



УДК 628.32

С.І. Мовчан, к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0001-8665-482X

Л.М. Чернишова, к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0001-7593-369X

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

e-mail: msi.movchan@gmail.com

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ УТИЛІЗАЦІЇ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА ШЛЯХОМ ОТРИМАННЯ ВОГНЕТРИВІВ

**Анотація.** В статті наведено методику отримання вогнетривів на основі неорганічного клею як продукту реакції шламів гальванічних цехів з сірчаною та фосфорною кислотами, яку апробовано авторами в лабораторних і промислових умовах. Утилізація осаду який утворюється, при обробленні стічних вод відбувається з подальшим застосуванням продукту реакції. Відходи гальванічного виробництва після зневоднення на фільтрпресі до вологості 75...80% направляють в камеру з нагрівачем, в яку додають розчини концентровано сірчану і фосфорну кислоти. Утворюється в'язка темно-зелена рідина щільністю 1,67 г/см<sup>3</sup>. Електрокорунд ретельно перемішують з різною кількістю клею і закладають у форми. Після сушіння при визначеній температурі виготовлені зразки випробовують на міцність. Властивості вогнетривів на основі неорганічного клею, характеризується підвищеною водостійкістю завдяки обробленню розчином цементу. На основі експериментальних досліджень авторами наведено результати випробувань зразків на міцність з сухим і вологим електрокорундом. За результатами випробувань встановлено, що питома вага отриманих зразків зростала від 0,57 до 0,9 г/см<sup>3</sup> при збільшенні вмісту клею, у той час як міцність падала. Більшою міцністю володіли склади з малим вмістом клею. Чим більше сполучного, тим активніше йшла реакція утворення фосфатів, виділення газів, в результаті чого отримували більш пористу структуру з низькою міцністю. Більш міцні зразки отримували, якщо наповнювачем був сухий електрокорунд. У разі вологого складу наповнювача, молекули води заважали утворенню полімерних ланцюгів поліфосфатів хрому, алюмінію, в результаті чого отримували зразки низької міцності.

**Ключові слова:** стічні води, відходи гальванічного виробництва, вогнетриви, осад, сірчана кислота, фосфорна кислота, клей,



електрокорунд, фільтрпрес.

*Постановка проблеми.* Захист навколишнього середовища в зв'язку з ростом населення планети є в даний час актуальною проблемою. Обсяг стічних вод машинобудівних та інших підприємств з гальванічними лініями зростає. Це пов'язано з підвищенням ступеня очищення стічних вод, зростанням промислового виробництва та міського населення. Для зберігання необробленого осаду потрібні значні земельні площі, що створює серйозні загрози вторинного забруднення навколишнього середовища [1].

Тому основним завданням технології обробки осаду є отримання продукту, нешкідливого в санітарному відношенні. Його якісний склад і властивості повинні забезпечувати можливість подальшого використання в народному господарстві. Велику проблему представляє обробка та утилізація стічних вод гальванічних і травильних відділень машинобудівної промисловості. Внаслідок того, що такі стічні води, що містять іони важких металів, їх складування на міських звалищах заборонено. Тому актуальною є розробка процесу утилізації осаду стічних вод з подальшим застосуванням продукту реакції.

*Аналіз останніх досліджень.* Технології поводження з відходами передбачають декілька шляхів їх перероблення, поводження та/або вилучення цінних компонентів та ін. На перевагу розроблення еколого-безпечних технологій поводження з відходами промислових підприємств необхідно відзначити наступне, що відходи, переважної більшості промислових підприємств, містять відходи, частка яких потенційно може бути використана для подальшої переробки і використання в різних галузях виробничої та господарчої діяльності.

Для забезпечення екологічної безпеки при утилізації осадів, рідких відходів та ін. розглянуто технології, інженерно-технічні рішення, в основу яких покладено конструктивні й конструкторські рішення, які розроблені для конкретного виробництва.

В способі підготовки й перероблення відходів гальванічного виробництва який виконується на пристрої для зневоднення осадів, камер: реакції, змішування, сушіння, блоку перероблення осадів і блоку стабілізації зневодненого осаду, відходи гальванічного виробництва, вологістю 30...50 % та питомою ваги 800-2000 кг/м<sup>3</sup>, із вмістом гідроксидів важких металів, та інших забруднень, які утворюються при обробленні стічних вод гальванічного виробництва у вигляді зневоднених осадів спрямовуються у збірнику відходів, в яких накопичуються концентровані гідроксиди важких металів, солей важких металів тощо [2].

