

Ожередова М.А., Кравченко І.В., Зубцов Є.І.

РЕАГЕНТНЕ ОЧИЩЕННЯ ПРОМИВНИХ ВОД ГАЛЬВАНІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

У статті представлені основні результати дослідно-промислових випробувань розроблених технологій та установок для реагентного очищення металевих стічних та промивних вод, на прикладі низькоконцентрованих відпрацьованих розчинів процесів електрохімічного нікелювання та хромування. Запропоновані технології включають залучення очищених вод для промивання виробів після стадії нанесення на них металевого покриття та на приготування робочих розчинів – осаджувачів. Під час здійснення утилізації розчинів, що утворилися в процесах нікелювання, для осадження використовували насичений розчин кальцинованої соди при 20°C. Для обробки стічних вод з вмістом хрому застосовували насичений розчин гідроксиду барію (II) після попереднього підлугування вихідних стічних вод. Експерименти підтвердили, що можливо автоматично дозувати реагенти в залежності від значення рН середовища, що може бути використано, як для безперервного, так й періодичного процесів промивання. Запропоновано режим промивки виробів після процесів електрохімічного нікелювання та хромування. Визначено тривалість часу, протягом якого можлива промивка виробів без оновлення об'єму ванни. Аналіз результатів експериментів показав, що можливо зменшити витрати прісної води на промивку за рахунок використання очищеної води, не погіршуючи якості процесу. Результатами досліджень підтверджено зменшення витрати води на промивку в кількості 35% після процесу електрохімічного хромування та на 65 % - після процесу нікелювання від регламентованих значень. На підставі результатів хімічного та рентгеноструктурного аналізу осадів, отриманих при утилізації промивних вод після процесів електрохімічного нікелювання та хромування, запропоновані шляхи їх подальшого використання.

Ключові слова: нікель- та хромвмісні стічні води, рН середовища, реагенти, дозування, очищення, залишкова концентрація, режими промивки, скорочення витрат води.

Актуальність дослідження. Питання збереження природних ресурсів та екологічної рівноваги між людською діяльністю та природним середовищем продовжують зберігати свою актуальність. В ряду найважливіших проблем в області захисту довкілля особливе місце займає охорона водного басейну від забруднень, одними з яких є стічні та промивні води, що містять важкі та кольорові метали, зокрема, нікель, хром, цинк, кадмій. Одним із способів вирішення проблем екологічної безпеки є широке впровадження безвідходних технологій, зокрема, повторного використання стічних вод [1]. Одним з ключових заходів для зменшення витрат прісної води є створення закритих систем водопостачання, які ґрунтуються на повторному використанні очищених промивних вод. Окрім цього, актуальним є питання запобігання безповоротній втраті кольорових та важких металів та повернення їх у виробництво у вигляді ліквідної хімічної продукції.

Постановка проблеми. Промивання виробів, після нанесення на них металевого покриття, потребує великих витрат води. В залежності від потужності і культури виробництва на промивку 1 м² поверхні покриття витрачається 0,2 – 2,3 м³, у гіршому випадку – до 5 м³ води [2]. У зв'язку з цим на виробництвах дуже гостро стоять проблеми знешкодження промивних вод з метою їх очищення від іонів металу, утилізації самого металу, повернення очищеної води у виробництво та запобігання забрудненню навколишнього природного середовища. На діючих виробництвах процеси промивання та знешкодження промивних вод здійснюють окремо: промивання проводять у ваннах, а знешкодження – на очисних установках, куди надходять змішані кислотно-лужні стоки, що містять суміш розчинених важких та кольорових металів. Недоліками промивних установок, що діють, є значна витрата води на промивання, великі витрати на очищення промивних вод, їх громіздкість.

Теоретичний аналіз дослідження. На даний час для очищення водних розчинів від сполук важких та кольорових металів запропоновано використовувати значну кількість методів, в основі яких лежать різні фізико-хімічні процеси: електрокоагуляція, іонообмін, мембранне розділення, електродіаліз, адсорбція, осадження та інші. Перевагами та недоліками володіють кожен з перелічених методів.

