

Сумський державний університет

Мельник Олена Сергіївна

УДК 574.63:628.33

**УТИЛІЗАЦІЯ СТІЧНИХ ВОД ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА
ТА ЇХ НЕЙТРАЛІЗАЦІЯ**

21.06.01 – екологічна безпека

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Суми - 2011

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі прикладної екології Сумського державного університету Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор
Пляцук Леонід Дмитрович,
Сумський державний університет,
завідувач кафедри прикладної екології.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Шмандій Володимир Михайлович,
Кременчуцький національний університет
ім. Михайла Остроградського,
декан факультету природничих наук,
завідувач кафедри екології;

доктор технічних наук, професор
Мальований Мирослав Степанович,
Національний університет «Львівська
політехніка», завідувач кафедри екології та
охорони навколишнього середовища.

Захист відбудеться «15» квітня 2011 р. о 12.00 на засіданні спеціалізованої вченої ради **К 55.051.04** в Сумському державному університеті за адресою: 40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова 2, корп. Ц, ауд 204.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Сумського державного університету за адресою: 40007, Україна, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2.

Автореферат розіслано «__» березня 2011 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Гурець Л.Л.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Підвищення рівня екологічної безпеки за рахунок впровадження високоефективного очисного обладнання, розроблення маловідходних енергоефективних технологій захисту довкілля, створення замкнених систем ресурсообігу є пріоритетним напрямком розвитку сучасної української економіки.

На сьогодні критичного значення набуває проблема порушення балансу водного середовища. Витратні виробничі схеми водокористування, незадовільний стан очисних споруд, застарілі матеріаломісткі технології обробки стоків призводять до загострення екологічної ситуації у країні. У той час як промислово розвинені регіони потерпають від браку прісної води, в природні водні об'єкти скидається понад 500 млн м³ забруднених промислових стоків за рік. Значний вклад у забруднення гідросфери вносять підприємства гальванічного профілю. З недостатньо очищеними гальваностоксами в природні водні об'єкти щороку потрапляють тисячі тонн високотоксичних важких металів, таких, як цинк – 3,3 тис.т, нікель – 2,4 тис.т, хром – 0,5 тис.т та ін., значно ускладнюючи екологічну ситуацію в країні.

Одними з найбільш небезпечних є стічні води, що містять високотоксичні сполуки шестивалентного хрому. Трансформуюча активність шестивалентного хрому обумовлює його значний міграційний потенціал у природному середовищі. Таким чином, техногенне забруднення гідросфери призводить не лише до інтоксикації водних організмів, але і до подальшого забруднення інших природних компонентів, зрештою, негативно позначається на стані всієї екосистеми, порушуючи екологічну рівновагу в навколишньому середовищі.

Для захисту біосфери від хромовмісних сполук гальванічного виробництва перспективним вважається електрокоагуляційний метод знешкодження стоків, який дає можливість одночасно проводити відновлювальну деструкцію шестивалентного хрому і осадження його у вигляді суміші гідроксидів. Електрогенерований осад-шлам відрізняється стабілізованими структурними характеристиками, що забезпечують стійкість хрому до вилюговування в навколишнє середовище при тривалому зберіганні таких шламів на території підприємства або при використанні в якості вторинної сировини для будівельної, металургійної, автодорожньої промисловості. Серед основних причин, що перешкоджають широкому впровадженню електрокоагуляторів у виробництво, відмічають технологічну складність процесу і відносно високу собівартість. У зв'язку з цим актуальним напрямком наукових досліджень є розроблення електрокоагуляційної технології знешкодження гальваностоків, яка дозволить створити на підприємстві маловідходні замкнені системи водоспоживання, зведе до мінімуму можливість утворення додаткових джерел забруднення та ризик порушення екологічної рівноваги, буде екологічно безпечною та економічно доцільною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконувалася згідно з державною програмою «Про концепцію розвитку водного господарства України» у рамках держбюджетної тематики Сумського державного університету «Зниження техногенного навантаження на довкілля підприємств хімічної і машинобудівної промисловості» (№ держ. реєстрації 0109U008929).

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення рівня екологічної безпеки шляхом розроблення та теоретично-експериментального обґрунтування електрокоагуляційного методу та виробничих схем знешкодження хромовмісних стічних вод, що дозволить створювати замкнені виробничі системи водообігу та істотно знизити техногенне навантаження відходів гальванічного виробництва на довкілля.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні завдання:

- провести ідентифікацію чинників екологічної небезпеки гальванічного виробництва;
- на підставі вивчення умов утворення, складу, властивостей і методів очищення стічних вод гальванічного виробництва науково обґрунтувати вибір найбільш ефективного способу знешкодження хромовмісних стоків;
- забезпечити додержання нормативів шкідливого впливу на довкілля хромовмісних стоків за рахунок розроблення конструкції високоефективного електрокоагулятора;
- експериментально дослідити механізм очищення стічних вод в електрокоагуляційній установці з метою визначення оптимальних конструктивних та режимних параметрів роботи очисного обладнання;
- забезпечити раціональне використання природних ресурсів за рахунок удосконалення технологічної схеми електрокоагуляційного очищення стоків;
- провести моніторинг стану екологічної безпеки під час утворення, накопичення та утилізації хромовмісних стічних вод гальванічного виробництва на типовому підприємстві машинобудівної галузі;
- оцінити ступінь техногенної небезпеки підприємства для регіону до та після впровадження електрокоагуляційної технології очищення стоків.

Об'єкт дослідження – процеси електрокоагуляційного очищення стічних вод гальванічного виробництва.

Предмет дослідження – хромовмісні стічні води гальванічного виробництва.

Методи дослідження базуються на фізичному і математичному моделюванні досліджуваних процесів. При проведенні досліджень для визначення хрому і контролю фізико-хімічних параметрів процесу очищення води були використані методи фотоелектроколіориметрії, атомно-адсорбційної спектрофотометрії, рН-метрії. Вивчення механізму електролітичного розчинення анода проводилося методом вольтамперометрії. Для розрахунку виходу по струму електрохімічних процесів використовували дані кулонометричних вимірів. Визначення хімічного складу осаду здійснювали методом хімічного і атомно-емісійного спектрального аналізу. Дослідження

мікроструктури осаду виконували петрографічним методом. Обробку експериментальних даних виконували за допомогою пакетів програм Statistica 6.0; Maple 7.0; Microsoft Excel.

Наукова новизна роботи:

- дістала подальшого розвитку система комплексного оцінювання рівня екологічної небезпеки впливу технологічних ліній гальванічного виробництва на довкілля, яка відрізняється від існуючих повнотою врахування виробничих чинників технологічного процесу;
- удосконалено фізичну модель знешкодження стічних вод в електрокоагуляторі з перфорованою анодною чарункою, заповненою розчинним металевим завантаженням, за рахунок встановлення переважających механізмів адгезійного зв'язу гідроксикомплексів на відновлення іонів шестивалентного хрому;
- вперше одержано багатofакторну математичну модель процесу очищення хромовмісних стічних вод, що дозволяє забезпечити додержання нормативів шкідливого впливу іонів хрому на довкілля з урахуванням конструктивних та режимних параметрів роботи електрокоагулятора запропонованої конструкції;
- розроблено наукові засади створення інженерного методу розрахунку конструктивних параметрів стружкового електрокоагулятора, що дозволяє проектувати екологічно безпечно устаткування для очищення стоків;
- удосконалено модель міграції матеріальних потоків хромовмісних розчинів у технологічному циклі гальванічного виробництва, що дозволяє підвищити рівень управління екологічною безпекою на підприємстві.

