

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Шевченко Вікторія Віталіївна

«На правах рукопису»
УДК 504.4.054

**ОЦІНКА ВПЛИВУ ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА НА
НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ**

Спеціальності 101 «Екологія»

АВТОРЕФЕРАТ
магістерської дисертації

Київ – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут ім. І.Сікорського» Міністерства освіти і науки України в Інституті енергозбереження та енергоменеджменту, на кафедрі інженерної екології

Науковий керівник:

Кандидат технічних наук, старший викладач
Гребенюк Тетяна Володимирівна
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім.
І.Сікорського»

Захист відбудеться «21» травня 2018 року о 14⁰⁰ годині на засіданні ЕК при Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, м. Київ, вул.Борщагівська, буд. 115, ауд. 201

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, м. Київ, просп. Перемоги,37

Секретар ЕК,
асистент кафедри
інженерної екології ІЕЕ
НТУУ «КПІ» ім. Ігоря
Сікорського

Євтєєва Л.І.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Гальванопокриття є одним з найбільших технологічних процесів виробництва з високим рівнем забруднення навколишнього середовища. Воно зрівнюється по ступеню забруднення з хімічним виробництвом. Займає перше місце серед забруднювачів природи важкими металами і є потенційним забруднювачем повітря, ґрунту та водних об'єктів. Не потрібно упускати і вплив на людину, адже хімічні сполуки, що містяться в гальванічних викидах та скидах чинять токсичну дію та викликають отруєння.

Проблема очистки стічних вод гальванічного виробництва на сьогодні є важливим питанням для підприємств різних галузей, адже річ йде не тільки про скиди важких металів в водні об'єкти, але і викиди в атмосферу та гальваношлами, які накопичують на полігонах. Щоб мінімізувати викиди забруднюючих речовин, необхідно застосовувати методи знезараження забруднюючих речовин і використання безвідходної технології виробництва, і також звісно ж розроблювати сучасні методи очистки. 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.

Мета і завдання дослідження.

Метою роботи є оцінка впливу гальванічного виробництва на елементи навколишнього середовища шляхом застосування камерної моделі та розрахунку екологічних критеріїв; визначення складу гальваностоків; розробка універсальної схеми для зменшення викидів забруднюючих речовин в стічні води, зменшення гальваношламу та повернення води в технологічний цикл.

Завдання:

- визначити склад відходів гальванічного виробництва та елементи, на які вони впливають;
- шляхом математичного моделювання та розрахунку екологічних ризиків знайти основну ланку впливу гальванічного виробництва та довести, що найбільший вплив воно чинить на стічні води;
- зробити аналіз існуючих та новітніх методів очистки гальваностоків;
- встановлення універсальної схеми очистки та доведення її ефективності.

Об'єкт дослідження – забруднення навколишнього середовища від гальванічного виробництва.

Предмет дослідження – характеристика компонентів забруднення від гальванічного виробництва та ресурсозберігаюча технологія очистки гальваностоків.

Методи дослідження – лабораторні дослідження за загальноприйнятими методиками, експерименти, аналітичні та статистичні методи аналізу інформаційних джерел, систематизація, математичне моделювання.

Наукова новизна отриманих результатів - використання коефіцієнтів перенесення радіонуклідів для встановлення міри впливу гальванічного виробництва на елементи довкілля та удосконалення схеми очистки стічних вод.

Практичне значення отриманих результатів Поєднання використання електрофлотатора та установки відновлення шестивалентного хрому «УВХ-1П», що дозволило вилучення завислих речовин, нафтопродуктів, ПАР, іонів важких металів у вигляді гідроксидів і фосфатів та провести реакцію відновлення без жорсткого контролю рН.

Публікації та апробація результатів дисертації. Основні положення та результати досліджень викладено в доповідях, обговорено й апробовано на науково-практичних конференціях: VII Міжнародній науково-практичній конференції «Енергетика. Екологія. Людина» Секція 6 (С6), Назва доповіді та тез – Проблема відходів гальванічного виробництва (Київ, 2015р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Економіка, наука, освіта: інтеграція та синергія» Назва статті – Ефективність комбінованої схеми очистки стічних вод гальванічного виробництва (Братислава, 2016р.); VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Енергетика. Екологія. Людина» Секція 6 (С6), Назва доповіді та публікації – Improvement of technological scheme of wastewater cleaning from electroplating waste at the enterprise «Antonov» (Київ, 2016); Міжнародна науково-технічна конференція «Міжнародна науково-технічна конференція «Актуальні проблеми енерго-ресурсосбереження та екології»», Назва публікації – Розрахунок екологічних ризиків впливу гальванічного виробництва на навколишнє середовище (Київ, 2017).

Обсяг і структура роботи. Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, основних висновків, списку використаних джерел зі 40 найменувань. Робота складається зі 74 сторінок основного тексту та містить 17 рисунків, 13 таблиць. Загальний обсяг роботи – 87 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** наведено актуальність, сформульовано мету та основні завдання дисертаційної роботи.

У **першому розділі** розглянуто процес гальванічного виробництва, характеристику викидів та скидів гальванічних цехів та компоненти на які вони впливають. Надано аналіз екологічності гальванічного виробництва в Україні.

З аналізу навантаження на навколишнє середовище в цілому, то на об'єм машинобудівного виробництва припадає 1-2%. При цьому як раз ГВ і є одним з найбільших технологічним процесом виробництва з високим рівнем забруднення навколишнього середовища.

Гальванічне виробництво по ступеню забруднення зрівнюється з хімічним виробництвом, так як гальваніка є потенційним забрудненням як біосфери, так і гідросфери.

Виділення шкідливих речовин відбувається під час процесу виготовлення гальванічних розчинів і електролітів, процесу попередньої механічної обробки деталей та звісно ж – процесу покриття.

З'єднання важких металів (в особливості, свинцю та ртуті) викликають порушення функцій метаболізму і функціонування органів та систем людини. Важкі метали та їх з'єднання чинять негативний вплив на всі функції людини та органи.

З'єднання хрому викликає ряд захворювань: екзема, патологічні зміни, рак шкіри та інше. Свинець, цинк та мідь негативно впливають на периферичну нервову систему. В гальванічних цехах України, як було проаналізовано, концентрація важких металів підвищена, що в свою чергу безумовно негативно впливає на організм людини (в першу чергу на працівників даних цехів). Вплив визначається фізико-хімічними властивостями елементів, концентрацією, формою з'єднання, здатністю організму протидіяти до їх впливу та інше.

Окрему ланку при впливі на організм людини, і живих організмів, відводять сполукам хрому, яку потрапляють через водні об'єкти у концентраціях, що зазвичай перевищують ГДК.

Основою алергічних реакцій та клінічних проявів токсичного хрому є його здатність утворювати складні сполуки. Деякі сполуки хрому (VI), навіть у малих дозах, виявляють на людей алергенну дію. Сполуки Cr(VI) і Cr(III) у підвищених кількостях здатні викликати злоякісні новоутворення, блокувати ферментні системи, порушувати біологічні процеси окиснення речовин. Хром пригнічує тканинне дихання, що призводить до порушень енергетичного обміну в клітинах.

Основний вплив гальванічне виробництво чинить на водні об'єкти. Так як майже всі підприємства в країні є вітчизняного походження, зрозуміло, що більшість обладнання вже вийшло з ладу, крім того методи очистки також не «справляються» з такою кількістю відходів. З відходами втрачається 50-70% кольорових металів і 80-95% кислот і лугів, які спокійно потрапляють в повітря, воду, ґрунт та організм людини. Проте все ж найбільша частка припадає на забруднення поверхневих вод. В Україні щорічно утворюється понад 2,5 млрд кубометрів забруднених стоків, які містять в середньому:

- 5 млн тонн солей;
- 130 тис. тонн органічних забруднень;
- 25 тис. тонн металів;
- 5,2 тис. тонн нафтопродуктів;
- 7,7 тис. тонн фосфору;
- 1,4 тис. тонн синтетичних поверхневоактивних речовин.