Найбільш оптимальним вирішенням цієї проблеми є використання методів обробки стічних вод, які дозволяють отримувати окремі концентрати металів, що можуть бути повернуті у виробництво. Один з таких методів - реагентний, відомий своєю економічністю, простотою у використанні та можливістю ефективної переробки осадів для подальшої утилізації.

У роботах [3, 4] доведена доцільність реагентних методів, перевага яких виявляються при здійсненні локального способу, тобто при обробці промивних вод одного гальванічного процесу розчином осаджувача до їх традиційного змішування.

Метою роботи був пошук шляхів зменшення витрат свіжої води в технологічному циклі та на промивання виробів після нанесення на них металевого покриття.

Матеріали та результати дослідження. Раніше нами були розроблені технології та установки утилізації металевих відпрацьованих розчинів, що дозволяють отримувати ліквідні продукти та повертати більшу частину очищених вод у виробничий цикл. Установки працюють за методом відновлення металу реагентами та

подальшим виділенням суспензії через фільтрацію. Впровадження розроблених способів можливо в процеси переробки відпрацьованих розчинів процесів нікелювання, хромування, цинкування, кадмування, міднення.

Дослідження включало в себе використання розчинів, що утворилися в процесах нікелювання та хромування. Для осадження в процесах очистки відпрацьованих розчинів нікелювання використовували насичений розчин кальцінованої соди, а для хромвмісних стічних вод - насичений розчин гідроксиду барію (II), що включало попереднє підлугування початкових стічних вод.

Знешкодження Ni^{2+} - вмісних розчинів

З метою усунення недоліків діючих промивних установок було проведено удосконалення конструкції вузла промивання. Розроблена конструкція вузла включає корпус з технологічними патрубками, заповнений робочим розчином, в якому встановлені: фільтруючий елемент, що звужується до низу у формі рукава; насос, об'єднаний з елементом, що фільтрує; вузол подачі розчину-осаджувача в робочий розчин. Встановлено також патрубок, один кінець якого розміщений усередині ємності і з'єднаний з відкритим рукавом фільтруючого елемента, а інший кінець розміщений зовні корпусу та оснащений пристроєм для перекриття. Цю конструкцію вузла використовували як укрупнену лабораторну установку для оптимізації умов проведення процесу знешкодження відпрацьованих нікельвмісних розчинів [4].

Відповідно до одного з принципів створення поєднаних процесів – проведення кількох технологічних операцій в одному апараті одночасно – при випробуваннях на укрупненій лабораторній установці, для скорочення об'ємів необхідного обладнання, а також підвищення інтенсивності його роботи та ступеня використання сировини було прийнято рішення змодельовати процес реагентного очищення низькоконцентрованих нікельвмісних розчинів безпосередньо в ємності для промивання.

Моделювання поєднаного процесу промивання виробів та утилізації відпрацьованого розчину, що утворюється при цьому, дозволило майже в 2 рази збільшити швидкість осадження іонів нікелю (II) та 1,5 рази швидкість фільтрації суспензії, що утворюється.

Для повторного використання очищеної води, важливим є чисельне значення загальної концентрації домішок, зокрема солей, в воді після очистки та направляється знову в виробничий цикл. Зважаючи на відсутність стандартної методики визначення якості промивання виробів після нанесення на них металевого покриття, появу сольових відкладень на їх поверхні визначали візуально, після занурення металеві пластини в промивну воду та її просушування. Було встановлено, що видимий сольовий наліт на пластині з'являється зі збільшенням концентрації іонів натрію (I) у розчині на 140 мг/л, це відповідає 4 -х кратному циклу промивання виробів.

Режим проведення процесу утилізації відпрацьованих низькоконцентрованих розчинів на дослідно-промисловій установці встановлювали на підставі результатів досліджень на укрупненій лабораторній установці. Попередньо було проведено розрахунок витрати додаткової та оборотної води.