Практична цінність роботи. З метою підвищення рівня екологічної безпеки розроблено компакту технологічну схему для очищення хромовмісних стічних вод підприємств гальванічного виробництва, що передбачає створення замкнених систем водообігу. Вперше розроблено електрокоагулятор з анодом, виконаним у вигляді перфорованої титанової чарунки, заповненої розчинним завантаженням з металеві стружки, що забезпечує розвинену поверхню контакту фаз, який дозволяє з високою мірою ефективності знешкоджувати хромовмісні стоки (отримано патент на винахід).

Визначено конструктивні співвідношення та ефективні режимні параметри роботи установки, які дозволять забезпечити додержання нормативів шкідливого впливу хрому на довкілля, значно зменшити виробничі площі, зайняті під очисні споруди, істотно скоротити питомі енергетичні витрати на очищення стічних вод. Отримані в результаті очищення електрогенеровані гальваношлами мають стабілізовані структурні характеристики, що дозволяє залучати їх до виробничого циклу з отриманням товарного продукту.

За інженерним методом розрахунку електрокоагулятора спроектовано та розроблено установку електрокоагуляційного знешкодження хромовмісних стоків, яку було впроваджено на станції нейтралізації ПАТ «Глухівський завод «Електропанель» (акт впровадження від 14 липня 2009 року).

На основі моніторингу хромовмісних матеріальних потоків на ВАТ «Сумське НВО ім. М.В. Фрунзе» проведено обґрунтування доцільності

впровадження електрокоагуляційної технології для підприємств з великими об'ємами водообігу. Розроблена методика визначення екологічного критерію дозволяє зробити аналіз техногенної небезпеки виробничих гальванолій та порівняти існуючі технології знешкодження стоків.

Математичну модель електрокоагуляційних процесів, інженерну методику розрахунку конструктивних параметрів апарата та лабораторну модель електрокоагулятора використовують в навчальному процесі кафедри прикладної екології Сумського державного університету з дисциплін «Процеси та апарати природоохоронних технологій», «Розрахунок та проектування екобезпечних технологій» (акт впровадження від 30 вересня 2010 року).

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійним, завершеним дослідженням автора у галузі екологічної безпеки. Автор зібрав статистичний матеріал, виконав його обробку, аналіз і наукове узагальнення; обґрунтував методи дослідження та вирішив поставлені у роботі задачі дослідження. Розробив засоби та технологічну схему процесу електрокоагуляційної обробки стічних вод з утилізацією стоків у замкненому циклі водообігу гальванічного виробництва. Внесок автора у роботах, опублікованих у співавторстві, наведений у списку робіт за темою дисертації.

Апробація результатів роботи. Основні результати роботи та положення дисертації доповідалися та обговорювалися на щорічних науково-технічних конференціях інженерного факультету Сумського державного університету (м. Суми, 2007-2009 рр.); XIII International Scientific Conference „Economics for Ecology” (м. Суми, травень 2007 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Екологічні проблеми техногенно-навантажених регіонів» (м. Дніпропетровськ, травень 2008 р.); VII Міжнародній науковій конференції «Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів» (м. Донецьк, квітень 2009 р.); II Міжнародній конференції з хімії та хімічної технології (м. Київ, квітень 2009 р.); V Міжнародній науково-практичній конференції „Екологія. Економіка. Енергозбереження” (м. Суми, травень 2009 р.); Міжнародній науково-практичній конференції „Актуальные проблемы химической науки, практики и образования” (Росія, м. Курськ, травень 2009 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Современные проблемы инновационных технологий в образовании и науке» (Казахстан, м. Шимкент, червень 2009 р.); II Всеукраїнській конференції «Біосфера ХХІ века» (м. Севастополь, жовтень 2009 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Екологія міст та рекреаційних зон» (м. Одеса, червень 2010 р.).

Публікації. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 13 наукових праць: 7 статей, з них 6 у спеціалізованих виданнях, що входять до переліку ВАК України, 5 тез доповідей, отримано патент на винахід України.

Структура дисертації. Дисертація складається із вступу, 6 розділів, висновків, переліку використаної літератури, який містить 148 найменувань вітчизняних і зарубіжних джерел. Матеріали дисертаційної роботи викладено на 135 сторінках основного тексту, включаючи 15 таблиць, 34 рисунки та 4 додатки. Загальний обсяг роботи - 156 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету, завдання досліджень, представлено наукову новизну, практичну цінність отриманих результатів.

Перший розділ присвячено аналізу сучасної ситуації в галузі забруднення стічними водами гальванічного виробництва навколишнього середовища. Досліджено шляхи міграції та вплив хромовмісних сполук на природні екосистеми і організм людини.

Проведено узагальнення патентної і науково-технічної інформації, стосовно існуючих методів очищення гальваностоків. Проаналізовано наукові розробки С.В. Яковлева, І.Г. Краснобородька, М.М. Назаряна, Л.А. Кульського, С.С. Виноградова та ін. Визначено ряд труднощів, що супроводжують промислове використання водоочисного обладнання і пов'язані в першу чергу з дорожнечою та дефіцитністю вживаних матеріалів. Визначено, що до найбільш перспективних належать технології електрохімічного очищення стоків, зокрема метод електрокоагуляції.

У другому розділі описано об'єкт і методи дослідження. Представлено загальну схему експериментальної установки, що включає розроблену модель електрокоагулятора. В основу розробки апарата (рис. 1) було покладено завдання вдосконалення методу електрокоагуляції шляхом зміни конструкції електродів і їх взаємного розташування з метою збільшення поверхні контакту фаз та інтенсифікації процесів електро-, гальванохімічного розчинення анода.

Описано методику проведення експериментів. Проведено оцінку імовірних похибок при обробці отриманих результатів.

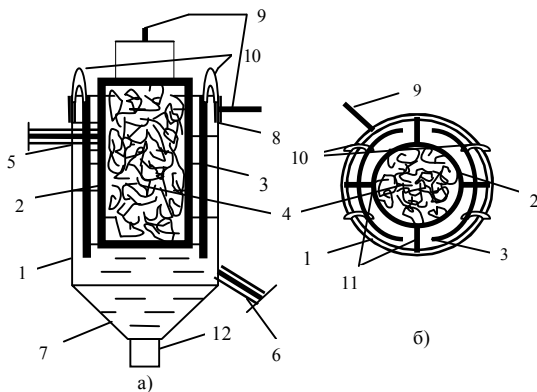


Рис. 1. Електрокоагулятор:

- а) подовжній розріз;
 б) вигляд зверху: 1 - корпус;
 2 - чарунка анода; 3 - катод;
 4 - стружка; 5 - патрубок введення стоків; 6 - патрубок виведення стоків;
 7 - шламосбірник; 8 - обруч для закріплення катода;
 9 - струмопідводи;
 10, 11 - штуцери для закріплення катода та анода;
 12 - патрубок для відведення шламу

Третій розділ присвячено експериментальному вивченню процесів електрокоагуляції хромовмісних стічних вод, підбору найбільш оптимальних конструктивних та режимних параметрів дослідної установки. В якості

основних критеріїв оптимальності було прийнято повноту відновлення Cr^{6+} , повноту вилучення Cr^{3+} , мінімізацію енерговитрат.