З рисунку 1 видно, що проблема підвищеної норми скидів забруднюючих речовин у січні води актуальна для всіх регіонів України, а особливо для Східних та Північних регіонів України, де сконцентровані металургійні та машинобудівні підприємства.

Обсяг, кількісний і якісний склад стоків залежить від застосовуваної схеми і витрати води на промивку, отже раціоналізація водоспоживання через вибір застосовуваного обладнання та схем промивки визначає обсяг, кількісний і якісний склад промивних і стічних вод, а, відповідно, і склад очисного обладнання, ефективність його роботи.

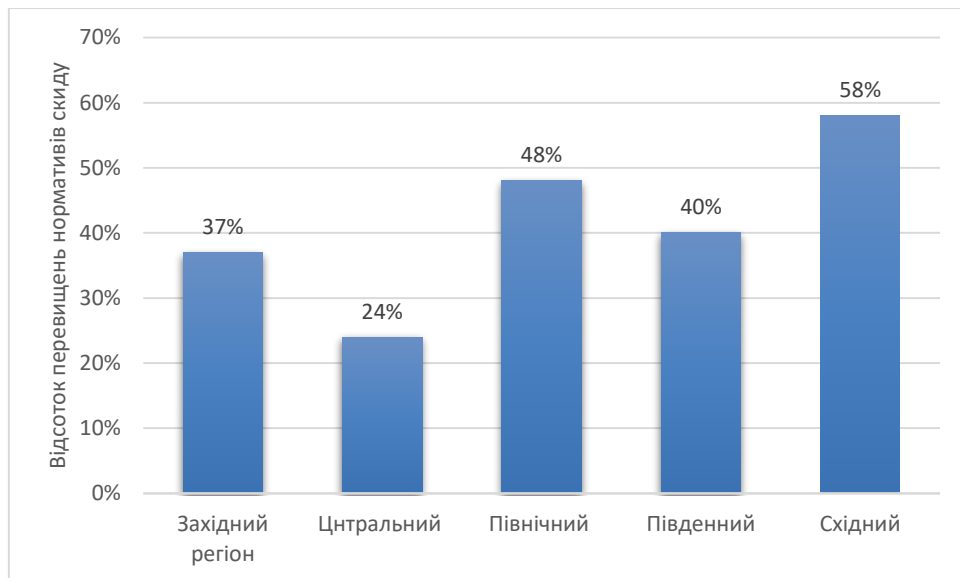


Рисунок 1 Відсоток перевищення нормативів скиду забруднюючих речовин у поверхневі водні об'єкти за регіонами України за 2014-2017рр

Гальванічні виробництва мають два види стічних вод:

- концентровані відпрацьовані розчини гальванічних ванн і ванн хімічної обробки;
- промивні води ванн гарячої і холодної промивки.

Так як використовується різні види покриттів, то і відповідно в стічних водах отримується різний асортимент забруднень. В залежності від фазового стану речовини, забруднення поділяється на 4 групи:

- суспензії у вигляді тонкодисперсних суспензій і емульсій;
- колоїди і високомолекулярні сполуки;
- органічні речовини, розчинені у воді;
- солі, кислоти, розчинені у воді.

За режимом скидання стоки розрізняють на ті, що постійно надходять від проточних ванн після промивання в них деталей (промивні води) і ті, що періодично скидаються з непроточних ванн (відпрацьовані концентровані електроліти і розчини).

Як показано в таблиці 1 для потреб технологій очищення СВ, всі гальванотехнічні операції класифікуються на три основні групи на основі реакції електролітів та хімічного складу, що є джерелом утворення стічних вод: ціаністі, хромовмісні та кислотно-лужні. З первинними ціаністими СВ, як правило, змішують СВ після знежирення в лужних ваннах, що збільшує основність змішуваних стічних вод і полегшує перебіг реакції окислення ціанідів. Проте, у той самий час, з первинними хромистими водами іноді змішують кислі СВ після операцій травлення, які, підкислюючи середовище, полегшують перебіг реакції відновлення Cr^{6+} до Cr^{3+} .

Таблиця 1

Показник забруднення	Концентрація стоків, мг/л		
	ціаністих	хромових	кислотно-лужних
Хлориди	< 50	< 50	100 - 700
Сухий залишок	400 -1200	500 -1200	60-300
Сульфати	< 100	50 - 200	100 - 800
Важкі метали	50 - 300	5 - 100	10 - 200
Ціаніди	< 100	-	-

Проведений якісний та кількісний аналіз складу стічних вод гальванічного виробництва за останні 30 років, на основі технічних завдань низки об'єктів, в результаті досліджень виявлено збільшення рівня мінералізації стічних вод на тлі значного скорочення об'єму останніх (рис. 2).

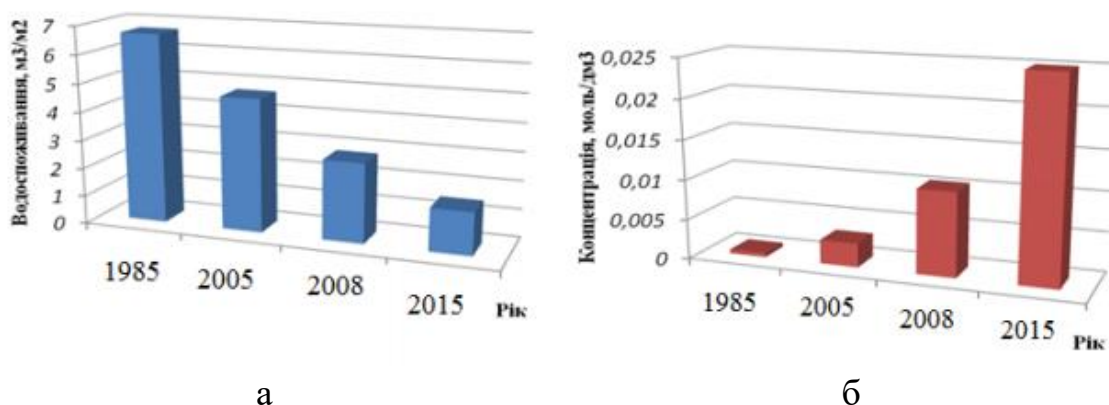


Рисунок 2 Якісні та кількісні зміни стічних вод гальванічного виробництва за період 1985-2015 р.р.: а – зміна водоспоживання для м² гальванопокриття; б – зміна концентрації (загальної концентрації йонів металів) у стічних водах.

Представлені результати проведеного аналізу свідчать про те, що за останніх 30 років водоспоживання та відповідно об'єм стічних вод гальванічного виробництва зменшився на 50÷75%, при цьому концентрації промивних стічних вод збільшились у 5 ÷ 65 разів за окремими компонентами, наприклад: середня концентрація йонів хрому зросла від 0,5 г/дм³ до 1,5 г/дм³, йонів сульфатів з 0,5 г/дм³ до 2 мг/дм³. Тобто, проведені результати досліджень показали, що у промивних стічних водах загальна концентрація електролітів складає $m \geq 0,02$ моль/дм³, що дає підстави їх зарахувати до концентрованих водних розчинів електролітів (концентрованих стічних вод).

Крім того, відбулися значні зміни якісного складу гальванічних стічних вод, через використання новітніх реактивів, внаслідок чого зросла кількість органічних домішок, які, попри токсичність, також впливають на ступінь очищення від йонів

металів та зміну діапазону доцільних значень окисно-відновного (Eh) та кислотно-основного (pH) показників.

Газоподібні відходи утворюються при механічній обробці деталей, при експлуатації електролітів та їх приготуванні, при очистці стічних вод, переробці відпрацьованих електролітів. Ці викиди хоча і не є причиною основних екологічних проблем, але є досить небезпечними і вимагають знешкодження. Різновиди шкідливих газоподібних речовин у гальванічних відходах такі.

