УДК 622:628.34:628.387
DOI: 10.31471/2415-3184-2020-2(22)-97-106

Д. В. Кулікова, О. С. Ковров
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД ГАЛЬВАНІЧНИХ ЦЕХІВ ПІДПРИЄМСТВ ВУГІЛЬНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

Гальванічне виробництво відноситься до числа найбільш небезпечних. Оскільки підприємства характеризуються значним різноманіттям технологічних процесів, складом розчинів та електролітів, широкою гамою деталей, що оброблюються, то й утворюються стічні води достатньо різноманітні як за якісним, так і за кількісним складом.

Діючі в країні цеха та ділянки побудовані за однією технологією та вирішують тільки задачу нанесення покриття або обробки поверхні металу, практично не враховуючи процесів видалення іонів важких металів зі стічних вод, утилізації гальванічних відходів і захисту навколишнього природного середовища. Багато підприємств до сих пір використовують старі та вже не ефективні процеси очищення, а іноді й не мають очисних споруд взагалі, що призводить до потрапляння неочищених і недостатньо очищених стічних вод в поверхневі водойми.

Кардинальне вирішення проблеми забруднення водних ресурсів полягає в розробці та впровадженні замкнутих водооборотних циклів і ресурсозберігаючих технологічних процесів, що дозволяють повертати цінні компоненти у виробництво, виключаючи скид забруднених стічних вод у водні об'єкти, що є економічно виправданим і екологічно перспективним.

Удосконалено існуючу технологічну схему очистки стічних вод гальванічних цехів підприємств вугільного машинобудування на основі їхнього доочищення методом іонного обміну. Запропоновано на завершальному етапі очищення стічних вод встановити іонообмінні фільтри. Впровадження запропонованої вдосконаленої технологічної схеми очистки стічних вод значно знижує вміст сполук важких металів та інших забруднюючих речовин до нормативів якості води, що дозволяє створити на виробництві систему замкнутого водообороту, тобто повернути до 95% доочищеної води на власні виробничі потреби (приготування розчинів і електролітів, промивні операції тощо).

Ключові слова: вугільне машинобудування, гальванічний цех, стічні води, сполуки важких металів, іонообмінні фільтри, замкнутий водооборот

Постановка проблеми. Вугільне машинобудування є однією з ключових галузей гірничо-металургійного комплексу. Ці підприємства виготовляють гірничошахтне устаткування для всього технологічного циклу видобутку вугілля та електротехнічне обладнання до нього.

У вугільному машинобудуванні основними джерелами забруднення поверхневих водойм є процеси, що пов’язані з підготовкою та обробкою поверхні виробів хімічними та електрохімічними методами: травлення і гальванотехнічні процеси. При цьому, травильні та гальванічні відділення утворюють до 60% виробничо-технічних стічних вод.

Забруднені виробничі стоки становлять загрозу для стану водних об'єктів, тому що містять високотоксичні речовини, серед яких найбільш небезпечними є сполуки важких металів. Останні, потрапляючи в природні водойми і взаємодіючи з іншими елементами, утворюють надзвичайно токсичні сполуки, навіть незначні кількості яких можуть призвести до несприятливих наслідків для здоров'я людини і стану навколишнього середовища. Важкі метали, включаючись в харчовий ланцюг, здатні концентруватися в організмах до кількостей, які в сотні й тисячі разів перевищують їхній вміст в природному середовищі. Слід зазначити й те, що метали мають яскраво виражений ефект сумації, через що спільна присутність кількох елементів підсилює їхню токсичну дію в кілька разів [1-3].

Питання запобігання забрудненню водойм стічними водами тісно пов'язані зі скороченням споживання води на технологічні потреби виробництва і, відповідно, скороченням скиду стічних вод. Один з найбільш раціональних способів для досягнення цієї мети – використання очищених стічних вод в обороті.

Керуючись економічними та екологічними міркуваннями можна організувати замкнутий водооборот промислового виробництва з поверненням до 85-95% очищених стічних вод. Тому кардинальне вирішення проблеми забруднення водних ресурсів полягає в розробці та

впровадженні замкнутих водооборотних циклів і ресурсозберігаючих технологічних процесів, що є економічно виправданим і екологічно перспективним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемі очищення стічних вод гальванічних цехів підприємств машинобудування присвячено багато наукових праць [4-18]. В основному всі роботи присвячені реагентним і сорбційним методам очищення стічних вод від іонів важких металів. До недоліків роботи очисних споруд гальванічного виробництва слід віднести великі витрати реагентів та економічні витрати на їхню закупівлю, потребу в значних площах для реагентного господарства, вторинне забруднення очищених стічних вод, не можливість забезпечення дотримання вимог граничнодопустимих концентрацій при скиді очищених стічних вод у водойми рибогосподарського призначення.

З аналізу літературних джерел, присвячених проблемам очищення стічних вод гальванічних цехів підприємств вугільного машинобудування, випливає що кожен із зазначених методів, поряд з позитивними сторонами, відрізняється специфічними недоліками, що обумовлює необхідність подальшого пошуку економічно раціональних і ресурсозберігаючих методів і технологій очищення забруднених іонами важких металів стічних вод. Розробка і впровадження нових технологій дозволять мінімізувати вплив забруднених стічних вод на водне середовище і якісно проводити їх очищення з метою повторного використання в технологічному циклі.