Повний замкнений цикл підготовки, перероблення та утилізації осадів гальванічних відділень передбачено виконувати в Спосіб утилізації осадів гальванічних. За технологічним рішенням



передбачено зневоднені відходів промислового виробництва та послідовного оброблення їх у камерах реакції, змішування та сушіння, при цьому, відходи зневоднюються на барабанному вакуум-фільтрі, далі вони спрямовуються до камери реакції, до якої одночасно додають мінеральні компоненти у якості добавок з метою інтенсифікації оброблення відходів гальванічного виробництва, на заключному етапі суміш висушують та надають відповідної форми. Схема цього способу складається з пристрою для зневоднення осадів, камер реакції, змащування, сушіння та блока перероблення осадів [3].

Забезпечення екологічної безпеки найбільш агресивних відходів передбачає їх захоронення на спеціалізованих звалищах відходів. У тому числі, побутових, на території яких передбачено окремі ділянки. А зневодненні відходи, в яких частково або повністю вилучені шкідливі забруднення складають. Попередньо вживши заходи, що їх відокремлення і запобігання від попадання на них снігу чи дощу. Одним з них є метод зневоднення осаду до вологості 75...85% з наступним похованням [4, 5].

З розгляду перспективи використання техногенної сировини пропонується метод знешкодження осаду, що утворюється при очищенні стічних вод гальванічних виробництв, додаючи фосфорну кислоту, з подальшим використанням в якості пігменту. В результаті нерозчинні ортофосфати важких металів перетворюються в сполуки яскравого забарвлення. Використання відходів, в якості пігменту, обмежено кількістю цієї сировини і умовами їх використання. Остання обставина обумовлена не лише екологічною небезпекою, а й небезпекою для працівників, що використовують шкідливий розчин у виробничій діяльності [6].

Для визначення напрямків утилізації гальванічних шламів науковцями вивчено кількісний і фазовий склад відходів гальванічних виробництв різних підприємств України. В роботі показано, що багато шлами після попереднього відпалу і підшихтовки придатні для виготовлення забарвлених глазурей. Були отримані глазурні покриття від оливково-сірого до темно-зеленого забарвлення при використанні доломітового концентрату. Глазурі на основі фритт 33 і 26, в залежності від складу і кількості шламу були пофарбовані у всі відтінки коричневого кольору: від бежевого до чорного. Дослідно-промислові партії відповідали вимогам діючих стандартів [7].

Важливим напрямком знешкодження та утилізації кислот, що утворюються при обробленні металів в чорній та кольоровій промисловості, вилуговуванні металів тощо.

Автори статті [8] досліджували вплив різних кислот на вилуговування металів, зокрема хрому і нікелю з відходів гальванічних виробництв. Залізо, хром і нікель вилуговували в розчині сірчаної



кислоти при кімнатній температурі 50...60 °С з 10% сірчаною кислотою. Час екстракції становило 0,5 год. Відновлення заліза, хрому і нікелю було досягнуто до 99,7% і 99,46%, і 98,0% відповідно [8]. За результатами досліджень порівняли три методи знешкодження гальванічних шламів на основі цинку і заліза:

- знешкодження оксидом кальцію;
- перетворення в інертний матеріал шляхом адсорбції органічних і неорганічних забруднювачів на активоване вугілля;
- перетворення компонентів мобільних відходів у нерозчинні фосфати.

Усі три методи виявилися досить ефективними при конверсії небезпечних відходів в інертний матеріал. Так концентрація цинку в фільтраті в шламі скоротилася на 99,7 % порівняно з необробленим мулом. При обробці шламу активованим вугіллям утримання цинку становить 99,9 %. При обробці фосфорною кислотою – 98,7 %. Переваги гальванічного методу обробки осаду активованим вугіллям перед двома іншими методами – висока сорбційна здатність, незначна рН, об'ємні зміни мулу і простота використання [9]. Автори дослідження знешкоджували гальванічний шлам з ванни цинкування виробів оксидом кальцію (CaO). Дотримуючись технологічних аспектів затвердіння, концентрації Cr (VI), Fe, Cu і Zn були знижені до 92, 44, 66, 57 разів, відповідно, порівняно з необробленими зразками. Додавання 50% CaO в шлам призводило тим самим перетворення небезпечних відходів в інертний матеріал, придатний для поховання або повторного використання в будівельних процесах [10]. На початку, технологічного регламенту, видаляли катіонів заліза і тривалентного хрому вилуговуванням (з допомогою фосфатного процесу). Потім додатково обробляли розчин наступними методами для відновлення двовалентних металів:

- видалення кадмію шляхом цементації
- вилучення цинку шляхом екстракції розчинником
- відновлення нікелю і кобальту шляхом осадження у вигляді гідроксидів металів

Однак схема процесу достатня складна, тому за результатами наступних досліджень, рекомендується проводити її в централізованих очисних спорудах [11].