У процесі знежирення деталей утворюються пари органічних розчинників, аерозолів, лугів; при травленні – аерозолі кислот, різні гази (оксиди азоту). В атмосферу може також попадати аміак, ціановодень, аерозолі усіх солей електроліту. Особливо велика кількість газоподібних відходів утворюється в таких випадках:

а) використання високо летких компонентів (вуглегідrogenні сполуки знежирення, аміакатні електроліти);

б) експлуатація гарячих розчинів;

в) здійснення хімічних та електрохімічних реакцій з виділенням газів; навіть якщо сам газ не є шкідливим, він виносить крапельки електролітів, утворюючи токсичні аерозолі (наприклад, хромування).

При використанні хлорного олова, чотирехлористого титану та кремнію слід пам'ятати, що вони легко поглинають воду з повітря, утворюючи густі тумани. Токсичний пил виникає в процесах полірування, шліфування, крацювання, піскоструминної обробки, а також зачистки анодів та штанг. У процесі приготування електролітів можливе також виникнення пилу органічного походження – із клею, желатину.

Найбільшою екологічною проблемою сучасного гальванічного виробництва вважається утилізація шламів, утворених в результаті очистки стічних вод. Труднощі утилізації шламів пов'язані з такими їхніми характеристиками:

- велика вологість (90 – 95%);
- багатокomпонентність;
- змінний склад в залежності від продуктивності різних гальванічних процесів;
- великий об'єм;
- нестабільність деяких сполук, тобто зміна складу шламу у часі.

Основні компоненти шламів: гідроксиди, сульфіді, ферити, сульфати, карбонати, фосфати важких металів, а також сполуки заліза, алюмінію, кальцію, магнію.

Приблизний кількісний склад шламів гальванічного виробництва за металами: Cu, Zn, Fe, Cr – 0.1÷10%, Pb, Sn – 0,1÷1%, Cd, Ni – 0.01÷1%. Зрозуміло, що після сушки відсотковий вміст металів збільшується.

Раніше шлами просто відправляли на звалища, звідки вони поступово вимивалися дощовими та ґрунтовими водами і попадали у ґрунти. У такому випадку вся робота з очистки стічних вод виявлялася марною. Зараз найчастіше шлами збирають у спеціальних сховищах, бункерах, полігонах, штучних бетонованих ставках. Для цього необхідні великі площі (в Україні під відходи різних виробництв на теперішній час відведено до 160 тис. га), значні капітальні витрати. Крім того,

важко забезпечити зберігання відходів так, щоб токсичні речовини зовсім не поступали у довкілля. Останнім часом на полігонах застосовують захисні покриття з полімерних матеріалів. Але все ж таки часом виходить, що уловлені при очистці стічних вод речовини являють собою вторинні джерела забруднення оточуючого середовища. Тому “захоронення” відходів не вирішує повністю екологічні проблеми і до того ж призводить до великих втрат цінних металів та інших хімічних речовин. Утилізація шламів і нині являє собою велику проблему всіх індустріальних країн.

У **другому розділі** було застосовано математичну модель, а саме – імітацію для прогнозування накопичення поллютантів. Це дозволило вирішити цю задачу без натурних експериментів, виконання яких потребує багато зусиль, коштів, а інколи взагалі неможливе. Також було розраховано екологічний критерій для речовин, що містяться в гальваностоках.

Імітаційне моделювання - це метод дослідження, що заснований на тому, що досліджувана система замінюється симулятором, і з ним проводяться експерименти для отримання інформації про цю систему. Експеримент із симулятором називається імітацією (імітація - це розуміння суті явища, не вдаючись до експериментів на реальному об'єкті).

Метод камерних моделей є одним з найпростіших та адекватних у математичному моделюванні для опису екологічних процесів в екосистемах різної складності.

Припустимо що:

1) екосистему можна поділити на кілька взаємодіючих камер, між якими з часом відбувається міграція. Полютанти, що надійшли в камеру, миттєво переміщуються в усіх частинах камери однаково в будь - який момент часу;

2) втрати поллютантів камерою є пропорційними активності поллютантів у камері. Перенесення поллютантів з однієї камери до іншої відбувається за законами кінетики, його описують системою простих диференціальних рівнянь.

Імітаційне моделювання - це метод дослідження, що заснований на тому, що досліджувана система замінюється симулятором, і з ним проводяться експерименти для отримання інформації про цю систему. Експеримент із симулятором називається імітацією (імітація - це розуміння суті явища, не вдаючись до експериментів на реальному об'єкті).

Метод камерних моделей є одним з найпростіших та адекватних у математичному моделюванні для опису екологічних процесів в екосистемах різної складності.

Припустимо що:

1) екосистему можна поділити на кілька взаємодіючих камер, між якими з часом відбувається міграція. Полютанти, що надійшли в камеру, миттєво переміщуються в усіх частинах камери однаково в будь - який момент часу;

2) втрати поллютантів камерою є пропорційними активності поллютантів у камері. Перенесення поллютантів з однієї камери до іншої відбувається за законами кінетики, його описують системою простих диференціальних рівнянь.

До чинників загрози навколишньому середовищу від гальванічного виробництва відносяться неочищені стічні води та гальванічний шлам, тому на

верхівці камерної моделі впливу гальванічного виробництва (рис. 3) саме ці дві загрози. Відповідно встановлюємо зв'язок цих загроз з системами, на які вони впливають, а саме: повітря, ґрунт та поверхневі води, а звідси випливає узагальнений вплив на людину (як саме було розглянуто в попередньому розділі).

Зв'язок між системами задається коефіцієнтами переходу поллютантів з камери в камеру за один місяць. Ці коефіцієнти, які бралися з розрахунку про середні швидкості розподілу та перерозподілу оксидів важких металів (бралися з літературних джерел), наведені в таб. 2.