Постановка завдання. Метою роботи є удосконалення технологічної схеми очистки стічних вод гальванічних цехів підприємств вугільного машинобудування на основі їхнього доочищення методом іонного обміну для зниження вмісту забруднюючих речовин до норм, що дозволяють знов повертати очищену воду в технологічний процес.

Виклад основного матеріалу. Гальванічне покриття металу – це прекрасний спосіб уникнути багатьох проблем та збільшити термін служби устаткування, агрегатів та інших пристроїв. Нанесення гальванічного покриття являє собою електрохімічний процес, при якому відбувається осадження шару металу на поверхні виробу [19].

Гальванічні покриття підвищують твердість і зносостійкість поверхні виробів, інструменту, відновлюють зношені деталі. Широко застосовуються для захисту від корозії і з метою декоративної обробки поверхні виробів.

Кожен технологічний процес гальванічного нанесення металевих покриттів складається з ряду окремих операцій. Після кожної операції виріб промивають у холодній проточній воді, а після обробки в лужних розчинах – послідовно в гарячій і холодній воді. На заключній стадії обробки виріб послідовно промивається в холодній і гарячій воді та сушиться.

Таким чином, гальванічне виробництво нерозривно пов'язане зі скидом відпрацьованих промивних вод. Питомі витрати води залежать від застосовуваного обладнання та коливаються в широкому діапазоні від 0,2 до 2,3 м³ на 1 м² оброблюваної поверхні [20].

Стічні води гальванічних виробництв поділяються на такі основні категорії [21]:

1) чисті, від охолодження технологічного обладнання (50-80% від загальної кількості стоків);
2) забруднені механічними домішками й маслами (10-15%);
3) забруднені кислотами, лугами, солями, сполуками хрому, цинку, міді, нікелю, ціану та іншими хімічними речовинами (50-80%);
4) відпрацьовані мастильно-охолоджувальні рідини (МОР) або емульсії (1-2%);
5) забруднені пилом вентиляційних систем і горілою землею ливарних цехів (10-20%);
6) поверхневі (дощові, талі, поливально-мийні).

Сполуки важких металів можуть перебувати в стічних водах практично всіх категорій, але найбільша їхня кількість знаходиться у водах третьої та четвертої категорій. Важкі метали можуть потрапляти в стічні води з технологічних розчинів, як продукти деструкції оброблюваних деталей і інструменту, при промиванні обладнання та виробів.

Стічні води третьої категорії утворюються в процесі хімічної та електрохімічної обробки виробів. Вони містять важкі метали переважно у вигляді хімічних сполук, як правило, розчинних.

Стічні води четвертої категорії утворюються при механічній обробці виробів. Основна маса важких металів знаходиться в них у вигляді дрібнодисперсних суспензій, але частина може перебувати у вигляді розчинних сполук.

Згрупувавши забруднення за характерними ознаками і специфічними способами їхнього знешкодження, стічні води гальванопокриття можна розділити на наступні потоки [22]:

– кислотно-лужні, концентровані та промивні (65-80%);

- хромовмісні (5-40%);
- ціановмісні (5-10%);
- фторовмісні (3-5%).

Склад забруднень в стічних водах гальванопокриття за цією класифікацією наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Склад забруднень в стічних водах гальванопокриття [22]

Група стічних вод	Основні технологічні процеси утворення стічних вод	Склад забруднень	pH
Кислотні	Попереднє травлення, кисле міднення, нікелювання, цинкування	H_2SO_4, HCl, HNO_3, H_3PO_4 та інші	<6,5
Лужні	Знежирювання	NaOH, KOH, $Ca(OH)_2$ та інші	>8,5
Стічні води, що містять солі важких металів	Поверхнева металообробка та нанесення гальванопокриття	Fe^{2+}, Fe^{3+}, Zn^{2+}, Al^{3+}, Cu^{2+} та інші	<6,5
Ціановмісні	Ціаністе міднення, цинкування, кадміювання, сріблення	KCN, NaCN, CuCN, $Fe(CN)_2$, $[Cu(CN)_2^-$, $[Cu(CN)_4]_3$, $[Zn(CN)4]^{2-}$ та інші	2,8-11,5
Хромовмісні	Хромування, пасивація, травлення деталей зі сталі та інше	Cr^{3+}, Cr^{6+}	2,3-8,8

Виходячи з даних табл. 1, можна зазначити, що кількісний і якісний склад стоків залежить від застосовуваної схеми й витрат води на промивання. Отже раціоналізація водоспоживання через вибір застосовуваного обладнання та схем промивання визначає об'єм, кількісний і якісний склад промивних і стічних вод, а, відповідно, і склад очисного обладнання, ефективність його роботи.

У сучасному виробництві використовується широка номенклатура технологічних процесів, пов'язаних з використанням води та утворенням забруднених стічних вод, основна маса яких не може бути скинута в міську систему каналізації або у водойми без попереднього очищення на локальних очисних спорудах.

На досліджуваному підприємстві здійснюється спільне очищення відпрацьованих розчинів і промивних вод, що утворюються при проведенні різних гальванічних операцій. Кількість гальванічних стічних вод складає 2880 $м^3$/добу.

Вміст іонів важких металів у стічних водах становить (мг/л): міді – 11,27; нікелю – 0,94; цинку – 65,69; хрому – 2,57. Концентрації аніонів у стічних водах, відповідно, дорівнюють (мг/л): сульфатів SO_4^{2-} – 65; хлоридів Cl^- – 59; фосфатів PO_4^{3-} – 0,5.