Методом покоординатного спуску визначили, що найбільш оптимальними конструктивними параметрами є: відстань між анодною чарункою та катодом (X_1 ; $r_3 = 0,03-0,04\text{м}$); співвідношення між висотою електрокоагуляційної зони та радіусом поперечного перетину електрокоагулятора (X_2 ; $H_e:R = 3,4:1$); співвідношення між висотою електродної системи та загальною висотою електрокоагуляційної зони (X_3 ; $h:H_e = 0,8:1$); кут нахилу конуса відстійної камери (X_4 ; $\alpha = 40-50^0$); щільність завантаження анодної камери (X_5 ; $\gamma_{\text{ме}} = 90-120 \text{ кг/м}^3$); повнота використання матеріалу анодного завантаження до зниження ефективності очищення (X_6 ; $\eta_{\text{м}} = 0,65-0,75$).

У ході експериментальних досліджень в якості анодорозчинного завантаження використовували алюмінієву, залізну і змішану стружку. Визначено, що найбільш повно (рис.2) та енергоефективно (рис.3) процес знешкодження іонів шестивалентного хрому відбувається при використанні однорідної залізної стружки, що обумовлено високою відновлюючою здатністю іонів Fe^{2+} за відношенням до Cr^{6+} .

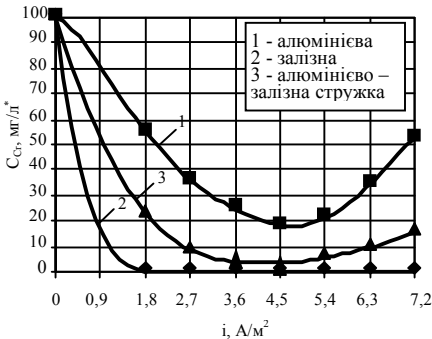


Рис. 2. Залежність ефективності відновлення Cr^{6+} від густини струму та матеріалу анодорозчинної стружки

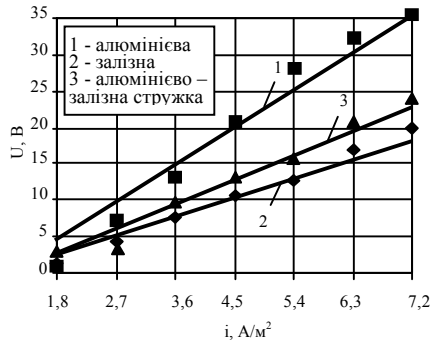


Рис. 3. Вольт - амперна характеристика процесу відновлення іонів шестивалентного хрому

Процеси анодного розчинення металу лежать в основі методу електрокоагуляції і певною мірою обумовлюють ефективність очищення, тому нами було вивчено поведінку заліза при анодній поляризації, визначено зони його активного розчинення та пасивації. Побудовано експериментальну анодну поляризаційну криву розчинення заліза (рис.4). Знайдено діапазон граничних значень електродного потенціалу анодорозчинного заліза $\varphi = -0,81 - 0,4 \text{ В}$, при заданій густині анодного струму $i = 1,8 - 7,2 \text{ А/м}^2$, що визначає границі робочих режимів апарата. Утримання даного діапазону значень можливе шляхом штучної депасивації електродів. Досліджено депасивуючий вплив розчину NaCl на ступінь активності анодного завантаження.

*Використано позасистемні одиниці, які дозволяють проводити порівняння з результатами отриманими іншими дослідниками

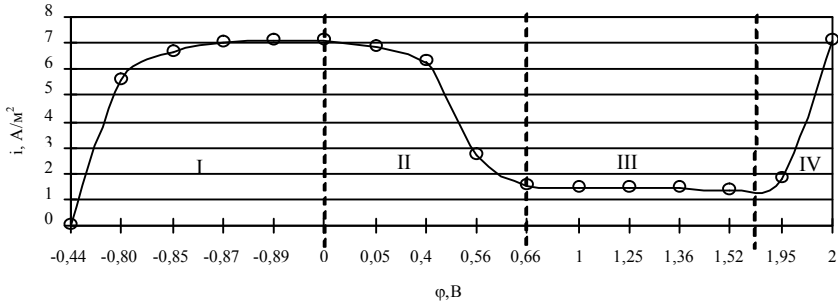


Рис. 4. Потенціодинамічна вольт-амперна крива анодної поляризації заліза: I – область активного розчинення ($\varphi = -0,44 - 0 \text{ В}$); II – перехідна область з активного стану в пасивний ($\varphi = 0,01 - 0,65 \text{ В}$); III – область пасивації ($\varphi = 0,66 - 1,72 \text{ В}$); IV – область анодного виділення кисню ($\varphi > 1,72 \text{ В}$)

Визначено ефективну мінімальну концентрацію NaCl (240-450 мг/л) в очищуваній воді (рис. 5), що дозволяє значно збільшити час роботи анода до настання пасивації, тобто до зниження якості знешкодження стоків.

Ефективність очищення стоків багато в чому визначається показником активної реакції середовища, який залежить від технологічних характеристик вживаних електролітів хромунання. Як правило, хромовмісні стічні води мають кислу реакцію, але при змішуванні з лужними стоками операцій підготовки покриттів їх діапазон рН може змінюватися в досить широкому інтервалі. У дисертаційній роботі встановлено особливості процесу електрокоагуляції при роботі на розчинах із різним початковим значенням кислотно-лужної реакції стоків (від 2 до 8 рН). Отримані експериментальні дані узгоджуються з результатами, опублікованими у працях Л.А. Кульського, С.В. Яковлева, І.Г. Краснобородька.

У процесі електрокоагуляційного очищення стічних вод в об'ємі розчину відбувається збільшення початкової величини рН. У деяких випадках приріст рН становив до 4,2 одиниць (рис. 6).

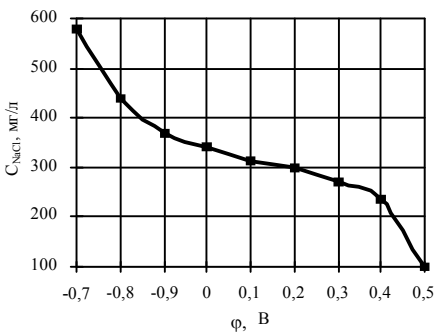


Рис. 5. Крива залежності електродного потенціалу залізного завантаження від концентрації NaCl в електроліті

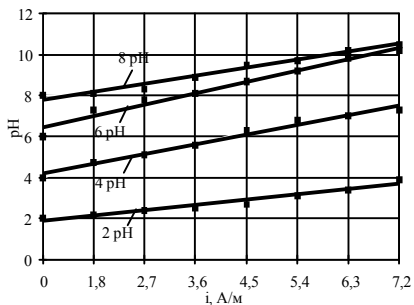


Рис. 6. Криві залежності зміни рН від густини струму при обробці води в електрокоагуляторі із залізним анодом

Визначено, що найбільш ефективно процес очищення хромовмісних стоків відбувається в діапазоні початкових значень 4 - 6рН (рис.7). При цьому іони шестивалентного хрому повністю відновлюються і випадають в осад у вигляді гідроксидів тривалентного хрому (ефективність очищення 98-99%). Даний факт пояснюється тим, що в процесі електрохімічного підлогування розчин набуває значення рН, близького до рН гідратуоутворення іонів металів, що вилучаються (для Cr^{3+} - 4,5 - 7,5рН; для Fe^{2+} , Fe^{3+} - 5,0 - 7,5рН).

Для вивчення седиментаційних характеристик гідроксидів металів, що утворилися, досліджували час їх осадження в зоні відстоювання при заданих значеннях рН (3,5 - 9,5рН), отриманих у результаті обробки стічних вод в умовах найбільш оптимальних значень густини струму ($i=4,5-5,4 \text{ A/m}^2$) (рис. 8).