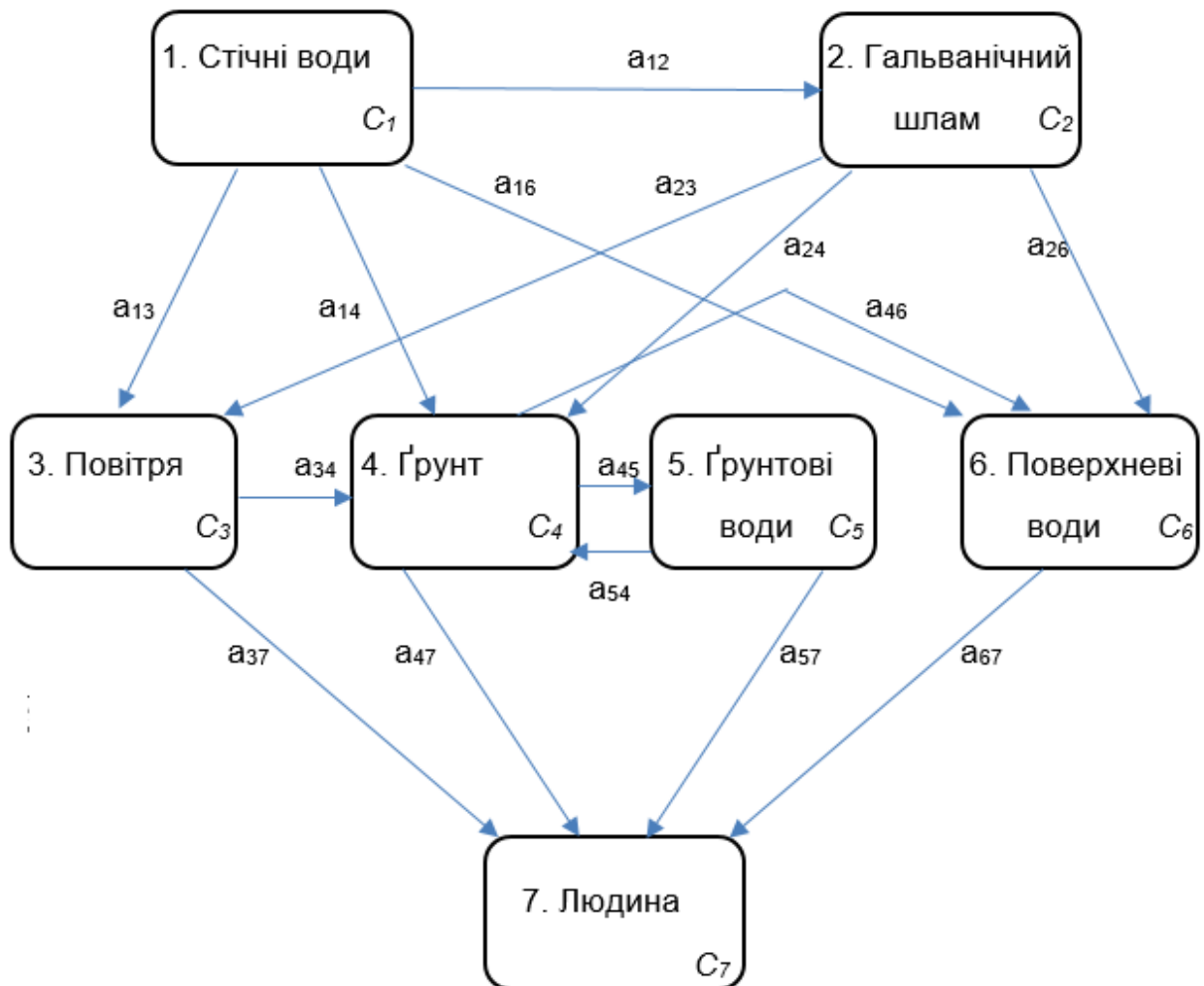


Рисунок 3 Камерна модель впливу гальванічного виробництва

На основі системи диференційованих рівнянь першого порядку по сталим коефіцієнтам перенесення поллютантів, взятим з літературних джерел, будуюмо свою систему рівнянь (1).

Таблиця 2

Таблиця позначення середовища та відповідного коефіцієнту переходу оксидів важких металів з однієї екосистеми в іншу

Середовище	a_{ij}	Значення
Стічні води → Гальванічний шлам	a_{12}	0,3
Стічні води → Повітря	a_{13}	0,02
Стічні води → Ґрунт	a_{14}	0,1
Стічні води → Поверхневі води	a_{16}	0,3
Гальванічний шлам → Повітря	a_{23}	0,04
Гальванічний шлам → Ґрунт	a_{24}	0,05
Гальванічний шлам → Поверхневі води	a_{26}	0,2
Повітря → Ґрунт	a_{34}	0,03
Ґрунт → Ґрунтові води	a_{45}	0,15
Ґрунт → Поверхневі води	a_{46}	0,1
Ґрунтові води → Ґрунт	a_{54}	0,02
Повітря → Людина	a_{37}	0,01
Ґрунт → Людина	a_{47}	0,05
Ґрунтові води → Людина	a_{57}	0,05
Поверхневі води → Людина	a_{67}	0,15

$$\begin{aligned}
 \frac{dC_1(t)}{dt} &= -a_{12}C_1(t) - a_{13}a(t) - a_{14}C_1(t) - a_{16}C_1(t); \\
 \frac{dC_2(t)}{dt} &= a_{12}C_1(t) - a_{23}C_2(t) - a_{24}C_2(t) - a_{26}C_2(t); \\
 \frac{dC_3(t)}{dt} &= a_{13}C_1(t) + a_{23}C_2(t) - a_{34}C_3(t) - a_{37}C_3(t); \\
 \frac{dC_4(t)}{dt} &= a_{14}C_1(t) + a_{24}C_2(t) + a_{34}C_3(t) - a_{46}C_4(t) - a_{45}C_4(t) - a_{47}C_4(t); \\
 \frac{dC_5(t)}{dt} &= a_{45}C_4(t) - a_{46}C_5(t) - a_{43}C_5(t); \\
 \frac{dC_6(t)}{dt} &= a_{16}C_1(t) + a_{26}C_2(t) + a_{46}C_4(t) - a_{67}C_6(t); \\
 \frac{dC_7(t)}{dt} &= a_{37}C_3(t) + a_{47}C_4(t) + a_{57}C_5(t) + a_{67}C_6(t),
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

де t – час (місяці).

Розв'язок даної системи рівнянь для наглядної картини подано у графічному вигляді (рис.4).

З рисунку 4 видно, що надходження в повітря забруднюючих речовин складає лише 0,05% на 4 місяць після скиду; в ґрунт надходження складає 0,15% найшвидше – за три місяці; пік накопичення в ґрунтових водах припадає на шостий місяць – 0,09%; найбільший відсоток вмісту поллютантів, як не дивно для поверхневих вод – 0,33%, пік припадає на третій місяць.

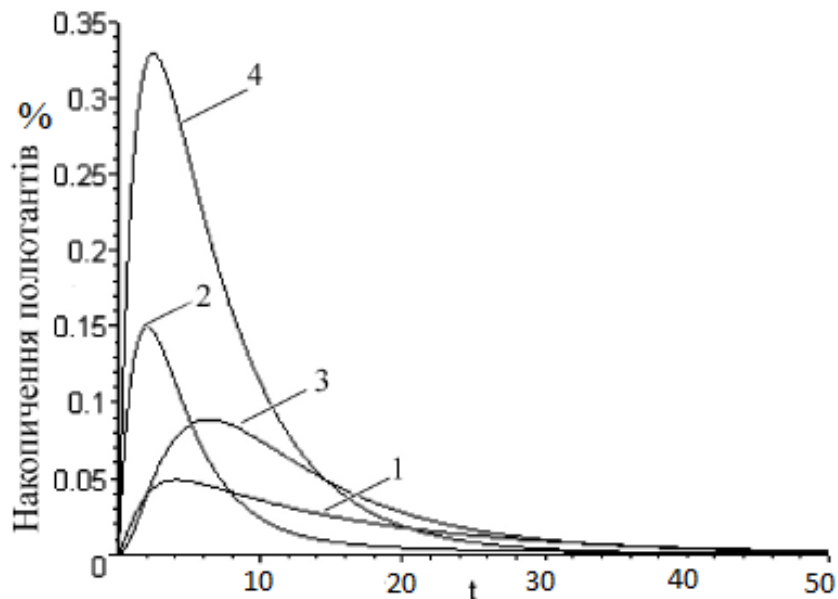


Рисунок 4 Надходження оксидів важких металів у: 1 – повітря; 2 – ґрунт; 3- ґрунтові води; 4 – поверхневі води

Розглянемо також випадок, який відбувається в принципі на кожному підприємстві – постійний скид стічний вод, і відповідно в цьому випадку буде також постійне збільшення гальванічного шламу. Будуємо систему з рівнянь з поправкою (2) та виводимо результат графічно (рис. 5).

$$\begin{aligned}
 \frac{dC_1(t)}{dt} &= -a_{12}C_1(t) - a_{13}a(t) - a_{14}C_1(t) - a_{16}C_1(t) + 0,1t; \\
 \frac{dC_2(t)}{dt} &= a_{12}C_1(t) - a_{23}C_2(t) - a_{24}C_2(t) - a_{26}C_2(t) + 0,1t; \\
 \frac{dC_3(t)}{dt} &= a_{13}C_1(t) + a_{23}C_2(t) - a_{34}C_3(t) - a_{37}C_3(t); \\
 \frac{dC_4(t)}{dt} &= a_{14}C_1(t) + a_{24}C_2(t) + a_{34}C_3(t) - a_{46}C_4(t) - a_{45}C_4(t) - a_{47}C_4(t); \\
 \frac{dC_5(t)}{dt} &= a_{45}C_4(t) - a_{46}C_5(t) - a_{43}C_5(t); \\
 \frac{dC_6(t)}{dt} &= a_{16}C_1(t) + a_{26}C_2(t) + a_{46}C_4(t) - a_{67}C_6(t); \\
 \frac{dC_7(t)}{dt} &= a_{37}C_3(t) + a_{47}C_4(t) + a_{57}C_5(t) + a_{67}C_6(t).
 \end{aligned} \tag{2}$$