Відмінною особливістю дослідно-промислової установки від укрупненої лабораторної була відсутність виносного рукава фільтра з ємності. Реальна промивна ємність мала дві секції для каскадного промивання. Як реагент-осаджувач використовувався насичений при 20°C розчин кальцінованої соди технічної кваліфікації.

На існуючій технологічній лінії виробу після основної операції промивають проточною водою в каскадній ємності промивання. Процес промивання включає використання каскадної ванни, що складається з двох секцій, та почергового занурення в них. Час перебування у кожній секції ємності становила близько 10 хвилин.

Дослідно-промислові випробування проводились за такою схемою: з бака для розчину-осаджувача, до першої секції каскадної ванни надходив насичений за температури 20°C розчин кальцінованої соди. Витрата Na_2CO_3 - розчину-осаджувача здійснювалася автоматично за допомогою електромагнітного клапана, що реагував на зміну значення водневого показника суспензії в першій секції каскадної ванни. Значення показника рН становила в інтервалі 9,0÷9,5. У першій секції каскадної ємності змішувалися потоки промивної води та осаджувача.

Отримувана суспензія занурювальним насосом подавалась у фільтр. Відфільтрована вода через переливний штуцер блоку подавалась у 2-гу секцію ванни промивки. Кількість води, що складає надлишок та дорівнює об'єму води промивної ємності, що подається в другу секцію, зливався через переливний пристрій і направлявся в каналізаційний колектор.

Для визначення лімітуючої стадії процесу утилізації низькоконцентрованих нікельвмісних відпрацьованих розчинів прорахували значення концентрації гідроксикарбонату нікелю (II) через швидкість осадження і через швидкість фільтрації. Внаслідок чого було встановлено, що визначена через швидкість фільтрації концентрація гідроксикарбонату нікелю склала 2,3 моль/м³, а концентрації визначена через швидкість осадження – 0,029 моль/м³, дані величини були визначені в умовах хімічного осадження іонів нікелю (II) на лабораторній укрупненій установці, що мала об'єм ємності 0,1 м³, площу фільтрувальної перегородки 0,51 м² та швидкістю подачі осаджувача 0,002 м³/год. З цього можна зробити висновок, що в даних умовах лімітуючою стадією процесу є осадження іонів нікелю (II).

За результатами дослідно-промислових випробувань процесу утилізації відпрацьованих нікельвмісних низькоконцентрованих розчинів було прораховано його матеріальний баланс. Згідно з його результатами було встановлено, що гранична концентрація іонів натрію (I), яка дорівнює 0,29 г/л (при вихідному вмісті іонів натрію (I) у воді для промивання 0,15 г/л), досягається після четвертого циклу промивання виробів.

Була розроблена математична формула, на підставі складеного матеріального балансу, яка дозволяє визначити необхідну кількість додаткової води для зменшення концентрації іонів натрію (I) до рівня, що уникне утворення сольового нальоту на поверхні виробів. Розрахована витрата свіжої води на промивку склала 0,38

м³/год, тоді як до поєднання процесів промивки та утилізації вона становила 1,8 м³/год. Зниження витрати промивної води не спричинило погіршення якості промивки виробів. Подача свіжої води, як і раніше, здійснювалася лише під час промивання виробів. Швидкість виділення іонів нікелю (II) з розчину становила в середньому 1,7 моль/(м³·год). Цикл повного очищення стічної води в промивній каскадній ванні, визначений за зменшенням вмісту іонів Ni²⁺, становив від 40 до 45 хвилин.

Розрахунки показали, що загальна кількість осаджувача становить лише 1,2 рази менше, ніж у випробуваннях на більшому обсязі, за практично однакових складах вихідних розчинів. Це можна пояснити тим, що після першого циклу промивання в розчині залишаються іони осаджувача і, отже, для наступного циклу промивання і утилізації розчину витрата осаджувача знижується. У режимі проведення дослідно-промислових випробувань сольового нальоту на виробках немає. Виходячи з аналізу кінцевих результатів випробувань запропонованої технології, зменшення кількості прісної води, що залучається на стадію промивки, в середньому, склало 65%.