На очисних спорудах виробництва застосовується реагентний сорбційно-гідролітичний метод знешкодження гальванічних стоків, заснований на застосуванні двохвалентного заліза, отриманого від одного з корпусів підприємства електрокоагуляційним методом.

Кислотно-лужні та хромовмісні стічні води надходять до усереднювача, звідки прямують до баків-реакторів (ємності каскадного очищення), куди додається коагулянт і повітря для перемішування стічних вод. У випадку відсутності відпрацьованого розчину хлориду заліза в ємності коагулянту, остання заповнюється двохвалентним залізом, що отримується за рахунок анодного розчину залізних електродів під впливом постійного електричного струму в електрокоагуляторі, в якому також здійснюється відновлення іонів хрому. З проміжної ємності (куди додається вапняне молоко для підлужування стоків і флокулянт для прискорення процесу осадження й укрупнення частинок) знешкоджені від солей важких металів стоки насосами надходять до відстійника.

Для зниження вологості осаду, що утворюється в процесі відстоювання, його направляють на барабанний вакуум-фільтр, після якого утворений фільтрат повертають у відстійник для подальшого осадження.

Отриманий шлам, що складається з суміші феритів міді, цинку, нікелю та хрому, з вологістю близько 70% (за масою), направляється на полігон для захоронення.

Відстояні знешкоджені стоки, пройшовши касетний фільтр, скидаються в міську систему водовідведення.

Величини концентрацій забруднюючих речовин у стічних водах гальванічного виробництва, що пройшли очищення за існуючою технологічною схемою, наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Концентрації забруднюючих речовин до та після очищення стічних вод гальванічного виробництва за існуючою технологічною схемою

Іон-забруднювач	Концентрація іона-забруднювача у воді, мг/дм³:		Тимчасово узгоджена концентрація іона-забруднювача у воді, що скидається в міську каналізацію, мг/дм³
	до очищення	після очищення	
Cu^{2+}	11,27	0,1	0,005
Ni^{2+}	0,94	0,009	0,003
Zn^{2+}	65,69	0,7	0,030
Cr^{3+}	2,57	0,07	0,0001
SO_4^{2-}	65	65	100
Cl^-	59	59	101
PO_4^{3-}	0,5	0,5	0,2

Як видно з табл. 2, необхідний ефект очищення стічних вод гальванічного виробництва не досягається при роботі очисних споруд за існуючою технологічною схемою. До недоліків роботи очисних споруд підприємства за такою технологічною схемою слід віднести великі витрати реагентів та економічні витрати на їхню закупівлю, потреба в значних площах для реагентного господарства, вторинне забруднення очищених стічних вод. Крім того, існуюча технологічна схема не передбачає очищення стічних вод від аніонів.

Загальні вимоги до якості технічної води для приготування технологічних розчинів, електролітів і промивних операцій в гальванічному виробництві, способам її раціонального використання і застосування маловодних і маловідходних схем промивань встановлені відповідно до ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001 [23]. Виконання вимог даного стандарту забезпечує скорочення витрат води, реагентів при знешкодженні гальванічних стоків і зниження навантаження на очисні споруди.

Технічна вода в гальванічному виробництві в залежності від галузі застосування поділяється на три категорії (табл. 3).

Таблиця 3

Напрями застосування технічної води в гальванічному виробництві [23]

Категорія води	Галузь застосування	Додаткові вказівки
I	Промивання деталей в операціях підготовки поверхні до покриття, крім II-ої та III-ої категорій	-
II	Приготування електролітів і промивання у всіх випадках, крім зазначених для вод III-ої категорії	Вода, що використовується на промивання, може бути застосована повторно, як вода I-ої категорії
III	Приготування електролітів і промивання перед обробкою в електролітах (розчинах), складених на воді III-ої категорії, а також при спеціальних вимогах до якості і зовнішньому вигляді, для особливо відповідальних деталей	Вода, що використовується на промивання, може бути застосована повторно, як вода I-ої та II-ої категорій

У гальванічному виробництві слід застосовувати системи багаторазового використання води, які в потрібних випадках забезпечують очищення води до необхідної якості і (або) рекуперацію цінних компонентів.

Виходячи з вимог, що пред'являються до якості технічної води для гальванічного виробництва, розроблена вдосконалена технологічна схема очистки стічних вод, що заснована на доповненні діючої технологічної схеми стадією доочищення методом іонного обміну.

Іонообмінне очищення застосовується для вилучення зі стічних вод гальванічних виробництв солей важких, лужних і лужноземельних металів (цинку, міді, хрому, нікелю, свинцю,

кадмію тощо), вільних мінеральних кислот і лугів, а також деяких органічних речовин. Цей метод очищення дозволяє вилучати цінні речовини при високому ступені очищення води [24, 25].

Запропонована багатостадійна схема комплексного очищення стічних вод гальванічних виробництв включає традиційні, легко реалізовані, маловитратні методи, такі як:

– Реагентна обробка, як найпоширеніший спосіб очищення стоків, де двоступеневою реагентною обробкою здійснюється коригування pH гальванічних стоків для переведення важких металів в нерозчинну гідроокисну форму. При обробці стічних вод реагентами відбувається їхня нейтралізація та знебарвлення.

– Механічне очищення – флотація, відстоювання, фільтрування. Метод дозволяє відокремити нерозчинні домішки, що утворюються. За вартістю механічні методи очищення відносяться до одних з найдешевших.