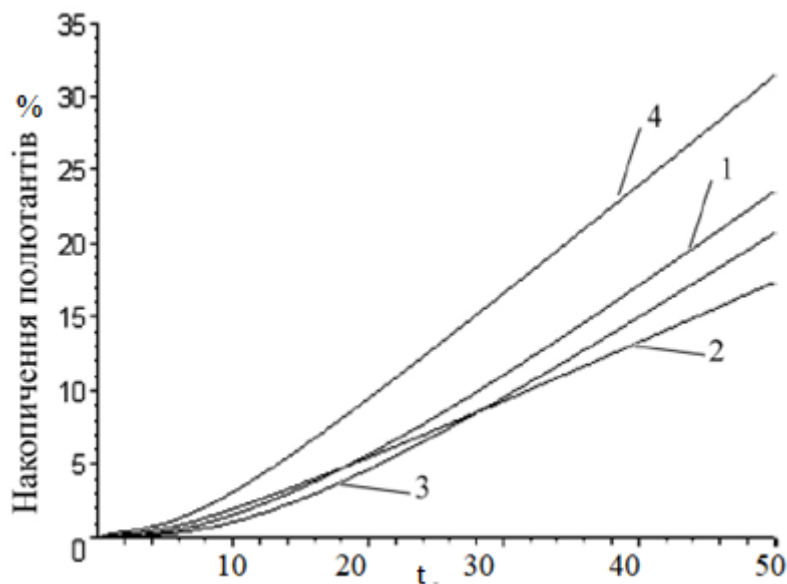


Рисунок 5 Надходження оксидів важких металів при постійному скиді у:
1 – повітря; 2 – ґрунт; 3- ґрунтові води; 4 – поверхневі води

Так як найбільше небезпеку ГВ чинить на стічні води, то окремо зробимо оцінку ступеня небезпеки речовин, що входять до стічних вод гальванічного виробництва. Для цього введено поняття екологічного критерію гальванічного виробництва ЕК:

$$ЕК = \frac{C_k}{ГДК}, \quad (3),$$

де C_k – кінцева концентрація речовини після очистки; $ГДК$ – для рибогосподарчих водоймищ.

Шляхом відповідних перетворень можна отримати рівняння:

$$ЕК = \frac{C_{ct}}{ГДК} (1 - \alpha) \quad (4).$$

Наведені рівняння відображають екологічну небезпеку стічних вод, які пройшли очистку і поступають у каналізацію.

Розрахуємо екологічний критерій гальванічного виробництва на прикладі для гальванічного цеху ДП «Антонов» (6), який знаходиться в м. Києві. Воно відоме славнозвісними літаками, такими як «Мрія» та «Руслан». Підприємство в гальванічному цеху здійснює практичне всі види покриттів, має свою станцію нейтралізації, проте обладнання там вітчизняного походження і це відбивається на показниках. Показники очищення за технологічною схемою згідно звітного журналу на станції нейтралізації наведені в таблиці 3.

Таблиця 3
Показники очищення на станції нейтралізації ДП «Антонов»

Найменування речовини	ГДК для рибогосподарських потреб (ДСанПіН 2.2.4-171-10)	Показники до очистки, мг/л	Показники після очистки, мг/л
Хром (VI)	0,001	94,2	0,05
Залізо	0,1	6,8	0,72
Цинк	0,05	6,3	0,17
Мідь	0,001	5,7	0,004
Нікель	0,05	6,0	0,15

$$\begin{aligned}
EK_{Cr(VI)} &= \frac{C_m}{ГДК} \left(1 - \frac{C_m - C_k}{C_m}\right) = \frac{94,2}{0,001} \left(1 - \frac{94,2 - 0,05}{94,2}\right) = 25; \\
EK_{Fe} &= \frac{6,8}{0,1} \left(1 - \frac{6,8 - 0,72}{6,8}\right) = 7,2; \\
EK_{Zn} &= \frac{6,3}{0,05} \left(1 - \frac{6,3 - 0,17}{6,3}\right) = 3,4; \\
EK_{Cu} &= \frac{5,7}{0,001} \left(1 - \frac{5,7 - 0,004}{5,7}\right) = 4; \\
EK_{Ni} &= \frac{6,0}{0,05} \left(1 - \frac{6,0 - 0,15}{6,0}\right) = 3
\end{aligned}
\tag{5}$$

Результати представлено у вигляді графіка (рис. 8). Якщо враховувати, що при $EK=1$, гальванічне виробництво екологічно безпечне, то підприємство, яке було розраховано безпечним назвати неможна.

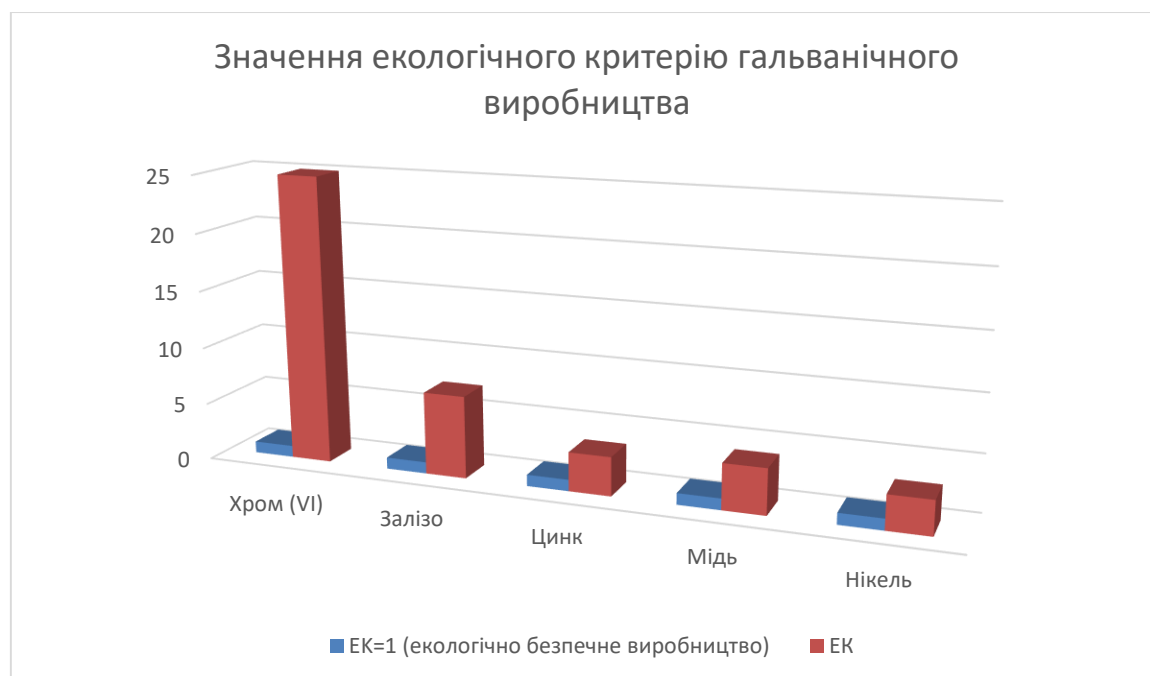


Рисунок 8 Значення екологічного критерію гальванічного виробництва

У третьому розділі зроблено аналіз методів очистки стічних вод гальванічного виробництва. Наведено основні недоліки та переваги. Проаналізовано сучасні схеми очистки.

Так, для очищення води від зважених речовин найбільш ефективними є методи, засновані на використанні сил гравітації, флотації, адгезії. Для очищення води від колоїдів і ВМС ефективний метод коагуляції. Органічні речовини найбільш ефективно витягають із води в процесі очищення на сорбційних фільтрах і установках нанофільтрації. Розчинні неорганічні забруднення, що представляють собою електроліти, видаляють зі стічних вод гальванічного виробництва переключом іонів важких металів в малорозчинні сполуки, використовуючи для цього реагентний метод або мембранні методи знесолення (зворотний осмос, електродіаліз).