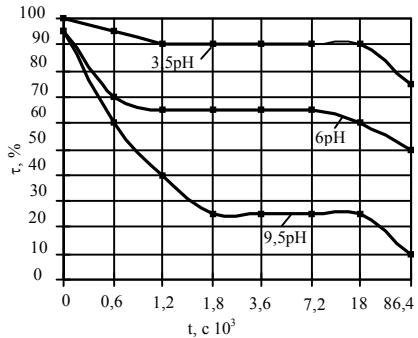
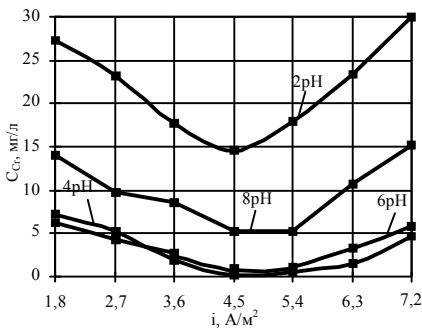


Рис. 7. Залежність кінцевої концентрації Cr^{3+} від густини струму при різних початкових значеннях рН стічних вод

Рис. 8. Криві осадження зкоагульованих пластивків гідроксидів металів у розчинах з різним значенням рН

З рис. 8 видно, що найбільш ефективно осадження хромовмісних домішок відбувається при початковому значенні стоків - 9,5рН. При 24-годинному відстоюванні об'єм осаду становить до 10% від загальної висоти розчину, що пояснюється інтенсифікацією осадження гідроксидів $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Cr}(\text{OH})_3$ за даних умов кисло-лужної реакції середовища.

Для підвищення якості знешкодження стоків та зниження енерговитрат необхідне визначення залежності кінцевої концентрації хрому від часу обробки стоків. З цією метою в подальших експериментах збільшили діапазон часу перебування рідини в апараті до 3300 - 8400 с (рис. 9).

У результаті аналізу проб, відібраних після процесів обробки стічної води, за умов зміни витратних параметрів, при дотриманні найбільш оптимальних технологічних режимів роботи електрокоагулятора ($i=1,8-7,2 \text{ A/m}^2$, $C_{\text{NaCl}} = 300 \text{ мг/л}$, 5,5рН знешкодження, 9,5рН осадження) іони хрому (VI) виявлені не були. Тобто зміна часу обробки стоків у даному діапазоні значень не впливає на ефективність відновлення шестивалентного хрому. Визначено, що найбільш оптимальний режим очищення стоків від іонів Cr^{3+} досягається в інтервалі витратних значень $11,1 \cdot 10^{-7} - 8,3 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3/\text{с}$, що відповідає часу перебування рідини в апараті 4200 - 5600 с.

За даних умов при силі струму 1,5 А ($i=5,4 \text{ А/м}^2$) концентрація хрому (III) знижується до вимог ГДК для створення замкнених систем водообігу. Максимальний ступінь вилучення іонів хрому 99,96% досягається при питомих витратах електроенергії $2,83 \text{ кВт}\cdot\text{год/м}^3$ та часі перебування рідини в апараті 5600 с (рис.10). Такі оброблені стоки можна використовувати в якості оборотної води при промиванні деталей після операцій підготовки поверхні до покриття і для приготування більшості електролітів.

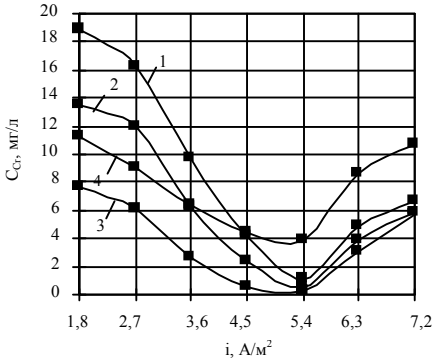


Рис. 9. Залежність концентрації іонів Cr^{3+} у стічних водах від густини струму та часу обробки стоків: 1 – час обробки 3300 с; 2 – 4200 с; 3 – 5600 с; 4 – 8400 с

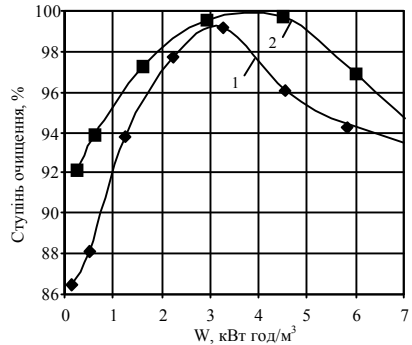


Рис. 10. Залежність концентрації іонів Cr^{3+} у стічних водах від питомих енерговитрат та часу обробки стоків: 1 – час обробки 4200 с; 2 – 5600 с

У результаті статистичної обробки результатів експериментів методом регресійного аналізу отримано залежність значення кінцевої концентрації Cr^{3+} (Y) від режимів обробки стоків (густина струму (X_7), рН стоку (X_8), часу обробки стоків (X_9)):

$$M(Y) = 48,3873 - 4,518 \cdot X_7 - 14,5857 \cdot X_8 + 0,2789 \cdot X_7^2 + 0,0005 \cdot X_7 \cdot X_9 + 1,2882 \cdot X_8^2 \cdot (1)$$

Після апроксимації експериментальних даних можна стверджувати, що ефективність очищення при раціональних значеннях режимних параметрів роботи електрокоагулятора лежить у межах 99,65 - 99,98 % (коефіцієнт детермінації 0,86).

Зіставлення енерговитрат запропонованої конструкції електрокоагулятора і традиційних установок показало, що в розробленому стружковому електрокоагуляторі питомі витрати електроенергії на одиницю маси металу, що вилучається, нижче в 1,5-3 рази, ніж у відомих аналогів. Ці дані вказують на доцільність використання розробленої установки для обробки хромовмісних стічних вод гальванічного виробництва.

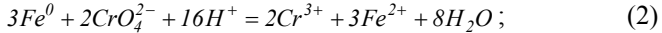
Істотним недоліком, що перешкоджає широкому впровадженню методу електрокоагуляції у виробничий цикл, є утворення значних об'ємів шламів. У сучасних економічних умовах перспективним є використання шламів в якості вторинної сировини. З метою пошуку можливих шляхів утилізації шламу провели дослідження хімічного складу осаду-шламу, отриманого в найбільш оптимальних умовах ведення процесу електрокоагуляційного знешкодження стоків (табл. 1).

Хімічний склад зразків осаду

Fe, %	Cr, %	Na, %	Ca, %	Ni, %	Cu, %	Al, %	Zn, %
79,23-85,53	10,13-16,30	1,86-3,61	0,91-2,32	0,015-0,10	<0,035	<0,04	<0,025

Досліджувані зразки шламу мали стабілізовані структурні характеристики, що обумовлено впровадженням іонів хрому(III) в кристалічну структуру заліза з утворенням нерозчинних феритів. Проведені дослідження інертності феритів дозволили дати рекомендації щодо використання таких шламів для заповнення відпрацьованих кар'єрів, у виробництві керамзиту, черепиці, керамічної плитки, скловиробів, глазури та ін.