– Фільтрація води, що очищується, через напірні осадові, сорбційні та іонообмінні фільтри. На даній стадії з води видаляються завислі частинки, які залишилися, органічні сполуки, іони важких металів, нітрати, сульфати, хлориди тощо. Відбувається знесолення води та її знебарвлення.

– Збір і зневоднення шламів. Шлам збирається в поліпропіленові мішки та утилізується спеціальними підприємствами з утилізації.

Основна мета запропонованих методів – зниження вмісту важких металів до значень гранично допустимих концентрацій, що дозволяє здійснювати скид очищеної води в міську каналізацію або повернення очищеної води у гальванічне виробництво.

Удосконалену технологічну схему очистки стічних вод гальванічного виробництва на основі їхнього доочищення методом іонного обміну наведено на рис. 1.

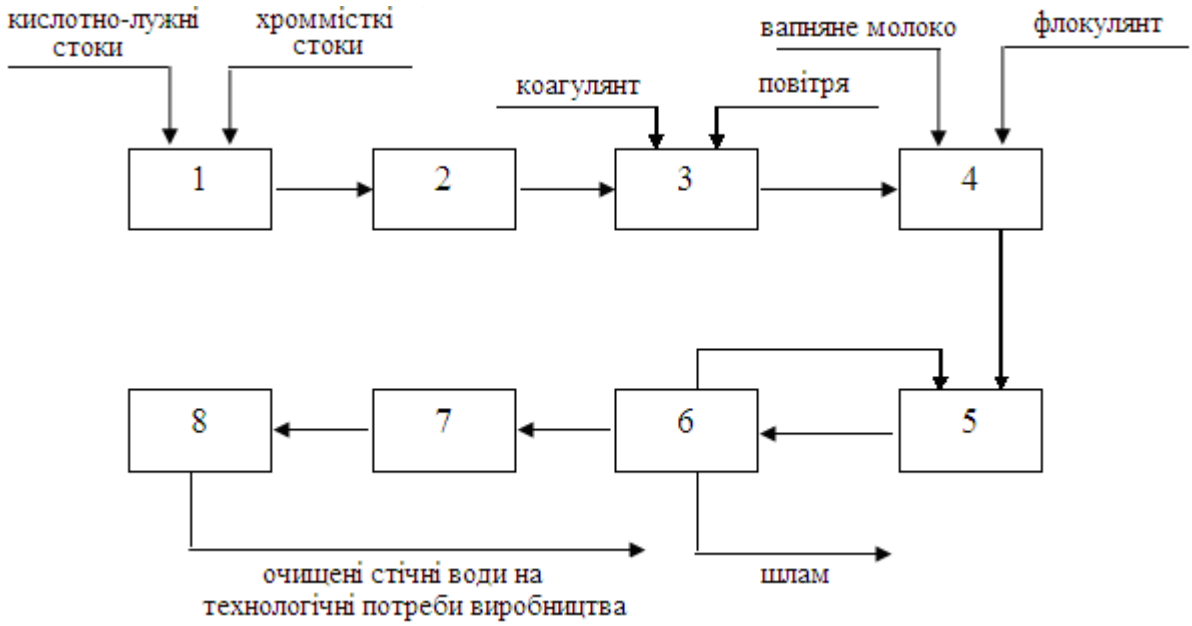


Рис. 1. Удосконалена технологічна схема очистки стічних вод гальванічного виробництва на основі їхнього доочищення методом іонного обміну (1 – усереднювач; 2 – електрокоагулятор; 3 – баки-реактори; 4 – проміжна ємність; 5 – відстійник; 6 – вакуум-фільтр; 7 – катіонітові фільтри; 8 – аніонітові фільтри)

Стічна вода після очисних споруд гальванічного підприємства подається на іонообмінні фільтри – катіонітові *7* і аніонітові *8*, після яких знов повертається на очисні споруди. Для забезпечення необхідної якості води з метою її повернення в технологічний процес з найменшими капітальними та експлуатаційними витратами передбачається схема водопідготовки – доочищення на Н-катіонітових і ОН-аніонітових протиточних фільтрах за технологією *UP.CO.RE*.

У фільтрі, який працює за цією технологією, вода, що обробляється, рухається зверху вниз, регенераційні розчин – знизу вгору. Технологія має всі переваги протиточних технологій і в той же час позбавлена недоліків.

Описані властивості протиточних технологій і деякі інші, що тут не зазначені, забезпечують такі показники (в порівнянні з паралельно-точною технологією):

– зменшення кількості фільтрів, що експлуатуються, в 1,5-2,5 рази (швидкість фільтрування води до 40-50 м/годину);

– зменшення витрат реагентів приблизно в 2 і більше разів (питомі витрати кислоти 1,3-1,6 моль/моль, луги 1,4-1,5 моль/моль, натрій хлориду 1,2-1,3 моль/моль);

– збільшення майже в два рази робочої обмінної ємності фільтра за рахунок властивостей іонітів і можливості майже повністю заповнювати фільтр іонітом;

– зменшення витрат води на власні потреби приблизно вдвічі і, отже, зменшення вдвічі кількості стічних вод;

– нормативна якість очищеної води, що отримується при одноступінчатому фільтруванні, не гірше (а іноді навіть і краще), ніж при двохступінчатому фільтруванні.