За технологічними процесами, обладнання та методам очищення стічних вод гальванічного виробництва можна дати таку класифікацію:

- механічні / фізичні (відстоювання, фільтрація, випарювання);
- хімічні (реагентна обробка);
- коагуляційно-флотаційні (флотація, флокуляція, коагуляція);
- електрохімічні (електрофлотація, електродіаліз, електроліз);
- сорбційні (сорбційні фільтри, іонообмінні фільтри);
- мембранні (ультрафільтрація, нанофільтрація, зворотний осмос);
- біологічні.

Механічні, хімічні, фізичні є застарілими методами і практично не використовуються на зарубіжному ринку, через їх неефективність. При використанні цих методів їх необхідно поєднувати, і як мінімум щоб їх було три в технологічній схемі. Більш популярними, досконалими є електрохімічні, мембранні та сорбційні методи. Вони використовуються як окремо, так і в поєднанні з іншими для більшої ефективності.

Електрохімічні методи очищення стічних вод гальванічного виробництва мають ряд переваг: проста технологічна схема при експлуатації обладнання, зручність автоматизації його роботи, скорочення виробничих площ під розміщення очисних споруд, можливість очищення стічних вод без попереднього розведення, зниження вмісту солі і зменшення обсягу осаду, що утворюється в процесі очищення.

Електрокоагуляція (гальванокоагуляція) – порівняно застарілі технологічно методи, які ще використовуються на машинобудівних та металообробних підприємствах для очищення стічних вод гальванічного виробництва (в основному для очищення хромовмісних стічних вод від іонів хрому Cr^{6+}).

У даних методах по електрохімічному механізму розчиняють залізо, і утворені іони Fe^{2+} відновлюють шестивалентний хром Cr^{6+} до тривалентного Cr^{3+} з подальшим утворенням гідроксиду хрому. Різниця електрокоагуляції і гальванокоагуляції полягає в способі розчинення заліза. В електрокоагуляційному методі залізо розчиняється електрохімічно при накладенні на сталеві аноди потенціалу від зовнішнього джерела живлення. У гальванокоагуляційному методі залізо розчиняється гальванохімічно за рахунок різниці потенціалів, що виникає при контакті заліза з міддю або коксом. Отже, обидва методи розрізняються рушійною силою процесу розчинення металевих заліза, що і визначає їх технологічні відмінності.

Електрофлотація - метод очищення стічних і промивних вод, технологічних розчинів гальванічного виробництва та виробництва друкованих плат від забруднень

у вигляді зважених речовин, фосфатів і гідроксидів металів, суспензій, смолистих речовин, емульгованих речовин, нафтопродуктів, індустриальних масел, жирів і поверхнево-активних речовин.

В таблиці 4 показано головні недоліки та переваги кожного з методів описаних вище.

Таблиця 4

Порівняльна характеристика методів очищення стічних вод гальванічного виробництва

Найменування методу	Переваги	Недоліки
Ультрафільтрація	1. Повернення води в ванни промивки 2. Відсутність реагентного господарства для обробки води 3. Можливість повної автоматизації	1. Утворення 1-5% концентратів, які потребують очистки 2. Необхідна періодична регенерація та заміна мембран 3. Потрібен резерв устаткування
Іонний обмін	1. Повернення води в ванни промивки 2. Можливе повернення в ванни покриття металів 3. Можливість повної автоматизації	1. Трудомісткі операції регенерації 2. Потрібне поповнення смол по мірі зносу 3. Потрібне реагентне господарство
Зворотній осмос	1. Повернення води в ванни промивки 2. Можливе повернення в ванни покриття металів 3. Відсутність реагентного господарства для обробки води 4. Можливість повної автоматизації	1. Необхідність періодичної регенерації і заміни мембран 2. Високі енергозатрати 3. Низька продуктивність установки 4. Потрібне резервне устаткування 5. Установка повинна бути захищена від корозії
Електрохімічний метод очистки:	1. Проста технологічна схема при експлуатації обладнання 2. Зручність автоматизації роботи 3. Скорочення виробничих площ під розміщення очисних споруд	1. Високі енергозатрати
Електрокоагуляція	4. Можливість очищення стічних вод без попереднього розведення	
Електрофлотація	5. Можливість автоматизації	

Встановлено, що основними вимогами до очистки стічних вод є наступні: відсутність вторинного забруднення; мінімальний солевміст очищеної води, можливість вторинного її використання; мінімальна кількість та об'єм відходів, їх хімічна стабільність; економне використання реагентів, електроенергії; можливість утилізації хімічних продуктів (кислот, лугів, металів), найменші безповоротні втрати цінних компонентів.

В четвертому розділі запропоновано універсальну схему очистки гальваностоків, в якій за основний елемент взято електрофлотатор та доведено її ефективність.

Для покращення технологічної схеми очищення стічних вод гальванічного цеху необхідно використання комбінаційної схеми, в якій на окремих стадіях відбудеться відновлення шестивалентного хрому, груба та тонка очистка забруднюючих речовин. Проаналізувавши всі літературні джерела та з порівняльної характеристики методів очищення стічних вод видно, що найефективнішим з точки зору ефективності та економічності є електрохімічні методи. Постав вибір між електрофлотацією та електрокоагуляцією. По даним, які було знайдено, на ВАТ «Роствертол» в Росії відбулася реконструкція в двох цехах, було замінено відстійники на електрокоагулятор та електрофлотатор, результати наведені в таб. 5

Таблиця 5

Порівняння електрофлотації та електрокоагуляції

Параметри	Відстоювання	Електрокоагуляція	Електрофлотація
Ступінь очистки, %	70 - 80	80 - 90	96 - 98
Енергозатрати, кВт ч/м ³	-	1 - 1,5	0,25 - 0,5
Вторинне забруднення води	-	Fe 1 мг/л Al 0,5-1 мг/л	-
Вторинне забруднення твердих відходів	-	до 30% (Fe, Al, Cr ⁶⁺)	-
Режим експлуатації	Безперервний	Періодичний	Безперервний
Змінні елементи	-	Fe і/або Al - анод (10-20 днів)	Ti - анод (5-10 років)
Тверді відходи	Пульпа 99% вологості	Пульпа 99% вологості	Флотоконцентрат 94-96% вологості

Отже, електрофлотатор було обрано через ряд переваг. Переваги використання електрофлотаційних модулів очевидні:

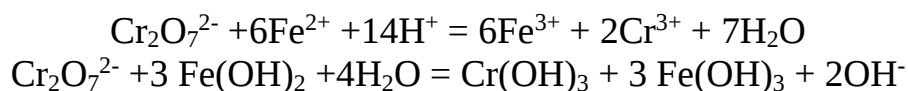
- висока ефективність вилучення дисперсних речовин (гідроксидів і фосфатів важких металів і кальцію, нафтопродуктів, поверхнево-активних і зважених речовин);
- висока продуктивність (1 м² обладнання – 4 м³/ч, що очищається води);
- відсутність вторинного забруднення води завдяки застосуванню нерозчинних електродів ОРТА;
- низькі витрати електроенергії від 0,5 до 1 кВт · год /м³;
- відсутність замінних матеріалів (електродів, фільтрів, сорбентів тощо.);
- простота експлуатації, автоматичний режим роботи не вимагають щорічного ремонту та зупинок;
- шлам менш вологий (94 - 96 %), в 3 - 5 раз легше зневоднюється і може бути використаний при виготовленні будівельних матеріалів та / або пігментів для барвників.

Незважаючи на всі переваги електрофлотатора, він не може бути використаний в технології очищення самотійно, адже у промивних гальванічних водах найбільш токсичний - шестивалентний хром, який не вилучається на електрофлотаторі, тому що необхідно провести відновлення Cr^{+6} до Cr^{+3} (колір змінюється від жовто - оранжевого до зеленого) і потім провести реакцію перекладу хрому в гідроксид, який потім випадає в осад. Важливо при цьому уникнути надлишку лугу, оскільки при цьому може статися розчинення одержаного гідроксиду. Відмовитися від проведення відновлення хрому неможливо, оскільки шестивалентний хром гідроксиду не утворює.