У четвертому розділі на підставі експериментальних даних побудовано фізико-математичну модель що дозволяє визначити вплив технологічних режимів роботи електрокоагулятора на кожному з етапів очищення стоків. В основу моделі було покладено реакції гальванохімічного (2) та електрохімічного (3) відновлення шестивалентного хрому:



Кінцева концентрація іонів шестивалентного хрому на виході з електрокоагулятора розраховується за формулою, мг/л,

$$C_{CrO_4^{2-}}^{вих} = \frac{\sum_0^n g_{CrO_4^{2-}}^{вих}}{j \cdot 10^3}, \quad (4)$$

де j – витрати потоку, m^3/c , визначаються як $j = \vec{j}_{гор} + \vec{j}_{верт}$, $\vec{j}_{гор}$, $\vec{j}_{верт}$ – горизонтальна та вертикальна складові потоку відповідно, m^3/c ;

$g_{CrO_4^{2-}}^{вих}$ – масовий потік іонів CrO_4^{2-} на виході з електрокоагулятора, мг/с.

У загальному вигляді, $g^{вих} = g^{ex} - g^{прореаг}$, де g^{ex} – масовий потік іонів CrO_4^{2-} на вході в електрокоагулятор, мг/с; $g^{прореаг}$ – масовий потік іонів CrO_4^{2-} , що прореагували, мг/с;

$$g^{прореаг} = g^{e/x} + g^{e/x}, \quad (5)$$

де $g^{e/x}$, $g^{e/x}$ – кількість іонів CrO_4^{2-} , що витрачається в результаті гальвано- та електрохімічних реакцій, відповідно, мг/с.

$$g^{e/x} = C_{CrO_4^{2-}}^{ex} \cdot \vec{j}_{верт} \cdot \left(\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} \right) \cdot 10^3, \quad (6)$$

де $C_{CrO_4^{2-}}^{ex}$ – початкова концентрація CrO_4^{2-} , мг/л; α_1 – коефіцієнт реакції (2), що характеризує ступінь перетворення іонів CrO_4^{2-} в Cr^{3+} за рахунок взаємодії з іонами Fe^0 ; α_2 – коефіцієнт реакції (3), що характеризує ступінь перетворення іонів CrO_4^{2-} в Cr^{3+} за рахунок взаємодії з гідроксогрупою $Fe(OH)_2$ (3).

$$g^{e/x} = I_n \cdot k_{Fe^{2+}} \cdot \alpha_2 \cdot \left(\frac{M_{CrO_4^{2-}}}{3M_{Fe^{2+}}} \right), \quad (7)$$

де I_n – сила струму на n -й ділянці струмопідвода (анода), А; k_{Fe} – електрохімічний еквівалент, мг/(А·с); M – молярна маса.

Для врахування впливу опору електрода припускали, що струмопідвід розділено на $n = 20$ частин. Струм подається зверху. Закон зміни струму по довжині анодної чарунки можна записати у вигляді

$$I_n = i_a \cdot S \cdot \left(1 - \frac{n}{20}\right), \quad (8)$$

де i_a – густина анодного струму, А/м²; S – площа анодного завантаження, м².

Кінцевий вираз для розрахунку концентрації іонів CrO_4^{2-} на виході з електрокоагулятора має вигляд

$$C_{CrO_4^{2-}}^{вих} = \frac{\sum_0^n (g_{CrO_4^{2-}}^{ex} - C_{CrO_4^{2-}}^{ex} \cdot \bar{j}_{верт} \cdot \left(a_1 + \frac{a_2}{2}\right) \cdot 10^3 + I_n \cdot k_{Fe^{2+}} \cdot a_2 \cdot \left(\frac{M_{CrO_4^{2-}}}{3M_{Fe^{2+}}}\right)}{j \cdot 10^3}. \quad (9)$$

Концентрація іонів Cr^{3+} після обробки в електрокоагуляторі розраховується за формулою, мг/л,

$$\text{якщо } \frac{C_{Cr^{3+}}^{заг}}{3M_{Cr^{3+}}} > \frac{C_{OH^-}}{M_{OH^-}}, \text{ тоді } C_{Cr^{3+}}^{кінц} = C_{Cr^{3+}}^{заг} - C_{OH^-} \cdot \left(\frac{M_{Cr^{3+}}}{3M_{OH^-}}\right), \quad (10)$$

$$\text{якщо } \frac{C_{Cr^{3+}}^{заг}}{3M_{Cr^{3+}}} < \frac{C_{OH^-}}{M_{OH^-}}, \text{ тоді } C_{Cr^{3+}}^{кінц} = \frac{DP_{Cr(OH)_3}}{(C_{OH^-})^3} \cdot \alpha_3, \quad (11)$$

де $DP_{Cr(OH)_3}$ – добуток розчинності; α_3 – коефіцієнт, що враховує амфотерність хрому, в умовах надлишку іонів OH^- ; $C_{Cr^{3+}}^{заг}$ – загальна концентрація іонів Cr^{3+} в об'ємі електрокоагулятора, мг/л;

$$C_{Cr^{3+}}^{заг} = C_{Cr^{3+}}^{ex} + (C_{CrO_4^{2-}}^{ex} - C_{CrO_4^{2-}}^{вих}) \cdot \left[\frac{M_{Cr^{3+}}}{M_{CrO_4^{2-}}}\right], \quad (12)$$

$C_{Cr^{3+}}^{ex}$ – початкова концентрація катіонів Cr^{3+} , мг/л; C_{OH^-} – концентрація аніонів OH^- , мг/л,

$$C_{OH^-} = \frac{\sum_0^n k_{OH^-} \cdot I_n \cdot \eta_m}{j \cdot 10^3}, \quad (13)$$

де η_m – вихід по струму катодної реакції.

Отримані рівняння добре узгоджуються з видом кривих залежності кінцевих концентрацій хрому від сили струму та швидкості потоку.

У результаті комп'ютерної реалізації запропонованої моделі було визначено взаємозалежність між величинами, отриманими дослідним шляхом, і результатами розв'язання математичної моделі. Математична модель дозволяє спрогнозувати ефективність очищення хромовмісних стічних вод до досягнення критичного режимного рівня, обумовленого гідродинамічними й електрохімічними особливостями апарата. Коефіцієнт кореляції результатів комп'ютерного моделювання і експериментальних даних становить 0,97.

У п'ятому розділі описано практичну реалізацію результатів роботи. Запропоновано принципову технологічну схему очищення стічних вод для підприємства з оборотним циклом водопостачання. Розроблено наукові засади створення інженерного методу розрахунку конструктивних параметрів

стружкового електрокоагулятора. Наведено результати дослідно-промислової апробації електрокоагулятора на станції нейтралізації ПАТ «Глухівський завод «Електропанель». За оптимальних умов ведення процесу було досягнуто ефективність очищення хромовмісних стоків 99,96% (табл. 2).