Розроблені еколого-безпечні способи поводження з рідкими відходами промислового виробництва передбачають проведення повного замкненого циклу, щодо знешкодження шкідливих забруднень та/або їх нейтралізації. Крім того, технологічними операціями передбачено видалення надлишкової вологи, формування отриманих виробів і складування на спеціалізованих майданчиках звалищ твердих побутових відходів [12].



В системі поводження з відходами гальванічного виробництва з вертикальним магнітним транспортером встановлено блок з вертикальним магнітним транспортером, що створює умови для підвищення ефективності видалення механічних домішок, поширення функціональних можливостей та забезпечення екологічної безпеки отриманого виробу при його складуванні в межах площадок [13].

Аналіз публікацій періодичних наукових видань показує різні шляхи утилізації гальванічних шламів. Пропонується метод знешкодження з отриманням матеріалу на основі відходів гальванічного виробництва.

Питаннями оброблення осадів (шламів), рідких відходів, які утворюються при обробленні стічних вод займалися видатні вчені, фахові спеціалісти та інженери: Яковлев С. В., Олійник О. Я., Епоян С. М., Пантелят Г. С., Болотських М. С., Туровська І. С., Терещук А. І., Корінько І. В., Євілевич А. З. та ін.

Крім наведених інженерно-технічних розробок спеціалістів і науковців у галузі поводження з відходами промислового та побутового сектору країни, питаннями перероблення рідинних відходів, шламів, осадів і відходів різного ступеня небезпеки в країні займалися і продовжують займатися

Аналіз публікацій періодичних наукових видань, окремі дослідження, спрямовані на оброблення рідких відходів і шламів показує різні шляхи утилізації гальванічних шламів. Враховуючи не лише оброблення осадів і рідких відходів, а також забезпечення екологічної безпеки у вищезначених процесах визначає актуальність обраного напрямку наукових досліджень.

*Формулювання мети статті.* Враховуючи наведений аналіз літературних джерел, аналіз і актуальність обраного напрямку досліджень метою роботи є розроблення способу утилізації осадів гальванічного виробництва шляхом отримання вогнетривів із застосуванням продуктів реакції.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. На основі проведених досліджень розробити технологічну блок-схему отримання вогнетривів на основі неорганічного клею як продукту реакції шламів гальванічних цехів з сірчаною і фосфорною кислотами.

2. На основі проведених досліджень осадів гальванічного виробництва визначити оптимальний склад хімічних компонентів електрокорунду.

3. З метою подальшого використання вогнетривів провести випробування зразків на міцність з вмістом сухого і вологого електрокорунду, із різним кількісним складом клею.





*Основна частина.* В якості досліджуваного матеріалу вивчались рідкі відходи, шлами, осади, які утворюються від процесів оброблення стічних вод гальванічного виробництва. Основу осаду зеленого кольору складала гідроксида важких металів хрому, заліза, цинку, кальцію (до 80%), зв'язані з кристалізаційною водою. Були також карбонати, сульфідні цих металів, мінеральні домішки та поверхнево-активні речовини з іншими органічними речовинами. Хімічний склад відходів гальванічного виробництва, який обрано в якості об'єкту досліджень, наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Хімічний склад досліджуваного осаду

Компоненти осаду	$Cr(OH)_3$	$Fe(OH)_3$	$Ca(OH)_2$	$Zn(OH)_2$	Мінеральні домішки	Органічні речовини
Вміст ваг.,%	53,6	3,2	10,0	14,1	10	9,1

Після зневоднення на фільтр-пресі до вологості 75...80%, осади спрямовуються до камери з нагрівачем, з додаванням розчинів концентрованих сірчаної і фосфорної кислоти. Кислоти вступають у реакцію з кристалізаційною водою, карбонатами, органічними речовинами, що містяться в осаді. При цьому, відбувається руйнування кристалізаційної структури осаду, органічних речовин, утворення полімерних сполук металів. Після цього відбувалась обробка отриманого розчину при 100°C протягом 60...90 хвилин. Утворювалась темно-зелена рідина великої в'язкості, щільністю 1,67 г/см<sup>3</sup>.