Тому перед електрофлотаційною очисткою потрібне реагентне відновлення шестивалентного хрому.

Пропонується сучасний, альтернативний та універсальний спосіб відновлення. Він дозволяє провести реакцію відновлення без жорсткого контролю рН шляхом застосування в якості відновника семиводного сульфату заліза $\text{FeSO}_4 + 7 \text{H}_2\text{O}$ (будь якої чистоти, у т. ч. технічного).

Відновлення Cr^{6+} до Cr^{3+} солями двовалентного заліза протікає з досить високою швидкістю не тільки в кислому, але і в нейтральному і лужному середовищах по реакції:



Тому в разі застосування сульфату заліза (II) в якості реагенту-відновника попереднє підкислення стічних вод не проводиться. Осадження гідроксидів проводиться в нейтральному середовищі без додавання інших реагентів.

При цьому не тільки знижуються витрати за рахунок відмови від великого об'єму реагентів і зменшення кількості відходів, які утворюються (так при знешкодженні 1 м³ відпрацьованого робочого розчину ванни хромування, в якому міститься до 200кг окису хрому, утворюється близько 3т шламу), але і значно спрощується експлуатація очисних споруд.

Переваги даної установки:

- Відсутня необхідність оброблення стоків кислотою для зниження рН;
- Не вимагається подальше вилуговування;
- Обробка стічних вод проводиться в нейтральному середовищі;
- Знижується кількість утвореного гальваношламу (відходу II-III класу небезпеки);
- Удосконалюється якість робіт;
- Відсутній побічний шкідливий вплив на навколишнє середовище.
- Якість відновлення шестивалентного хрому дорівнює 99,99%.
- При використанні даної технології можливе скорочення штату;
- Скорочується кількість використовуваних реагентів;
- Спрощується процес приготування розчинів;
- Звільняються виробничі площі, не потрібен навантажувач, транспортер, млин, мішалки і т. д.;

- Поліпшуються умови праці робітників (виключається запиленість робочої зони);
- Підвищується безпека робіт;
- Зростає надійність роботи обладнання;
- Ціна установки набагато менша за нині використовувані;
- Економія за рахунок зменшення використання реагентів.

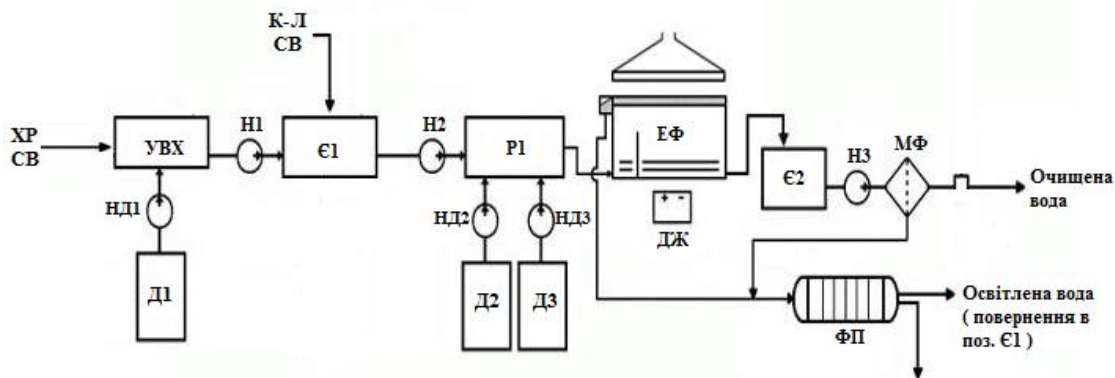


Рисунок 9 Технологічна схема очищення стічних вод:

Є1, Є2 - накопичувальна ємність; Н1, Н2, Н3 - насоси; Д1, Д2, Д3, - ємність приготування розчину реагенту; НД1, НД2, НД3 - дозуючий насос; Р1 - реактор змішування; ЕФ - електрофлотаційний модуль; ДЖ - джерело живлення електрофлотаційного модуля; ФП - фільтр прес; МФ – механічний фільтр.

На рис. 9 представлена технологічна схема очищення стічних вод гальванічного цеху підприємств з подальшим поверненням води для використання на технічні потреби підприємства. Дана система очищення стічних вод рекомендується для використання при проектуванні нових очисних споруд, або реконструкції і модернізації діючих станцій водоочищення з метою підвищення їх економічної ефективності та екологічної безпеки.

Система працює наступним чином: хромовмістні СВ надходять на установку марки «УВХ», куди дозуючим насосом НД1 з ємності приготування розчину-відновлювача Д1, а саме сульфату заліза. Відновлені стоки подаються в накопичувальну ємність Є1, куди подаються кислотно-лучні стічні води. З ємності Є1 стоки насосом Н1 подається в реактор Р1. У реактор Р1 для попередньої обробки стічних вод дозаторами НД2 і НД3 дозуються реагенти: розчин лугу і флокулянта. З реактора Р1 стоки надходять на електрофлотатор ЕФ, в якому за представленим нижче механізмом здійснюється витяг гідроксидів важких металів, нафтопродуктів і ПАР. З електрофлотатора очищена вода надходить в збірну ємність Є3. Освітлена вода зі збірної ємності подається насосом Н3 на механічний фільтр МФ. Після очистки вода повертається в технологічний цикл на повторне використання для технічних потреб підприємства (відповідно «Правилами приймання стічних вод підприємства у систему каналізації м. Києва».).

Шлам подається для зневоднення на фільтр-прес ФП. Зневоднений шлам вологістю не більше 70% утилізується.

Основним технічним вузлом системи очищення є електрофлотатор, що включає в себе блок нерозчинних електродів, систему збору шламу, джерело постійного струму і витяжний зонт. Робота апарату заснована на електрохімічних процесах виділення водню і кисню за рахунок електролізу води і флотаційного ефекту. Установка працює, як в безперервному, так і в періодичному режимах і забезпечує вилучення завислих речовин, нафтопродуктів, ПАР, іонів важких металів Cu^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Cr^{3+} , Al^{3+} , Pb^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} і ін. у вигляді гідроксидів і фосфатів.

Таблиця 6

Показники очищення по запропонованій технологічній схемі

Найменування речовини	ГДК	Показники до очистки, мг/л	Показники після очистки за старою схемою, мг/л	Показники після очистки за новою схемою, мг/л	Ступінь очистки згідно нової схеми, %
Хром (VI)	0,05	94,2	0,05	0,0	100
Хром (III) (після відновлення)	0,5	-	0,76	0,1	99,5
Залізо	0,3	6,8	0,72	0,2	97,0
Цинк	1,0	6,3	0,17	0,11	98,2
Мідь	0,1	5,7	0,1	0,03	99,5
Нікель	0,1	6,0	0,15	0,1	98,0
Зважені речовини	500,0	820,5	500	123	85,0
Нафтопродукти	0,05	1,0	0,05	0,05	95,0

Основні технологічні особливості даної схеми очищення стічних вод:

- Повне відновлення шестивалентного хрому;
- Усереднення промивних вод в накопичувальних ємностях і пропорційне дозування відпрацьованих концентрованих розчинів електролітів для рівномірної кінетики процесу очищення;
- Обробка розчином флокулянта в реакторі-флокуляторі з метою інтенсифікації процесу очищення;
- Високоєфективне очищення води в електрофлотаторі з отриманням пінного продукту (флотошламу) вологістю 94-96%;
- Зневоднення флотошламу на рамному фільтр-пресі до 70%, який потім може бути використаний в якості сировини для будівельного матеріалу;
- Тонка фільтрація води на механічному фільтрі 5-20 мкм для очищення від залишкових зважених речовин;
- Спрямованість на створення при наступному етапі модернізації очисних споруд замкнутого циклу оборотного водопостачання;

- Більш висока ступінь надійності і автоматизації процесу водоочищення.