Таблиця 2

Результати дослідно-промислових випробовувань електрокоагулятора

Основні технологічні параметри процесу		Концентрація після очищення, мг/л		рН (після очищення)	Витрати електроенергії, кВт·год/м ³
Витрата стоків, м ³ /с	Густина струму, А/м ²	Cr ³⁺	Cr ⁶⁺		
1,25·10 ⁻⁴ ;	3,6	0,06	-	6,2	3,0
	5,4	0,04	-	8,4	3,2
	7,2	1,00	-	9,4	3,5
1,85·10 ⁻⁴ ;	3,6	0,07	-	6,7	2,4
	5,4	0,04	-	8,3	2,6
	7,2	1,20	-	9,2	3,2
2,5·10 ⁻⁴	3,6	3,14	0,02	6,1	2,0
	5,4	0,08	-	7,5	2,4
	7,2	3,60	-	8,5	2,8

У шостому розділі наведено результати моніторингу утворення, накопичення й утилізації стічних вод, що містять хром (VI) на ВАТ «Сумське НВО ім. М.В. Фрунзе». Розроблено та розраховано критерій екологічної небезпеки підприємства для регіону з урахуванням режимних параметрів роботи гальваноліній:

$$EK = \sum_{\gamma} \frac{C_0 \left[qF(K_y(1-K_e) + (1-K_y)) + \frac{V}{T} \right] \cdot (1-\eta)}{Q \cdot ГДК_{доп}} + \sum_{\gamma} \frac{C_0 \left[qF(K_y(1-K_e) + (1-K_y)) + \frac{V}{T} \right] \cdot \eta \cdot (1-\beta)}{M \cdot ГДК_{прим}} = 17,74 > 1, \quad (14)$$

де q – питоме винесення розчину електроліту поверхню, що обробляється, м³/м²; F – продуктивність технологічної ванни, м²/с; C_0 – концентрація компонента в технологічному розчині, мг/л; K_y – коефіцієнт вловлювання технологічного розчину, C_y – концентрація компонента у ванні вловлювання, мг/л; K_e – коефіцієнт повернення вловленого компонента; V – об'єм технологічного розчину, м³; T – термін служби технологічного розчину, с; Q – об'єм водовідведення, м³/с; η – ефективність роботи очисних споруд; β – ступінь надійності захоронення гальванічного шламу; M – швидкість шламоутворення, мг/с; γ – ступінь утилізації і рекуператії цінних компонентів; $ГДК$ – гранично допустима концентрація забруднювача, мг/л.

Запропоновано та математично обґрунтовано комплекс заходів, спрямованих на зниження критерію екологічної небезпеки. Розроблено схему раціональної організації гальванічного виробництва і систем переробки відходів для ВАТ «Сумське НВО ім. М.В. Фрунзе», що передбачає впровадження запропонованої електрокоагуляційної технології очищення стоків (рис. 11).

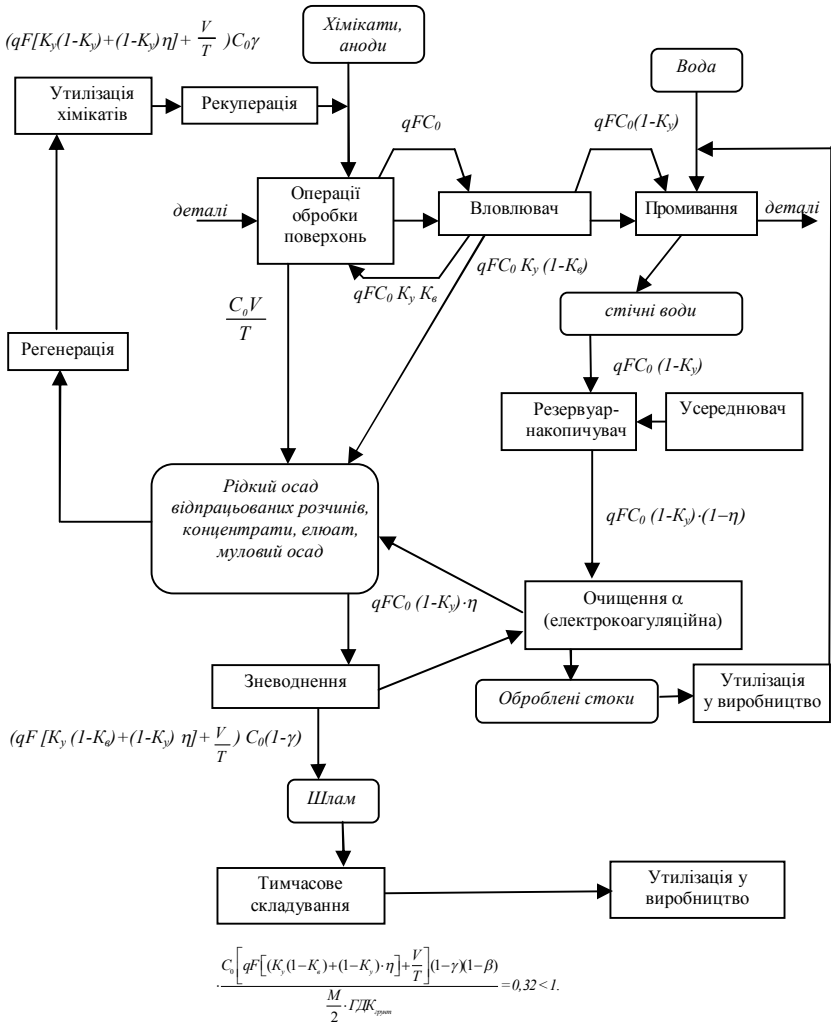


Рис. 11. Схема утворення та переробки відходів при найбільш раціональній організації гальванічного виробництва та систем переробки відходів

Приведено порівняльну еколого-економічну оцінку реагентної та електрокоагуляційної технології очищення хромовмісних стічних вод (на прикладі ВАТ «Сумське НВО ім. М.В. Фрунзе»), що показала економічну доцільність упровадження розробленої установки. Термін окупності технології становить 2,5 року, щорічний економічний ефект – 572775 грн.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішене актуальне науково-практичне питання щодо зниження екологічної небезпеки хромовмісних стічних вод гальванічного виробництва за рахунок удосконалення виробничих схем та електрокоагуляційної технології знешкодження стоків, що забезпечить раціональне використання природних ресурсів та додержання нормативів шкідливих впливів на довкілля.

1. Визначено основні джерела та об'єми накопичення стічних вод гальванічного виробництва на Україні. Проведено ідентифікацію чинників екологічної небезпеки впливу хромовмісних сполук на стан біосфери. На підставі літературного огляду та аналізу встановлено основні недоліки існуючих технологій очищення хромовмісних гальваностоків.

2. З метою підвищення рівня екологічної безпеки підприємств гальванічного профілю розроблено конструкцію електрокоагулятора з високорозвиненою поверхнею контакту фаз, яка забезпечується за рахунок використання в якості анода титанової перфорованої чарунки, заповненої металевою стружкою.

3. Визначено оптимальні величини та співвідношення конструктивних параметрів електрокоагулятора ($r_3 = 0,03-0,04$ м; $H_c:R = 3,4:1$; $h:H_c = 0,8:1$; $\alpha = 40-50^0$; $\gamma_{me} = 90-120$ кг/м³; $\eta_m = 0,65-0,75$).

4. На підставі експериментальних досліджень встановлено, що використання залізної стружки в якості анодорозчинного завантаження дозволяє досягти повного відновлення іонів шестивалентного хрому до тривалентної форми та осадження останнього у вигляді суміші гідроксидів.

5. Побудовано потенціодинамічну вольтамперну криву анодної поляризації заліза, яка дозволяє визначити зони його активного розчинення і пасивації, на підставі чого встановлено режимні параметри роботи електрокоагулятора ($\varphi = -0,4 - 0,4$ В; $i = 1,8-7,2$ А/м², $C_{NaCl} = 240-450$ мг/л).

6. Визначено вплив кислотності стоків на ефективність знешкодження іонів хрому та осадження хромовмісних гідросокомплексів. З'ясували, що в процесі електрокоагуляції відбувається підлогування стоків на 1 - 4рН. Найбільш ефективне знешкодження стоків спостерігається при початковому значенні 4,5 - 6 рН, інтенсифікація процесу осадження скоагульованих комплексів відбувається при 9,5 рН.

7. Визначено ефективний час перебування рідини в апараті (4200 – 5600 с), що дозволяє очищувати стічні води до нормативних вимог, передбачених для створення замкнутих систем водообігу, з метою зменшення водоспоживання на підприємстві та скорочення забруднення водних об'єктів.