Результати хімічного та рентгеноструктурного аналізу осадів, отриманих при утилізації низькоконцентрованих нікельвмісних розчинів, наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Результати хімічного та рентгеноструктурного аналізу осадів

Хімічний аналіз, % ваг.					Рентгеноструктурний аналіз	
Ni ²⁺	Fe ³⁺	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	д. о.	D, нм
47,8	0,11	23,5	0,5	0,5	0,53	35

Отримані осади можна використовувати як добавку у шихту мартенівського виробництва, як сировину для приготування розчину Ni(NO₃)₂ для виготовлення гетерогенних каталізаторів нанесеного типу, а також як основну сировину для виготовлення каталізаторів змішаного типу після додаткового відмивання для зниження вмісту домішок.

Знешкодження Cr⁶⁺ - вмісних розчинів

Процес хімічної переробки стічних вод із вмістом хрому включає формування малорозчинного хромату барію (II) (BaCrO₄), відокремлення суспензії хромату Ва, сушка BaCrO₄, що утворився та повторне використання очищеної води для промивки виробів та приготування робочих розчинів. Повернення очищеної води на промивку виробів та приготування робочих розчинів є частиною запропонованої схеми.

У дослідно-промислових випробуваннях стічної води із вмістом шестивалентного хрому надходили лише з ділянки хромування. Початковий середній вміст оксиду хрому (VI) у промивній воді складав 0,18 г/дм³ і мав значення водневого показника 4,9 у першій серії, та 0,128 г/дм³ з рН = 5,2 у другій. Збільшення початкової концентрації оксиду Cr (VI) у промивній воді пов'язане зі складністю форми виробів, які промивалися, та необхідністю зменшення витрат свіжої води на промивку. Інші компоненти промивної води не аналізувалися. У обох серіях експериментів початкову воду, що вміщує іони хрому шестивалентного попередньо обробляли до значення водневого показника 10,1-10,3 за допомогою вапняного молока, що не підлягало попередньому освітленню. Потім додавали розчин Ва(ОН)₂ до досягнення водневого показника близько 11,2. Значення температури стічної води на вході та води після очистки складало 19°C. Температури розчинів гідроксиду Ва (II) та гідроксиду Са (II) не вимірялися.

Основні результати проведених дослідно-промислових випробувань представлені в таблиці 2.

Таблиця 2

Результати дослідно-промислових випробувань

Характеристика стічної води		Характеристика стічної води після очистки				Тривалість обробки, хв	Витрата води, л/хв	Дані рентгеноструктурного аналізу, характеристика осаду, долі од.					
Вміст оксиду хрому (VI), г/дм ³	рН	Вміст, г/дм ³			рН			BaCrO ₄	CaCrO ₄	BaSO ₄	CaSO ₄		
		CrO ₃	Ba ²⁺	Ca ²⁺									
Серія № 1	0,179	4,9	0,46	32,2	60,13	10,9	300	9,2	0,821	0,088	0,091	<0,01	
			0,43	33,3	62,12	11,0	90						31,7
			0,47	29,3	64,13	11,1	30						35,0
			0,44	31,1	68,11	11,2	30						30,0
Серія № 2	0,128	5,2	0,51	41,7	76,2	11,0	240	10,0	0,856	0,042	0,067	0,035	
			0,48	48,2	88,3	10,9	600						20,0
			0,50	49,3	95,20	11,0	30						46,7
			0,51	51,5	108,3	11,2	30						45,0

У першій серії експериментів загальний обсяг очищеної води становив 10500 л, а у другій - 17300 л. Після промивки виробів та їх просушки не було виявлено сольового нальоту на їх поверхні. Максимальний вміст солей у очищеній воді становив близько 0,395 г/дм³ у першій серії експериментів і близько 0,660 г/дм³ у другій серії.