В якості катіоніту, що використовується в протиточних іонообмінних фільтрах ФІПр, застосовується катіоніт марки КУ-2-8 [26, 27]. Катіоніт даного типу відрізняється механічною міцністю, осмотичною стабільністю і високою хімічною стійкістю до дії лугів, кислот, окислювачів. Не розчиняється у воді та органічних розчинниках. Неплавкий, негорючий, вибухобезпечний, неотруйний, радіоактивних і озоновмісних речовин позбавлений. Стійкий до дії високих (110-120°С) температур. Його обмінна ємність мало залежить від pH середовища.

В якості аніоніту, що використовується в протиточних іонообмінних фільтрах ФІПр, застосовується аніоніт марки АВ-17-8 [28].

Для підвищення механічної очистки стічних вод доцільно використовувати сучасні високоефективні відстійники механічної очистки з ефективністю понад 90-97% за вмістом завислих речовин [29].

Величини концентрацій забруднюючих речовин в доочищеній воді за запропонованою вдосконаленою технологічною схемою та відсоткове зниження кількості забруднювача у співвідношенні до його нормативних значень наведено в табл. 4 та рис. 2.

Таблиця 4

Концентрації забруднюючих речовин до та після очищення стічних вод гальванічного виробництва за запропонованою вдосконаленою технологічною схемою

Іон-забруднювач	Концентрація іона-забруднювача у воді, мг/л		Норматив для технічної води ІІІ-ої категорії, згідно з [23], мг/л
	до очищення	після доочищення	
Cu^{2+}	11,27	0,001	0,02
Ni^{2+}	0,94	-	-
Zn^{2+}	65,69	0,007	0,2
Cr^{3+}	2,57	-	-
SO_4^{2-}	65	0,007	0,5
Cl^-	59	0,006	0,02
PO_4^{3-}	0,5	-	1,0

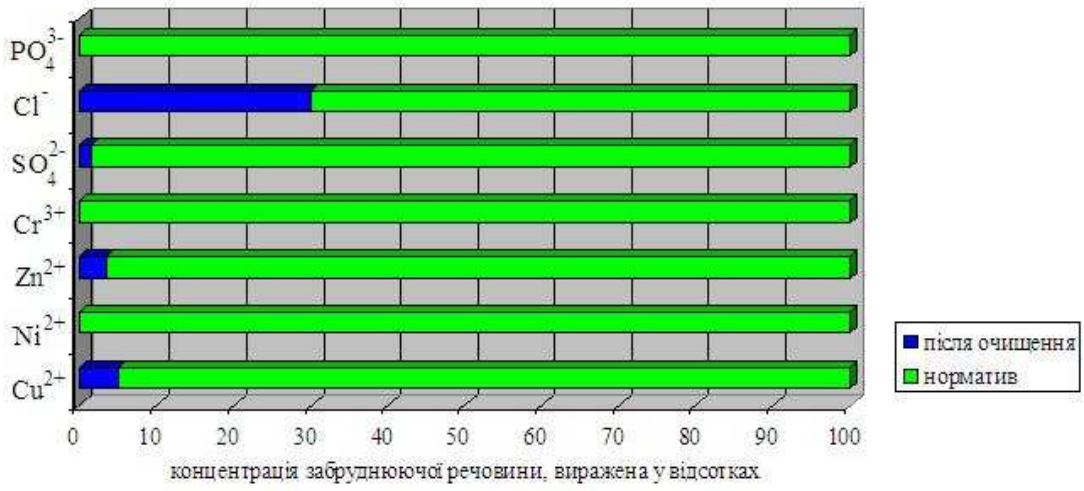


Рис. 2. Відсоткове зниження концентрації забруднюючої речовини у співвідношенні до її нормативного значення після вдосконалення технологічної схеми очищення стічних вод гальванічного виробництва

Виходячи з даних табл. 4, можна зробити висновок, що ефективність очищення стічних вод гальванічного виробництва на іонообмінних фільтрах від катіонів і аніонів складає 99,99% від вихідної концентрації іонів-забруднювачів. При цьому концентрація забруднюючих речовин після доочищення за запропонованою вдосконаленою технологічною схемою не перевищує нормативів, які пред'являються до технічної води 3-ої категорії згідно зі стандартом ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001. Це дозволить створити на підприємстві систему замкнутого водообороту, внаслідок чого на власні виробничі потреби буде повертатися до 95% очищеної води для приготування електролітів і промивання перед обробкою в електролітах (розчинах).

Висновки. У роботі вирішена актуальна практична задача, що полягає в удосконаленні технологічної схеми очистки стічних вод гальванічних цехів підприємств вугільного машинобудування за рахунок встановлення на завершальному етапі очищення Н-катіонітових та ОН-аніонітових фільтрів. Впровадження запропонованої вдосконаленої технологічної схеми очистки стічних вод на підприємстві значно знижує вміст сполук важких металів та інших забруднюючих речовин до нормативів ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001 «Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, воді водоймищ, ґрунті», що дозволяє створити на виробництві систему замкнутого водообороту, внаслідок чого на власні технологічні потреби повертається до 95% доочищеної води. Це значно знижує навантаження на навколишнє природне середовище. Крім того, підвищується рівень екологічної безпеки підприємства, оскільки виключається скид стічних вод до міських каналізаційних очисних споруд.

Література

1 Kulikova, D.V. & Pavlychenko, A.V. (2016). Estimation of ecological state of surface water ponds in coal mining regions as based on the complex of hydrochemical indicators. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. 4:62-70.

2 Кулікова Д.В. Визначення рівня екологічної безпеки поверхневих водойм вугледобувного регіону за комплексом гідрохімічних показників якості води. Екологічна безпека та природокористування. 2016. №3-4. С. 70-80.