8. Вивчено структуру шламів, отриманих у результаті електрокоагуляційного очищення стоків. Дано рекомендації щодо шляхів використання шламів в якості вторинної сировини.

9. Досліджено механізм і макрокінетичні особливості процесу електрокоагуляції, на підставі чого розроблено багатофакторну фізико-математичну модель процесу очищення хромовмісних стічних вод у проточному електрокоагуляторі з перфорованою анодною чарункою. Реалізація моделі дозволяє визначити ступінь впливу конструктивних і режимних параметрів роботи електрокоагулятора на кожному з етапів очищення. Коефіцієнт кореляції результатів математичного моделювання і експериментальних даних у зоні активного робочого режиму апарата - 0,97.

10. Запропоновано технологічну схему очищення хромовмісних стічних вод для підприємств із замкнутим циклом водообігу.

11. Розроблено методику інженерного розрахунку промислового електрокоагулятора. За розробленим методом розрахунку спроектовано і випробувано на ПАТ «Глухівський завод «Електропанель» проточний електрокоагулятор безперервної дії. Ефективність очищення стічних вод від хрому - 99,96 %.

12. Проведено моніторинг утворення, накопичення й утилізації хромовмісних стічних вод на ВАТ «Сумське НВО ім. М.В. Фрунзе».

13. Розроблено технологічну схему руху металовмісних матеріальних потоків у гальванічному виробничому циклі. Удосконалено систему комплексного оцінювання рівня екологічної небезпеки технологічних ліній гальванічного виробництва для доквілля.

14. На підставі удосконаленої методики розрахунку екологічного критерію визначено ступінь екологічної небезпеки хромовмісного виробництва ВАТ «Сумське НВО ім. М.В. Фрунзе» на регіон. Розроблено технологічні рекомендації щодо зниження критерію екологічної небезпеки. Рекомендації підтверджено практичними розрахунками.

15. Визначено, що впровадження розробленої схеми в проєкт очисних споруд ВАТ «Сумське НВО ім. М.В. Фрунзе» дозволить отримати щорічний економічний ефект – 572775 грн, термін окупності технології становить 2,5 року.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Пляцук Л.Д. Аналіз технологій очистки гальванічних стоків в Україні / Л.Д. Пляцук, О.С. Мельник // Вісник СумДУ. - 2008. - №2. – С. 116-121.

Здобувачем досліджено фізико-хімічні методи знешкодження стічних вод гальванічного виробництва, що традиційно використовуються на підприємствах машино-, приладобудівної галузі України.

2. Пляцук Л.Д. Разработка конструкции экспериментальной очистной установки для обезвреживания хромосодержащих промывных стоков / Л.Д. Пляцук, Е.С. Мельник // Вопросы химии и химической технологии. - 2009. - №4. - С. 192-194.

Здобувачем проведено лабораторні дослідження та оброблено експериментальні дані.

3. Мельник Е.С. Оптимизация процессов электрокоагуляции сточных вод / Е.С. Мельник, Л.Д. Пляцук // Вісник СумДУ. - 2009. - №1. - С. 200-204.

Здобувачем дослідним шляхом визначено оптимальні режимні параметри роботи електрокоагулятора.

4. Мельник Е.С. Физико-математическое моделирование процесса электрокоагуляции хромсодержащих стоков / Е.С. Мельник, Л.Д. Пляцук // Вісник СумДУ. - 2009. - №3. - С. 191-197.

Здобувачем розроблено фізико-математичну модель процесу очищення хромовмісних стічних вод в електрокоагуляторі з розчинним анодом.

5. Мельник Е.С. Экологический анализ опасности миграции хромсодержащих отходов гальванопроизводства в биосферу // Е.С. Мельник // Экология и промышленность. – 2009. - №4. – С. 33-35.

Здобувачем визначено шляхи впливу хромовмісних сполук на ґрунтові мікроорганізми, флору та фауну водоймищ, організм людини і тварин.

6. Мельник Е.С. Оценка экологической опасности гальванического производства (на примере ОАО «Сумское МНПО им. Фрунзе») / Е.С. Мельник, Л.Д. Пляцук // Вопросы химии и химической технологии. – 2010. - №1. – С. 183-188.

На прикладі ВАТ «Сумське НВО ім. Фрунзе» здобувачем розглянуто принципово нову методологію оцінки критерію екологічної небезпеки гальванічного виробництва.

7. Пат. 91631 України, МПК (2009) C02F 1/463. Электрокоагулятор для очищення стічних вод / Л.Д. Пляцук, О.С. Мельник, В.Л. Коваленко; заявник та утримувач патенту Сумський державний університет. - № а 2009 00337; заявл. 19.01.09; опубл. 10.08.10, Бюл. №15.

Здобувачем запропоновано принципово нову конструкцію анодної камери електрокоагуляційної установки.

8. Мельник Е.С. Альтернативные методы решения проблемы утилизации гальваношламов / Е.С. Мельник // Актуальные проблемы химической науки, практики и образования: Международная научно-практическая конференция, 19-21 мая 2009 г.: сборник статей. - Курск, 2009. – Ч.2. - С.137-139.

Здобувачем представлено проблеми утворення, накопичення і утилізації шламів гальванічного виробництва. Проаналізовано існуючі методи феритизації гальваношламів.

9. Утилизация сточных вод и шламов гальванического производства / Е.С. Мельник // Матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів інженерного факультету СумДУ, 15 - 17 травня 2007 р. – Суми, 2007. – Ч.2. - С. 24-26.

Здобувачем приведено класифікацію та аналіз основних методів обробки стоків і шламів гальванічного виробництва.

10. Eco-technological procedure of the waste water and sludge treatment of the galvanic process / Н. Melnik // Матеріали XIII Міжнародної наукової конференції „Economics for Ecology” Сумського державного університету, 3-7 травня 2007 р. - Суми, 2007. - С. 112-113.

Здобувачем досліджено методи стабілізації гальваношламів.

11. Осаждение ионов тяжелых металлов при электрокоагуляционной очистке сточных вод гальванического производства / Е.С. Мельник, В.В. Бойко // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічні проблеми техногенно-навантажених регіонів» Національного гірничого університету, 12 – 14 травня 2008 р. – Дніпропетровськ, 2008. – С. 220-221.

Здобувачем приведено фізико-хімічні процеси осадження важких металів шляхом сорбції на гідроксиді заліза.

12. Обоснование эффективности внедрения инновационных технологий электрокоагуляционной очистки металлосодержащих сточных вод / Е.С. Мельник, Л.Д. Пляцук // Труды Международной научно-практической конференции «Современные проблемы инновационных технологий в образовании и науке», 12-13 июня 2009г. – Казахстан, г. Шымкент, 2009 г. – Т.1. - С. 238-242.

Здобувачем особисто проаналізовано існуючі апарати електрокоагуляційного очищення стоків.

13. Проблемы утилизации гальваношламов / Л.Д. Пляцук, Е.С. Мельник // Материалы II Всеукраинской конференции молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов «Биосфера XXI века», 1-4 октября 2009 г. - Севастополь 2009. - С. 109 -111.

Здобувачем проаналізовано переваги вторинного використання гальваношламів отриманих шляхом електрохімічного генерування.

АНОТАЦІЯ

Мельник О.С. Утилізація стічних вод гальванічного виробництва та їх нейтралізація. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. – Сумський державний університет, Суми, 2011.

Дисертація присвячена вивченню проблеми зниження техногенного впливу хромовмісних стічних вод гальванічних виробництв.