Обробка та аналіз отриманих експериментальних даних, дозволили запропонувати наступні режими для стадії промивки виробів: загальна витрата води на промивку не повинна перевищувати значення 1600 л/год, при цьому кількість прісної – свіжої води повинна складати від 600 до 800 л/год, частка очищеної води, що направляється в рецикл складає від 200 до 400 літрів; такі умови відповідають частці оборотної води $\varphi = 0,3 - 0,5$. Обмеження в кількості 1600 л/год загальної витрати води, пов'язано із потребою повного розшарування утвореної суспензії у реакторі-відстійнику, для чого потрібно забезпечити час перебування від 40 хвилин. Мінімальна границя витрати 800 л/год обумовлено необхідністю запобігання утвору на виробих після стадії промивки сольового осаду.

Результати експериментів з промивкою виробів з використанням рециклу частки очищеної води представлені у таблиці 2 (друга серія експерименту). При значенні повної витрати води на промивку 2700-2800 л/год (значення $\varphi \approx 0,45$) спостерігалось явище недостатньо повного розшарування суспензії, як очікувалось. Тому для промивки виробів після електрохімічного хромування використовувалась середня загальна витрата води 1200 л/год, включаючи повернення на промивку 400-500 л/год води після очистки, що відповідає частці оборотної води $\varphi = 0,3-0,4$. Аналіз кінцевих результатів експериментів дослідно-промислової установки показав зменшення витрат прісної води на стадії промивки виробів близько 35%.

Експериментальні дані показують, що в умовах комбінованого процесу значення водневого показника та наявність $\text{Ca}(\text{OH})_2$ є основними параметрами для хімічного осадження хромату барію (II). Зміна цих параметрів значно впливає на фізико-хімічні властивості осаду та ефективність очищення води від іонів хрому (VI). Оптимальними значеннями для осадження хромату барію (II) та сульфату барію (II) є водневий показник у межах 9,5-11,6 з попереднім підвищенням значення рН за допомогою розчину гідроксиду кальцію (II) і додаванням розчину гідроксиду барію (II) до досягнення значення водневого показника на рівні 11,3-12. Для зменшення витрат товарного гідроксиду Ca (II) можна використовувати водний екстракт з шламу содового виробництва без погіршення якості очищення [5, 6].

Аналіз за допомогою рентгеноструктурного та хімічного методів показав, що утворений осад в системі хроматна кислота (H_2CrO_4) – сульфатна кислотна (H_2SO_4) – гідроксид барію ($\text{Ba}(\text{OH})_2$) - гідроксид кальцію ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) – хромат барію (BaCrO_4) – сульфат барію (BaSO_4) - сульфат кальцію (CaSO_4) – оксид водню (НОН), містить у долях од.: 0,718-0,743 хромату Ва; 0,186-0,19 сульфату Ва; 0,027-0,071 хромату Са та до 0,025 сульфату Са. Отриманий осад практично не залежить від реагента, що використовувався для підвищення водневого показника середовища. Осад характеризується однорідністю за гранулометричним складом наведеним нижче:

вміст, % мас.	83	15	1,9
розмір часток, мкм	29	8,3-10,5	1,3-8,3

Осад, який утворюється в результаті застосування розробленої технології реагентного очищення стічних вод із вмістом шестивалентного хрому, відповідає властивостям пігментів, які використовуються для виробництва пасивуючих ґрунтівок та емалей з точки зору їх фізико-хімічних характеристик і технічних вимог

Висновки. Проведеними випробуваннями дослідно-промислових установок показана ефективність реагентного метода очистки металвмісних промивних вод на прикладах відпрацьованих розчинів, що утворюються після процесів нікелювання та хромування.