В подальшому використання 100 грамів електрокорунду ретельно перемішували з різною кількістю клею (40 г; 45 г; 50 г; 60 г; 70 г; 80 г) і закладали у спеціальні форми. Потім витримували при кімнатній температурі протягом 10 годин і висушували при температурі 180°C у сушильній шафі протягом, не менш ніж, 2 годин, потім наступної години прожарювали зразки при температурі 300°C. На заключному етапі виготовлені зразки випробовували на міцність.

Наступною метою дослідження було випробування отриманих зразків на водостійкість, кислотостійкість і обробка зразків розчином цементу.

Для експерименту були взяті зразки виготовлені з сухим електрокорундом. Зразки були витримані протягом доби в нейтральному, кислому і лужному середовищах, після чого визначили концентрацію  $Cr^{3+}$  в розчинах, потім концентрацію хрому вимірювали через 6 діб. Результати дослідження представлені в таблиці. Об'єм розчину становив 200 мл, вага зразка до 20 грамів. Показник рН зразків вимірювали через 20 хвилин безперервного перемішування при кімнатній температурі, потім рН середовища стабілізувався.



Таблиця 2

Випробування зразків на міцність з сухим і вологим електрокорундом

Склад зразка	Площа поперечного перетину, м <sup>2</sup>	Навантаження, що витримується, кг	Напруга, мПа
40 г клея+100 г електрокорунду			
Сухий електрокорунд	3,8 x 3,7 0,0014	1400	10
Вологий електрокорунд	3,9 x 3,8 0,0015	950	6,3
45 г клея+100 г електрокорунду			
Сухий електрокорунд	0,0014	1520	10,9
Вологий електрокорунд	0,0015	1070	7,1
50 г клея+100 г електрокорунду			
Сухий електрокорунд	0,0018	1450	8,1
Вологий електрокорунд	0,0016	930	5,8
60 г клея+100 г електрокорунду			
Сухий електрокорунд	0,0016	850	5,8
Вологий електрокорунд	0,0016	400	2,4
70 г клея+100 г електрокорунду			
Сухий електрокорунд	0,0016	450	2,8
Вологий електрокорунд	0,0015	220	1,4
80 г клея+100 г електрокорунду			
Сухий електрокорунд	0,0014	360	2,6
Вологий електрокорунд			

Таблиця 3

Зміна середовища при витримці зразка в різних середовищах протягом доби

Склад зразка	H <sub>2</sub> O дист. ΔрН	[Cr <sup>3+</sup> ], мг/л після доби	Розчин цементу Δ рН	[Cr <sup>3+</sup> ], мг/л після доби	Розчин цементу, подвійна обробка	[Cr <sup>3+</sup> ], мг/л після доби
40 г клею + 100 г сухого електрокорунду	3,08	0,1	0	0,05	0,05	0,3
45 г клею + 100 г сухого електрокорунду	0,5	1	0,4	0,1	0,4	0,8
50 г клею + 100 г сухого електрокорунду	3,7	0,5	0,4	0,1	0,5	0,83
60 г клею + 100 г сухого електрокорунду	3,85	-	0,35		0,4	-

На рис.1 наведено зміна концентрації хрому при обробці зразків кислим, нейтральним, лужним розчинів протягом 1 доби.

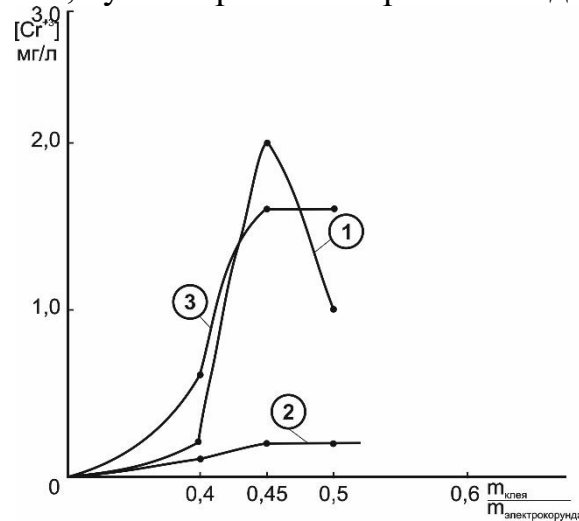
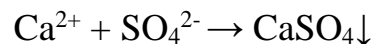