Відповідно до порівняльних даних припустимо, шляхом пропорцій, взявши на підприємстві «Антонов» концентрації речовин до очистки та після очистки реагентним методом, показники очищення по запропонованій технологічній схемі наведені в табл. 6.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що в Україні щорічно утворюється понад 2,5 млрд кубометрів забруднених стоків, які містять в середньому: 5 млн тонн солей; 130 тис. тонн органічних забруднень; 25 тис. тонн металів; 5 тис. тонн нафтопродуктів; 7,8 тис. тонн фосфору; 1,4 тис. тонн синтетичних поверхневоактивних речовин.

2. Виявлено окрему ланку впливу в цілому та на організм людини і живі організми, яку відведено сполукам хрому, що потрапляють через водні об'єкти у концентраціях, яка перевищують ГДК.

3. Для зменшення навантаження на навколишнє середовище від гальванічного виробництва застосовано математичне моделювання, що дозволить вирішити ряд задач без натурних експериментів. Універсальним підходом до дослідження екологічних систем і процесів є імітаційна камерна модель.

4. В результаті моделювання було отримано наступні результати: найбільший вплив гальванічного виробництва припадає на поверхневі води - максимальне накопичення більше ніж в 2 рази ніж в ґрунті при разовому скиді та в 7 разів більше, ніж в повітря. В камері «людина» накопичення важких металів відбувається повільніше, проте за 7 років їх вміст може сягнути 100%.

5. Проведено розрахунки екологічних критеріїв та встановлено, що найбільше перевищення екологічного критерію речовини припадає на сполуки шестивалентного хрому. В загальному всі речовини перевищують екологічний критерій, що говорить про те, що гальванічні підприємства України не є екологічно безпечними для навколишнього середовища.

6. Встановлено необхідність використання комбінаційної схеми очищення стічних вод для покращення технології очистки, в якій на окремих стадіях відбулося відновлення шестивалентного хрому, груба та тонка очистка забруднюючих речовин.

7. Практичною цінністю отриманих результатів є поєднання використання електрофлотатора та установки відновлення шестивалентного хрому «УВХ-1П», що дозволило вилучення завислих речовин, нафтопродуктів, ПАР, іонів важких металів у вигляді гідроксидів і фосфатів та провести реакцію відновлення без жорсткого контролю рН.

АНОТАЦІЯ

Шевченко В.В. Оцінка впливу гальванічного виробництва на навколишнє середовище – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня магістр за спеціальністю 101 «Екологія» – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Міністерство освіти і науки України, Київ, 2018.

Гальванопокриття є одним з найбільших технологічних процесів виробництва з високим рівнем забруднення навколишнього середовища. Воно зрівнюється по ступеню забруднення з хімічним виробництвом. Займає перше місце серед забруднювачів природи важкими металами і є потенційним забруднювачем повітря, ґрунту та водних об'єктів. Не потрібно упускати і вплив на людину, адже хімічні сполуки, що містяться в гальванічних викидах та скидах чинять токсичну дію та викликають отруєння.

Проблема очистки стічних вод гальванічного виробництва на сьогодні є важливим питанням для підприємств різних галузей, адже річ йде не тільки про скиди важких металів в водні об'єкти, але і викиди в атмосферу та гальваношлами, які накопичують на полігонах. Щоб мінімізувати викиди забруднюючих речовин, необхідно застосовувати методи знезараження забруднюючих речовин і використання безвідходної технології виробництва, і також звісно ж розроблювати сучасні методи очистки. 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.

У роботі визначено склад відходів гальванічного виробництва та елементи, на які вони впливають; шляхом математичного моделювання та розрахунку екологічних ризиків знайти основну ланку впливу та довести, що найбільший вплив гальванічне виробництво чинить на стічні води; зробити аналіз існуючих та новітніх методів очистки гальваностоків; встановлення універсальної схеми очистки та доведення її ефективності. Результати цих досліджень можуть бути використані у подальших дослідженнях впливу гальванічного виробництва на навколишнє середовище та при розробці схем очистки гальваностоків.

Ключові слова: гальванічне виробництво, імітаційна модель, стічні води, гальваношлам, гальваностоки, гранично-допустима концентрація, електрофлотатор.

АНОТАЦИЯ

Шевченко В.В. Оценка воздействия гальванического производства на окружающую среду - Рукопись.

Дисертация на получения наукового степени магистр за специальністю 101 «Екологія» - Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сикорського», Міністерство освіти і науки України, Київ, 2018.

Гальванопокриття є одним із найбільших технологічних процесів виробництва з високим рівнем забруднення навколишнього середовища. Воно порівнюється за ступенем забруднення з хімічним виробництвом. Займає перше місце серед забруднювачів природи важкими металами і є потенційним забруднювачем повітря, ґрунту і водних об'єктів. Не можна ігнорувати і вплив на людину, адже хімічні сполуки, що містяться в гальванічних викидах і сбросах викликають токсичну дію і викликають отруєння.

Проблема очищення стічних вод гальванічного виробництва на сьогодні є важливим питанням для підприємств різних галузей, адже йдеться не тільки про сбросы важких металів в водні об'єкти, а й викиди в атмосферу і гальваншлами, які накопичуються на полігонах. Щоб мінімізувати викиди забруднюючих речовин, необхідно застосовувати методи обеззараження забруднюючих речовин і використання безвідходної технології виробництва, а також, звичайно ж, розробляти сучасні методи очищення. Підвищення рівня екологічної безпеки за рахунок впровадження високоєфективного очистного обладнання, розробка малоотходних енергоефективних технологій захисту навколишнього середовища, створення замкнутих систем ресурсобігу є пріоритетним напрямком розвитку сучасної української економіки.

В роботі визначено склад відходів гальванічного виробництва і елементи, на які вони впливають; шляхом математичного моделювання і розрахунку екологічних ризиків знайти основне ланка впливу і довести, що найбільше вплив гальванічне виробництво викликає на стічні води; зробити аналіз існуючих і нових методів очищення гальваностоків; встановити універсальну схему очищення і довести її ефективність. Результати цих досліджень можуть бути використані в подальших дослідженнях впливу гальванічного виробництва на навколишнє середовище і при розробці схем очищення гальваностоків.

Ключові слова: гальванічне виробництво, імітаційна модель, стічні води, гальваншлами, гальваностоків, гранично допустима концентрація, електрофлотатор.

ANNOTATION

V. Shevchenko Оцінка впливу гальванічного виробництва на навколишнє середовища-Script.

Thesis for the degree of master on the specialty National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2018.

Galvanic production is one of the largest technological processes of production with a high level of environmental pollution. It is equal to the degree of pollution with chemical production. It occupies the first place among the pollutants of nature with heavy metals and is a potential contaminator of air, soil and water objects. It is not necessary to miss the effect on the human being, because the chemical compounds contained in galvanic emissions and discharges produce toxic effects and cause poisoning.

The problem of wastewater treatment of galvanic production today is an important issue for enterprises of various industries, because it is not only about the dumping of heavy metals in water objects, but also emissions into the atmosphere and galvanoshals that accumulate at landfills. In order to minimize pollutant emissions, it is necessary to apply methods of disinfection of pollutants and the use of non-waste production technology, and also, of course, to develop modern cleaning methods. Increasing the level of environmental safety through the introduction of high-efficiency treatment equipment, the development of low-energy energy-efficient technologies for environmental protection, and the creation of closed systems of resource flow is a priority direction of development of the modern Ukrainian economy.

The paper identifies the composition of waste products of galvanic production and the elements to which they are influenced; by mathematical modeling and calculation of environmental risks, to find the main link of influence and to prove that the greatest impact on galvanic production is on waste water; to make an analysis of existing and newest methods of purification of galvanic plants; the establishment of a universal purification scheme and the proof of its efficiency. The results of these studies can be used in more research on the influence of galvanic production on the environment and in the development of purification schemes for galvanic plants.

Key words: galvanic production, imitation model, wastewater, galvanic sludge, maximum permissible concentration, electric flotator.

Шевченко Вікторія Віталіївна

Оцінка впливу гальванічного виробництва на навколишнє середовище

(Автореферат)