3 Kulikova, D.V., Kovrov, O.S., Buchavy, Yu.V. & Fedotov, V.V. (2018) GIS-based Assessment of the Assimilative Capacity of Rivers in Dnipropetrovsk Region. Journal of Geology, Geography and Geoecology. 27(2):274-285. doi:10.15421/111851.

4 Kobya, M., Erdem, N. & Demirbas, E. (2014) Treatment of Cr, Ni and Zn from galvanic rinsing wastewater by electrocoagulation process using iron electrodes. Desalination and Water Treatment. 56(5):1191-1201. DOI:10.1080/19443994.2014.951692.

5 Большаніна С.Б., Гурець Г.М., Балабуха Д.С., Міляєва Д.В. Очищення стічних вод гальванічних виробництв сорбційними методами. Екологічна безпека. 2014. Вип. 1. С. 114-118.

6 Сакалова Г.В., Свергузова С.В., Мальованый М.С. Эффективность очистки сточных вод гальванического производства адсорбционным методом. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №4. С. 153-156.

7 Sawalha, H., Al-Jabari, M., Tamimi, I., Shahin, M. & Tamimi, Z. (2016) Characterization and Treatment of Wastewater from Galvanization Industry in Palestine. International Journal of Environment & Water. 5(3):37-44.

8 Исхакова И.О., Ткачева В.Э. Инновационные методы очистки сточных вод современного гальванического производства. Вестник технологического университета. 2016. Т19. №10. С. 143-146.

9 Халтурина Т.И., Чурбакова О.В., Бобрик А.Г. Интенсификация процессов очистки сточных вод гальванического производства предприятий машиностроительного профиля. Вестник Иркутского государственного технического университета. 2016. №4 (111). С. 178-186.

10 Latha, A. (2017) Treatment of Galvanized Waste Water by Membrane Distillation with Natural Adsorbent: A Review. International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science. 04(03):4988-4993. DOI:10.18535/ijetst/v4i3.01.

11 Makisha, N. & Yunchina, M. (2017) Methods and solutions for galvanic waste water treatment. MATEC Web of Conferences 106, 07016. DOI:10.1051/matecconf/201710607016.

12 Al-Qodah, Z. & Al-Shannag, M. (2017) Heavy metal ions removal from wastewater using electrocoagulation processes: A comprehensive review. Separation Science and Technology. 52(2010). DOI:10.1080/01496395.2017.1373677.

13 Sezgin, N. & Balkaya, N. (2017) Removal of heavy metal ions from electroplating wastewater. Desalination and Water Treatment. 93:257-266. DOI:10.5004/dwt.2017.21493.

14 Василенко О.А., Василенко Л.О. Гальванокоагуляція як універсальний метод очищення стічних вод від іонів важких металів. Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. 2017. Вип. 28. С. 48-52.

15 Мовчан С.І., Болтянський О.В., Болтянська Н.І. Щодо питання очищення і знешкодження стічних вод гальванічного виробництва електрофлотокоагуляційною установкою. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Технічні науки. 2017. Вип. 17. Т. 3. С. 91-98.

16 Witt, K. & Radzyminska-Lenarcik, E. (2018) The recovery and the separation of metal ions from galvanic wastewaters. Desalination and Water Treatment. 128:148-154. DOI:10.5004/dwt.2018.22629.

17 Трус І.М., Гомеля М.Д., Мельниченко Є.В., Мігранова В.О. Очищення води від іонів важких металів відстоюванням, нанофільтруванням та флотацією. Технічні науки та технології. 2019. №1 (15). С. 204-213.

18 Петрушка І.М., Петрушка К.І. Очищення стічних вод від іонів нікелю. Collection of scientific papers Л´ОГОΣ. Public communication in science: philosophical, cultural, political, economic and IT-context. 2020. Volume 2. pp. 83-85.

19 Гамбург Ю.Д. Гальванические покрытия. Справочник по применению. М.: Техносфера, 2006. 216 с.

20 Виноградов С.С. Организация гальванического производства. Оборудование, расчёт производства, нормирование. М.: Глобус, 2005. 240 с.

21 Найденко В.В., Губанов Л.Н., Кнохинов Б.И., Романов А.Ф., Зверев Ю.П. Научно-экономический анализ систем очистки сточных вод гальванических производств. Научно-технический отчет. Нижний Новгород: Межведомственный инженерный центр “Безотходная технология”. 1993. 347 с.

22 Колесников В.А., Ильин В.И. Экология и ресурсосбережение в электрохимических производствах. Механические и физико-химические методы очистки промывных и сточных вод: учебное пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2004. 220 с.

23 Державні санітарні норми та правила «Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, воді водоймищ, ґрунті» (ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001). Постанова Головного державного санітарного лікаря України від 20.09.2001. №137. 376 с.

24 Яцков М.В., Корчик Н.М., Бєлікова С.В. Фізико-хімічні особливості процесу йонного обміну в комбінованих системах очищення стічних вод гальванічного виробництва. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Технічні науки. 2013. Вип. 3. С. 101-108.

25 Яцков М.В., Корчик Н.М., Кирилюк С.В. Кінетичні дослідження йонного обміну в системі «йоніт-розчин» при очищенні стічних вод гальванічного виробництва. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Технічні науки. 2014. Вип. 2. С. 293-300.