Рисунок 1. Зміна концентрації хрому при обробці зразків кислим, нейтральним, лужним розчином протягом 1 доби

В результаті дослідів спостерігаємо значну зміну рН у нейтральному середовищі, в лужному середовищі максимальна зміна рН дорівнює 0,5, що в 7 разів менше, ніж у нейтральному середовищі. У кислому середовищі рН практично не змінюється, максимальне  $\Delta\text{pH} = 0,15$ .

Надлишок сульфатів-іонів  $\text{SO}_4^{2-}$  на поверхні зразка реагує з іонами:



Також спостерігається виділення заліза на поверхні зразків. Вміст хрому в розчинах після 1 доби невелике, причому із збільшенням співвідношення маси клею до маси електрокорунду концентрація хрому зростає, крім того висока пористість матеріалу сприяє проникненню води всередину зразка, насичуючи іонами  $\text{Cr}^{3+}$  розчин, починаючи з  $m_{\text{клею}} / m_{\text{електрокорунду}}$  дорівнює 0,45. Це показано на графіку залежності концентрації хрому (III) від співвідношення  $m_{\text{клею}} / m_{\text{електрокорунду}}$  при обробці зразка протягом не менш ніж 6 діб (рис. 2).

Якщо відношення:  $m_{\text{клею}} / m_{\text{електрокорунду}}$  має значення  $\leq 0,45$ , то зміст  $[\text{Cr}^{3+}]$  змінюється на 0,01 мг/л, при співвідношенні  $m_{\text{клею}} / m_{\text{електрокорунду}}$ , коли значення  $\geq 0,45$  різко зростає, що наочно підтверджується на графіку. Отже оптимальним складом для виготовлення міцних і водостійких зразків є склад 40 г клею (з  $\text{H}_2\text{SO}_4$  із гідроксидів важких металів) + 100 г електрокорунду.

Отже оптимальним складом для виготовлення міцних і водостійких зразків є склад 40 г клею (з гідроксидів важких металів) + 100 г електрокорунду.



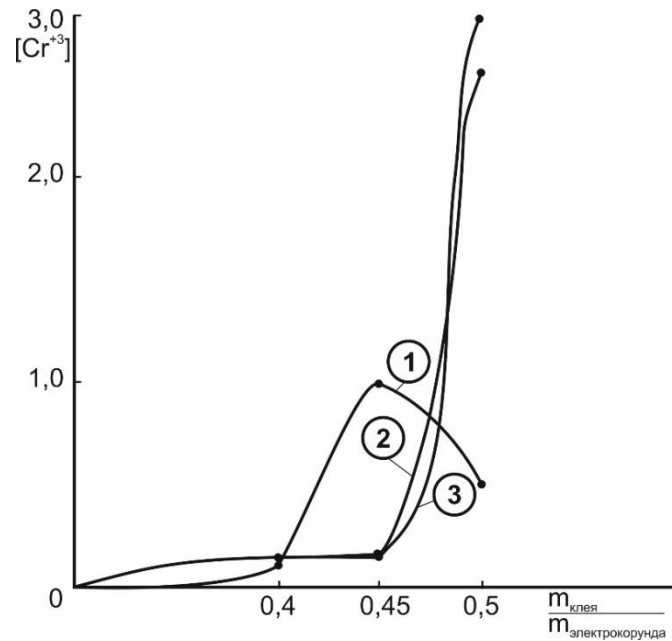


Рисунок 2. Залежність концентрації хрому (III) від співвідношення маси клею до маси електрокорунду при витримці зразків в різних середовищах на протязі 6 діб.

Для підпорядкованого проведення експериментальних досліджень пропонується наступна послідовність технологічних операцій отримання вогнетривів на основі неорганічного клею як продукту реакції шламів гальванічних цехів з сірчаною та фосфорною кислотами та електрокорунду (рис. 3).