Зокрема, ефективність підтверджена для стічних вод, що містять сполуки Cr(VI) в діапазоні концентрацій $128 \div 180$ мг/дм³. Передбачена попередня нейтралізація шляхом додавання насиченого розчину $\text{Ca}(\text{OH})_2$ для досягнення значення водневого показника на рівні $10,1 \div 10,3$ та наступного додавання осаджувача - насиченого водного розчину $\text{Ba}(\text{OH})_2$ до значення водневого показника $10,9 \div 11,2$. За таких параметрів в освітлених частинах суспензій вміст сполук, що вміщують шестивалентний хром не перевищує 0,5 мг/дм³. Також підтверджено ефективність очищення стічних вод, що містять сполуки нікелю (II) в діапазоні концентрацій $130 \div 190$ мг/дм³ з використанням в якості осаджувача насиченого розчину кальцинованої соди до рН = $9,5 \div 10,0$, що дозволило досягти залишкової концентрації сполук Ni (II) 0,07 мг/дм³. Підтверджена доцільність автоматичного регулювання витрати реагентів опираючись на значення водневого показника розчинів та суспензій, що утворюються.

Експериментально підтверджена можливість скорочення на 35% витрат свіжої води на промивку виробів після процесу електрохімічного хромування та на 65 % - після процесу нікелювання за рахунок її оборотного використання.

На підставі результатів рентгеноструктурного та хімічного аналізів осадів, утворених в наслідок розроблених технологій реагентного очищення Cr⁶⁺- та Ni²⁺ - вмісних стічних вод, запропоновані шляхи їх подальшого використання.

Отже, розроблені технології дозволяють відновити дорогоцінні метали у вигляді рідкої хімічної продукції, зменшити витрати промивної води та обсяги стічних вод, тим самим покращити екологічну обстановку у промислових районах.

Література

1. Екологічна безпека гальванотехніки. Ч. 1. Стічні води. Механічна та сорбційна очистка: навч. посіб. / М.І. Донченко, С.В. Фроленкова – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 202 с.
2. Пляцук Л.Д., Мельник О. С. Аналіз технологій очистки гальванічних стоків в Україні. Вісник СумДУ. Серія Технічні науки. - 2008. - № 2. – С. 51 – 56.

3. Suvorin A.V., Shorokhov M.N., Ozheredova M.A., Bliznjuk O.N., Ryshchenko I.M., Masalitina N.Yu. Purification of Cr(VI)-containing wastewater by chemical precipitation: test results of an experimental-industrial Installation // *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 2021, No. 3, PP. 121-127.
4. Ожередова М.А., Котлярова М.Г. Установка для знешкодження нікельвмісних промивних вод // *Вісник СХУ*. – Луганськ: СХУ, 2013, № 14 (203). - С. 101 – 104.
5. Патент України на корисну модель 133168, МПК С02F 1/62 (2006.01). Спосіб сумісної утилізації відпрацьованих промивних вод, що містять сполуки шестивалентного хрому, та лужних стічних вод содового виробництва / Шорохов М.М., Суворін О.В., Ожередова М.А., Зубцов Є.І., Барбарук, Л.В., Критська Я.О., Мочалов В.В.; заявник та власник патенту ТОВ «ДАЙМОНТХІМ»; заявл. 22.10.2018, опубл. 25.03.2019, Бюл. № 6.
6. Суворін О.В., Ожередова М.А., Зубцов Є.І., Шорохов М.М. Дослідження процесу сумісної утилізації відпрацьованих промивних вод, що містять сполуки шестивалентного хрому та лужних стічних вод содового виробництва // *Сучасні проблеми технології неорганічних речовин та ресурсозбереження*. Матер. VIII міжн. наук.-техн. конф.: збірник наукових статей – Львів: НТУ «Львівська політехніка», 2021. – С. 117-122.