26 Гомеля М., Трохименко Г., Глушко О. Вплив іонів жорсткості на сорбцію важких металів на катіоніті. Технічні науки та технології. 2018. №1. С. 214-223.

27 ГОСТ 20298-74 Смолы ионообменные. Катиониты. Технические условия (Смоли іонообмінні. Катіоніти. Технічні умови) М.: ИПК изд-во стандартов. 1974. 15 с.

28 ГОСТ 20301-74 Смолы ионообменные. Аниониты. Технические условия (Смоли іонообмінні. Аніоніти. Технічні умови). М.: Госстандарт России. 1974. 24 с.

29 Kolesnyk, V., Kulikova, D., Kovrov, S. (2013). In-stream settling tank for effective mine water clarification In: Annual Scientific-Technical Collection “Mining of Mineral Deposits”. CRC Press/Balkema, Netherlands; Taylor & Fransis Group, London, UK. P. 285-289.

D. Kulikova, O. Kovrov

National Technical University «Dnipro Polytechnic»

IMPROVING THE TECHNOLOGICAL PROCEDURE FOR THE PLATING WASTEWATER TREATMENT OF COAL MECHANICAL ENGINEERING ENTERPRISES

Plating is considered to be one of the most dangerous industries. Since the enterprises are characterized by a wide range of technological processes, composition of solutions and electrolytes, and

processed mechanical parts, it results in producing wastewaters that are quite diverse in the qualitative and quantitative composition.

The plating plants and sites, operating in the country, are built according to the same technology and perform only the plating or metal-surface treatment, almost without taking into consideration the issues of removing heavy-metal ions from wastewater, plating waste disposal and environmental protection. Many enterprises still use out-of-date and no longer efficient processes for water treatment, and sometimes do not have any treatment wastewater facilities at all, which leads to the discharge of untreated and insufficiently treated wastewaters into surface watercourses.

The fundamental solution to the problem of water pollution consists in the development and implementation of closed water circulation and resource-saving technological processes that help to return valuable components into manufacture, excluding the discharge of polluted wastewaters into water bodies, which is economically and environmentally justified.

The existing technological procedure for the plating wastewater treatment of coal mechanical engineering enterprises has been improved on the basis of their post-treatment by the ion exchange method. It is proposed to install ion exchange filters at the final stage of wastewater treatment. The implementation of the proposed and improved technological procedure of wastewater treatment significantly reduces the content of heavy metal compounds and other pollutants according to the national water quality standards, which helps to create a closed water circulation system, and return up to 95% of polished water for the enterprise's production needs (preparation of solutions for electrolytes, flushing operations, etc.).

Key words: coal mechanical engineering, plating plant, wastewater, heavy metal compounds, ion exchange filters, closed water circulation.

References

1 Kulikova, D.V. & Pavlychenko, A.V. (2016). Estimation of ecological state of surface water ponds in coal mining regions as based on the complex of hydrochemical indicators. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. 4:62-70.

2 Kulikova D.V. Vyznachennia rivnia ekolohichnoi bezpeky poverkhnevykh vodoim vuhledobuvnoho rehionu za kompleksom hidrokhimichnykh pokaznykiv yakosti vody. Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia. 2016. №3-4. S. 70-80.

3 Kulikova, D.V., Kovrov, O.S., Buchavy, Yu.V. & Fedotov, V.V. (2018) GIS-based Assessment of the Assimilative Capacity of Rivers in Dnipropetrovsk Region. Journal of Geology, Geography and Geoecology. 27(2):274-285. doi:10.15421/111851.

4 Kobya, M., Erdem, N. & Demirbas, E. (2014) Treatment of Cr, Ni and Zn from galvanic rinsing wastewater by electrocoagulation process using iron electrodes. Desalination and Water Treatment. 56(5):1191-1201. DOI:10.1080/19443994.2014.951692.

5 Bolshanina S.B., Hurets H.M., Balabukha D.S., Miliaieva D.V. Ochyshchennia stichnykh vod halvanichnykh vyrobnytstv sorbtsiinymy metodamy. Ekolohichna bezpeka. 2014. Vyp. 1. S. 114-118.

6 Sakalova G.V., Sverguzova S.V., Malovanyiy M.S. Effektivnost ochistki stochnyh vod galvanicheskogo proizvodstva adsorbtsionnyim metodom. Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova. 2014. #4. S. 153-156.

7 Sawalha, H., Al-Jabari, M., Tamimi, I., Shahin, M. & Tamimi, Z. (2016) Characterization and Treatment of Wastewater from Galvanization Industry in Palestine. International Journal of Environment & Water. 5(3):37-44.

8 Ishakova I.O., Tkacheva V.E. Innovatsionnyie metody ochistki stochnyh vod sovremennogo galvanicheskogo proizvodstva. Vestnik tehnologicheskogo universiteta. 2016. T.19. #10. S. 143-146.

9 Halturina T.I., Churbakova O.V., Bobrik A.G. Intensifikatsiya protsessov ochistki stochnyh vod galvanicheskogo proizvodstva predpriyatiy mashinostroitelnogo profilya. Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. 2016. #4 (111). S. 178-186.

10 Latha, A. (2017) Treatment of Galvanized Waste Water by Membrane Distillation with Natural Adsorbent: A Review. International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science. 04(03):4988-4993. DOI:10.18535/ijetst/v4i3.01.

11 Makisha, N. & Yunchina, M. (2017) Methods and solutions for galvanic waste water treatment. MATEC Web of Conferences 106, 07016. DOI:10.1051/matecconf/201710607016.