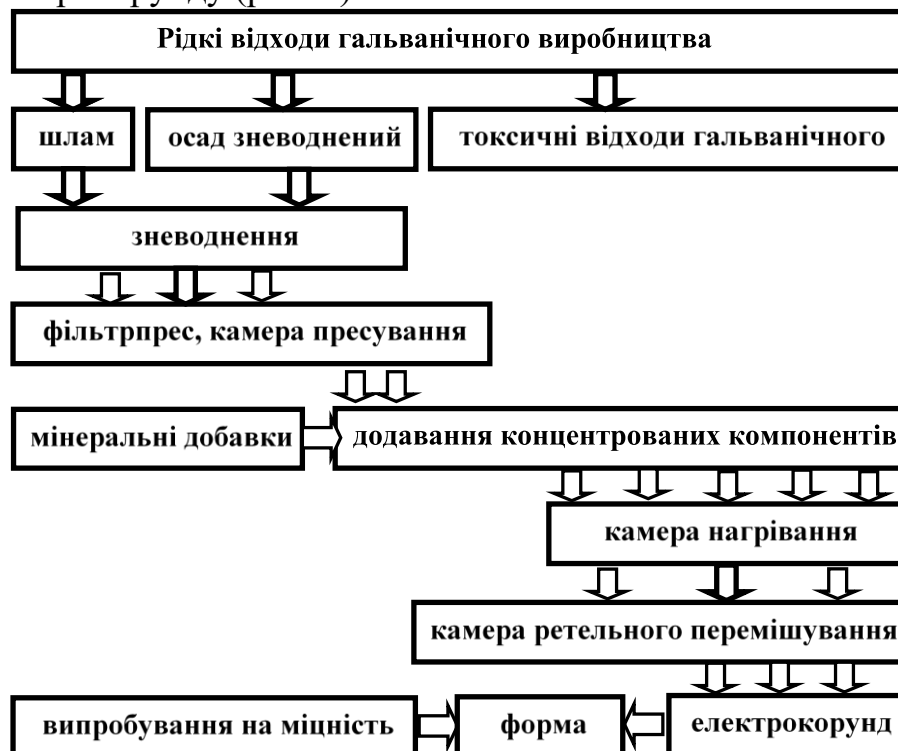


Рисунок 3. Блок-схема утилізації осадів, які утворюються при обробленні стічних вод гальванічного виробництва



Спосіб утилізації осадів стічних вод гальванічного виробництва у якому осади зневоднюють, нагрівають, з додаванням розчинів кислот, ретельно перемішують з додаванням розчину неорганічних матеріалів і мінеральні добавки, формують, знову сушать і проводять випробування зразків на міцність (рис. 3).

*Висновки.* За результатами проведених досліджень, спрямованих на забезпечення екологічної безпеки утилізації осадів, які утворюються при обробленні стічних вод гальванічного виробництва, запропоновано блок-схему, в якій поетапно наведено технологічні операції отримання вогнетривів на основі неорганічного клею як продукту реакції шламів гальванічних цехів з сірчаною та фосфорною кислотами та електрокорунду. Компоненти осаду який досліджувався, містить вагову частину (у %), становить наступні значення:  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  - 53,6,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  - 3,2;  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  - 10,0;  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  - 14,1; мінеральні домішки – 10 і органічні речовини – 9,1, що утворився при обробленні стічних вод гальванічного виробництва. Випробування зразків на міцність з сухим і вологим електрокорундом проведено для площі поперечного перерізу зразків 3,8 x 3,7 см ( $0,0014 \text{ м}^3$ ) при їх витримці в різних середовищах на протязі не менше 6 діб. Оптимізовано кількісний склад для виготовлення міцних і водостійких зразків, який становить кількість 40 г клею (з гідроксидів важких металів) + 100 г електрокорунду, розчин цементу  $\Delta \text{pH}$  знаходився в діапазоні до 0,35...0,4.

