetlands treating simulated pre-treated tannery wastewater under tropical climate. (2019), *Chemosphere*, 234, pp. 495-504.
3. Vijayalakshmi, P.; Raju, G. Bhaskar; Gnanamani, A. Advanced Oxidation and Electrooxidation As Tertiary Treatment Techniques to Improve the Purity of Tannery Wastewater. (2011), *Industrial & engineering chemistry research*, 50(17), pp. 10194-10200.
4. Sneha Korpea, Bhaskar Bethib, Shirish H. Sonawaneb, K.V. Jayakumara. Tannery wastewater treatment by cavitation combined with advanced oxidation process (AOP). (2019), *Ultrasonics Sonochemistry*, 59. p. 104723.
5. Bouzid, Jalel; Aydi, Walid; Ksibi, Mohamed. Use of Ozonation Process for the Oxidation of Liming Float Wastewater Stream. (2008), *Environmental Engineering science*, 25(8), pp. 1139-1148.

АДСОРБЦІЙНЕ ВИЛУЧЕННЯ ФОСФОРУ ЗІ СТІЧНИХ ВОД ТА УТИЛІЗАЦІЯ ОСАДІВ У ДОБРИВА

*Іванченко А.В., Воронов В.В.
Науковий керівник Іванченко А.В.*

*Дніпровський державний технічний університет, Україна, місто Кам'янське,
ivanchenkodgtu@gmail.com*

Фосфор є головним чинником евтрофікації водойм, спричиняючи надмірний ріст водоростей та ціанобактерій, що призводить до дефіциту кисню та загибелі водних організмів. Видалення фосфатів зі стічних вод є критично важливим для захисту водних екосистем. Одночасно з цим, фосфор є обмеженим і невідновлюваним ресурсом, незамінним для сільського господарства.

Для вилучення фосфатів зі стічних вод перспективним вбачається застосування адсорбційних матеріалів, таких як активоване вугілля, цеоліти, силікагель або природних сорбентів. Метод адсорбції може використовуватися для очищення як побутових, так і промислових стічних вод різного складу. Установка адсорбційного очищення є відносно простою в експлуатації, не потребує складного обладнання та може бути легко інтегрована в існуючі системи очищення. Процес не утворює токсичних побічних продуктів, а відпрацьовані сорбенти можуть піддаватися утилізації або регенерації без шкоди для довкілля. На відміну від деяких інших методів, адсорбція не потребує нагрівання розчинів чи проведення складних хімічних реакцій.

В результаті виконання експериментальних досліджень встановлено особливості вилучення фосфатів із модельних розчинів із безпечною утилізацією цеолітових осадів у добрива. Порівняно ефективність природних сорбентів (шкарлупи волоського горіха, глауконіту, цеоліту) та активованого вугілля. Для проведення експериментальних досліджень у якості вихідних модельних стічних вод використано розчин натрій гідрофосфату концентрацією 100 та 25 мг/дм³. Результати дослідів в динамічних умовах із використанням адсорбційних колонок показали, що цеоліт є найбільш ефективним 94,5% в порівнянні з іншими сорбентами (зниження концентрації фосфатів з 100 мг/дм³ до 5,5 мг/дм³). Результати в періодичних умовах (реактор з мішалкою): активоване вугілля найбільший ступінь вилучення фосфат-іонів 98 % за 2 години адсорбції (зниження з