12 Al-Qodah, Z. & Al-Shannag, M. (2017) Heavy metal ions removal from wastewater using electrocoagulation processes: A comprehensive review. Separation Science and Technology. 52(2010). DOI:10.1080/01496395.2017.1373677.

13 Sezgin, N. & Balkaya, N. (2017) Removal of heavy metal ions from electroplating wastewater. Desalination and Water Treatment. 93:257-266. DOI:10.5004/dwt.2017.21493.

14 Vasylenko O.A., Vasylenko L.O. Halvanokoahuliatsiia yak universalnyi metod ochyshchennia stichnykh vod vid ioniv vazhkykh metaliv. Problemy vodopostachannia, vodovidvedennia ta hidravliky. 2017. Vyp. 28. S. 48-52.

15 Movchan S.I., Boltianskyi O.V., Boltianska N.I. Shchodo pytannia ochyshchennia i zneshkodzhennia stichnykh vod halvanichnoho vyrobnytstva elektroflotokoahuliatsiinoiu ustanovkoiu. Pratsi Tavriiskoho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu. Tekhnichni nauky. 2017. Vyp. 17. T. 3. S. 91-98.

16 Witt, K. & Radzyminska-Lenarcik, E. (2018) The recovery and the separation of metal ions from galvanic wastewaters. Desalination and Water Treatment. 128:148-154. DOI:10.5004/dwt.2018.22629.

17 Trus I.M., Homelia M.D., Melnychenko Ye.V., Mihranova V.O. Ochyshchennia vody vid ioniv vazhkykh metaliv vidstoiuvanniam, nanofiltruvanniam ta flotatsiieiu. Tekhnichni nauky ta tekhnolohii. 2019. №1 (15). S. 204-213.

18 Petrushka I.M., Petrushka K.I. Ochyshchennia stichnykh vod vid ioniv nikeliu. Collection of scientific papers ΛΊΟΓΟΣ. Public communication in science: philosophical, cultural, political, economic and IT-context. 2020. Volume 2. pp. 83-85.

19 Gamburg Yu.D. Galvanicheskie pokrytiya. Spravochnik po primeneniyu. M.: Tehnosfera, 2006. 216 s.

20 Vinogradov S.S. Organizatsiya galvanicheskogo proizvodstva. Oborudovanie, raschyot proizvodstva, normirovanie. M.: Globus, 2005. 240 s.

21 Naydenko V.V., Gubanov L.N., Knohinov B.I., Romanov A.F., Zverev Yu.P. Nauchno-ekonomicheskiy analiz sistem ochistki stochnyh vod galvanicheskih proizvodstv. Nauchno-tehnicheskiy otchet. Nizhniy Novgorod: Mezhvedomstvennyiy inzhenernyiy tsentr “Bezothodnaya tehnologiya”. 1993. 347 s.

22 Kolesnikov V.A., Ilin V.I. Ekologiya i resursosberezhenie v elektrohimicheskih proizvodstvah. Mehanicheskie i fiziko-himicheskie metodyi ochistki promyivnyih i stochnyih vod: uchebnoe posobie. M.: RHTU im. D.I. Mendeleeva, 2004. 220 s.

23 Derzhavni sanitarni normy ta pravyla «Dopustymi dozy, kontsentratsii, kilkosti ta rivni vmistu pestytsydiv u silskohospodarskii syrovyni, kharchovykh produktakh, povitri robochoi zony, atmosfernomu povitri, vodi vodoimyshch, grunti» (DSanPiN 8.8.1.2.3.4-000-2001). Postanova Holovnoho derzhavnoho sanitarnoho likaria Ukrainy vid 20.09.2001. №137. 376 s.

24 Yatskov M.V., Korchyk N.M., Bielikova S.V. Fizyko-khimichni osoblyvosti protsesu yonnoho obminu v kombinovanykh systemakh ochyshchennia stichnykh vod halvanichnoho vyrobnytstva. Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia. Tekhnichni nauky. 2013. Vyp. 3. S. 101-108.

25 Yatskov M.V., Korchyk N.M., Kyryliuk S.V. Kinetychni doslidzhennia yonnoho obminu v systemi “ionit-rozchyn” pry ochyshchenni stichnykh vod halvanichnoho vyrobnytstva. Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia. Tekhnichni nauky. 2014. Vyp. 2. S. 293-300.

26 Homelia M., Trokhymenko H., Hlushko O. Vplyv ioniv zhorstkosti na sorbtsiiu vazhkykh metaliv na katsioniti. Tekhnichni nauky ta tekhnolohii. 2018. #1. S. 214-223.

27 GOST 20298-74 Smoly ionoobmennyie. Kationity. Tehnicheskie usloviya (Smoly ionoobminni. Kationity. Tekhnichni umovy) M.: IPK izd-vo standartov. 1974. 15 s.

28 GOST 20301-74 Smoly ionoobmennyie. Anionityi. Tehnicheskie usloviya (Smoly ionoobminni. Anionity. Tekhnichni umovy). M.: Gosstandart Rossii. 1974. 24 s.

29 Kolesnyk, V., Kulikova, D., Kovrov, S. (2013). In-stream settling tank for effective mine water clarification In: Annual Scientific-Technical Collection “Mining of Mineral Deposits”. CRC Press/Balkema, Netherlands; Taylor & Fransis Group, London, UK. P. 285-289.

Надійшла до редакції 9 листопада 2020 р.