References

1. Ekologichna bezpeka halvanotekhniki. Ch. 1. Stichni vody. Mekhanichna ta sorbtsiina ochystka: navch. posib. / M.I. Donchenko, S.V. Frolenkova – K.: NTUU «KPI», 2016. – 202 s.
2. Pliatsuk L.D., Melnyk O. S. Analiz tekhnologii ochystky halvanichnykh stokiv v Ukraini. *Visnyk SumDU. Seriya Tekhnichni nauky*. - 2008. - № 2. – S. 51 – 56.
3. Suvorin A.V. Purification of Cr(VI)-containing wastewater by chemical precipitation: test results of an experimental-industrial Installation // Suvorin A.V., Shorokhov M.N., Ozheredova M.A., Bliznjuk O.N., Ryshchenko I.M., Masalitina N.Yu. - *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 2021, No. 3, S. 121-127.
4. Ozheredova M.A., Kotliarova M.H. Ustanovka dlia zneskodzhenia nikelvmisnykh promyvnykh vod // *Visnyk SNU*. – Luhansk: SNU, 2013, № 14 (203). - S. 101 – 104.
5. Patent Ukrainy na korysnu model 133168, MPK S02F 1/62 (2006.01). Sposib sumisnoi utylizatsii vidpratsovanykh promyvnykh vod, shcho mistiat spoluky shestivalentnoho khromu, ta luzhnykh stichnykh vod sodovoho vyrobnytstva / Shorokhov M.M., Suvorin O.V., Ozheredova M.A., Zubtsov Ye.I., Barbaruk, L.V., Krytska Ya.O., Mochalov V.V.; zaiavnyk ta vlasnyk patentu TOV «DAIMONTKHIM»; zaiavl. 22.10.2018, opubl. 25.03.2019, Biul. № 6.
6. Suvorin O.V., Ozheredova M.A., Zubtsov Ye.I., Shorokhov M.M. Doslidzhennia protsesu sumisnoi utylizatsii vidpratsovanykh promyvnykh vod, shcho mistiat spoluky shestivalentnoho khromu ta luzhnykh stichnykh vod sodovoho vyrobnytstva // *Suchasni problemy tekhnologii neorhanichnykh rehovyn ta resursozberezhennia*. Mater. VIII mizhn. nauk.-tekhn. konf.: zbirnyk naukovykh statei – Lviv: NTU «Lvivska politekhnika», 2021. – S. 117-122.

The main results of research tests of the developed technologies and installations for reagent treatment of metal-containing wastewater and washing water, using the example of low-concentration spent solutions of electrochemical nickel plating and chromium plating processes present in the article. The proposed technologies provide full or partial return of purified water for washing products after the stage of applying a metal coating on them and for preparing working solutions – precipitants. When disposing of spent solutions of nickel plating processes, a saturated solution of soda ash at 200C was used as a precipitant; for chromium-containing wastewater, a saturated solution of barium hydroxide (II) with preliminary alkalizing of the original wastewater. Tests have confirmed the possibility of automatic dosing of reagents depending on the pH of the medium, which can be used for both continuous and periodic washing processes. A mode of washing products after the processes of electrochemical nickel plating and chrome plating is proposed. The length of time during which it is possible to wash products without updating the volume of the bath is determined. Calculations carried out based on the results of the tests substantiated the possibility of reducing the consumption of fresh water supplied for washing, due to the reversible use of purified water without worsening the results of washing products. Practically confirmed reduction of water consumption for washing in the amount of 35% after the process of electrochemical chromium plating and in the amount of 65% after the process of nickel plating from the regulated values. Based on the results of the chemical and X-ray structural analysis of the sediments obtained during the disposal of washing waters after the processes of electrochemical nickel plating and chromium plating, ways of their further use are proposed.

Keywords: nickel- and chromium-containing wastewater, pH of the environment, reagents, dosing, cleaning, residual concentration, washing modes, reduction of water consumption

Ожередова М.А., к.т.н., доцент кафедри хімічної інженерії та екології Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля, ozheredova@snu.edu.ua

Кравченко І.В., к.т.н., доцент кафедри хімічної інженерії та екології Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля, kravchiv@snu.edu.ua

Зубцов Є.І., к.т.н., доцент кафедри хімічної інженерії та екології Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля, zubcov@snu.edu.ua