Проведено аналіз сучасного стану в галузі забруднення біосфери хромовмісними сполуками. Вивчено вітчизняні й зарубіжні технології очищення гальваностоків.

Розроблено електрокоагулятор для знешкодження хромовмісних стічних вод. У ході експериментальних досліджень визначено оптимальні конструктивні та режимні параметри роботи електрокоагулятора, що

дозволяють проводити очищення хромовмісних стоків з ефективністю 99,96%. На підставі вивчених макрокінетичних особливостей механізму електрокоагуляції побудовано фізико-математичну модель процесу для визначення впливу технологічних режимів роботи електрокоагулятора на кожному з етапів очищення стоків.

Проведено аналіз утворення та нейтралізації хромовмісних стоків на ВАТ «Сумське НВО ім. М.В. Фрунзе». З урахуванням технологічних режимів підприємства розроблено і розраховано критерій екологічної небезпеки. Подані рекомендації щодо зниження техногенного навантаження підприємства на регіон, зокрема за рахунок впровадження локальних електрокоагуляційних установок.

Розроблено методику інженерного розрахунку електрокоагулятора, яка дозволила спроектувати і випробувати електрокоагуляційну установку на базі ПАТ «Глухівський завод «Електропанель». Експериментальні дослідження промислової моделі показали її високу ефективність і надійність в експлуатації.

Розроблено комплексну схему очищення стічних вод з використанням електрокоагуляційних апаратів для підприємств із замкненим циклом водообігу. Впровадження даної технологічної схеми на ВАТ «Сумське НВО ім. М.В. Фрунзе» дозволить отримати щорічний економічний ефект – 572775 грн. Термін окупності – 2,5 року.

Ключові слова: техногенний вплив, гальванічне виробництво, хромовмісні стоки, електрокоагуляція.

АННОТАЦІЯ

Мельник Е.С. Утилизация сточных вод гальванического производства и их нейтрализация. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.01 – экологическая безопасность. – Сумской государственной университет, Сумы, 2011.

Диссертация посвящена изучению проблемы снижения техногенного воздействия хромсодержащих сточных вод гальванических производств на окружающую природную среду.

Проведен анализ современного состояния в области загрязнения биосферы гальваностоками. Изучены пути миграции хрома в природные экосистемы и организм человека. Исследованы отечественные и зарубежные технологии очистки сточных вод. Определены их основные преимущества и недостатки. Произведен выбор наиболее эффективного способа очистки.

Разработан электрокоагулятор для обезвреживания хромсодержащих сточных вод. В ходе экспериментальных исследований установлены оптимальные конструктивные и режимные параметры работы

электрокоагулятора, которые позволяют производить очистку хромосодержащих стоков с эффективностью 99,96%. Определено, что наиболее рационально проводить обезвреживание стоков с начальным значением реакции активной среды 5,5 рН, осаждение примесей интенсифицируется в диапазоне 9,5-10 рН, что связано с укрупнением образовавшихся гидроксокомплексов. Оптимальная анодная плотность тока составляет 4,5-5,4 А/м². Сопоставление удельных энергозатрат предложенной конструкции и традиционных установок по электрокоагуляции стоков показало, что в разработанном стружечном электрокоагуляторе удельный расход электроэнергии на единицу массы извлекаемого металла ниже в 1,5-3 раза, чем у известных аналогов, что указывает на целесообразность применения разработанной установки для обработки хромосодержащих сточных вод гальванического производства.

Определены структура и химический состав образующегося в процессе очистки осадка-шлама. Даны рекомендации по промышленному использованию шламов в качестве вторичного сырья при заполнении выработанных карьеров, в производстве керамзита, черепицы, керамической плитки, асфальтобетонных смесей, стеклоизделий, глазурей и пр.

На основании изученных макрокинетических особенностей механизма электрокоагуляции построена физико-математическая модель процесса, позволяющая определить влияние технологических режимов работы электрокоагулятора на каждом из этапов очистки стоков. В результате компьютерной реализации предложенной модели обозначена взаимозависимость между величинами, полученными опытным путем, и результатами решения математической модели. Определено, что математическая модель позволяет с высокой вероятностью совпадения спрогнозировать эффективность очистки хромосодержащих сточных вод до достижения некоторого критического режимного уровня, обусловленного гидродинамическими и электрохимическими особенностями аппарата.

Разработана комплексная технологическая схема очистки сточных вод с использованием электрокоагуляционных установок для предприятий с замкнутым циклом водооборота. Предложена методика инженерного расчета электрокоагулятора, которая позволила спроектировать и испытать электрокоагуляционную установку на базе ПАТ «Глуховский завод «Электропанель». Экспериментальные исследования промышленной модели показали ее высокую эффективность и надежность в эксплуатации.

Проведен анализ образования и нейтрализации хромосодержащих стоков на ОАО «Сумское НПО им. М.В. Фрунзе». С учетом технологических режимов предприятия разработан и рассчитан критерий экологической опасности. Приведены рекомендации по снижению техногенной нагрузки предприятия на регион, в том числе за счет использования локальных электрокоагуляционных установок. Внедрение предложенных мероприятий по рационализации систем водоотведения и

водоочистки на ОАО «Сумское НПО им. М.В. Фрунзе» позволит получить ежегодный экономический эффект – 572775 грн. Срок окупаемости – 2,5 года.

Ключевые слова: техногенное воздействие, гальваническое производство, хромсодержащие стоки, электрокоагуляция.

SUMMARY

Mel'nik E.S. Utilization of sewages of galvanic production and their neutralization. - Manuscript.

Thesis for the academic degree of the Candidate of Engineering Science in specialty 21.06.01 - Ecological Safety. - Sumy State University, Sumy, 2011.

The dissertation is devoted to the problem of decrease of chrome containing sewages technogenic influence of galvanic productions.

The analysis of the present situation is conducted in the field of biosphere contamination by chrome containing connections. The home and foreign technologies of galvanic flows cleaning are studied.

An electrocoagulator is worked out for rendering harmless of chrome containing sewages. During experimental researches optimal structural and regime parameters of electrocoagulator's work which allow to conduct cleaning of chrome containing flows with efficiency of 99,96% are determined. On the basis of the studied macro kinetic features of electro-coagulation mechanism the physically mathematics model of the process for determination of influence of electrocoagulator technological operation regime on each of the stages of flow cleaning is made.

The analysis of formation and neutralization of chrome containing flows is conducted in the OJSE "Sumy M.V. Frunze MSPA». Taking into account the technological regimes of the enterprise the criterion of ecological danger is worked out and calculated. Recommendations concerning decreasing of the technogenic loading of the enterprise to the region, in particular due to introduction of local electrocoagulative options are given.

The methodology of engineering calculation of electrocoagulator which has allowed to project and test the electrocoagulative option on the base of EJST "Hlukhiv plant "Electropanel" is elaborated. The experimental researches of industrial model showed its high efficiency and reliability in exploitation.

The complex scheme of sewages cleaning is elaborated with the use of electro-coagulative vehicles for enterprises with the reserved cycle of water rotation. The introduction of this technological scheme at the OJSE "Sumy M.V. Frunze SPA " will allow getting an annual economic effect – 572775 UAH. The term of recoument – 2,5 years.

Keywords: technogenic influence, galvanic production, chrome containing flows, electrocoagulation.

Підписано до друку 3.03.11

Формат 60x90/16. Ум. друк. арк. 1,1. Обл – вид. арк. 0,9. Наклад 100 прим.

Замовлення №

Видавець і виготовлювач
Сумський державний університет,
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.