#### Список використаних джерел

1. Пинаев А. В. Миграция ионов тяжелых металлов в почву при захоронении осадков сточных вод гальванического производства: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Тольятти, 2006. 18 с.
2. Спосіб підготовки й перероблення відходів гальванічного виробництва: пат. 138139 Україна: МПК  $\text{C02 F11/00}$ . / С. І. Мовчан. №  $\text{u} 201903853$ ; заявл. 15.04.2019, опубл. 25.011.2019, Бюл. № 22.
3. Спосіб перероблення осадів гальванічних відділень: пат. 105153 Україна: МПК<sup>7</sup> (2016.01)  $\text{C02F 11/00}$  / С. І. Мовчан. №  $\text{u} 2015 07761$ ; заявл. 04.08.2015, опубл. 10.03.2016, Бюл. № 5.
4. Любарский В. М. Осадки природных вод и методы их обработки. Москва: Стройиздат, 1980. 129 с.
5. Definition of waste recovery and disposal operations / K. Sander, D. Jepsen, S. Schilling, C. Tebert; Institute for environmental strategies (Hamburg, Germany). Nernstweg 32-34, D-22765. Final report. Hamburg, 2004. P. 168.
6. Перспективы получения связующих и пигментов из техногенного сырья для фосфатных фасадных красок / И. П. Добровольский, С. Е. Денисов, В. А. Абызов, А. Б. Селихов. *Вестник ЮУрГУ*. 2012. № 17. С. 48-50.



7. Утилизация гальванических шламов / А. Н. Синюшкин, В. И. Супрунчук, Е. В. Иванюк, О. Б. Костоглод. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2012. № 2/14 (56). С. 58-61.
8. Garole D. J., Garole V. J., Dalal D. S. Recovery of metal value from electroplating sludge. *Research Journal of Chemical Sciences*. 2012. Vol. 2, № 3. P. 61-63.
9. Inertisation of galvanic sludge with calcium oxide, activated carbon, and phosphoric acid / V. Oreščanin et al. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*. 2012. Vol. 63, № 3. P. 337-344. DOI: 10.2478/10004-1254-63-2012-2171.10.
10. The bulk composition and leaching properties of electroplating sludge prior following the solidification stabilization by calcium oxide / V. Oreščanin et al. *Journal of Environmental Science and Health*. 2009. Part A 44(12). P. 1282-1288. DOI: 10.1080/10934520903140082.
11. Twidwell L. G., Dahnke D. R. Treatment of metal finishing sludge for detoxification and metal value. *The European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection. Metallurgical Engineering*. 2001. Vol. 1, № 2. 1303-0868. P. 76-88.
12. Еколого-безпечні способи поводження з рідкими відходами промислового виробництва: авторські права на твір / С. І. Мовчан. № 67543; заявка № 68161 від 04.07.2014 р. Дата реєстрації 02.09.2016 р.
13. Система підготовки та переробки відходів гальванічного виробництва з вертикальним магнітним транспортером: пат. 146090 Україна: МПК<sup>7</sup> B01D33/00 / В. М. Кюрчев, С. І. Мовчан. № 202004979; заявл. 03.08.2020, опубл. 21.01.2021, Бюл. № 3.

Стаття надійшла до редакції 15.03.2021р.

**S. Movchan, L. Chernyshova**  
**Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university**

## **ENSURING ENVIRONMENTAL SAFETY WASTEWATER RECYCLING OF ELECTROPLATING PRODUCTION BY OBTAINING REFRACTORIES**

### *Summary*

A method for obtaining refractories based on inorganic glue as a reaction product of sludge from electroplating shops with sulfuric and phosphoric acids, which was tested by the authors in laboratory and industrial conditions in the article, is presents. The resulting sludge recycling during wastewater treatment with the subsequent use of the reaction product is carried out. The waste from electroplating production after dewatering on a filter press to a humidity of 75...80% is sent to a chamber with a heater, into which solutions of concentrated sulfuric and phosphoric acids are added. A viscous dark green liquid with a density of 1,67 g/cm<sup>3</sup> is formed. Aluminum-oxide abrasive is thoroughly mixed with different amounts of glue and placed in molds. After drying at a certain temperature, the manufactured samples are tested for strength. Properties of refractories based on inorganic glue are characterized by increased water resistance due to treatment



with a cement solution. Based on experimental studies, the authors are presents the results of testing samples for strength with dry and wet aluminum-oxide abrasive. According to the test results, it was found that the specific density of the obtained samples increased from 0,57 to 0,9 g/cm<sup>3</sup> with increasing glue content, while the strength decreased. Compositions with a low glue content had for the most strength. The more binder, the more active the reaction of phosphate formation and gas release was, resulting in a more porous structure with low strength. Stronger samples were obtained if the filler was dry aluminum-oxide abrasive. In the case of a wet filler composition, water molecules interfered with the formation of polymer chains of chromium and aluminum polyphosphates, resulting in low-strength samples.

**Key words:** wastewater, waste from electroplating production, refractories, sludge, sulfuric acid, phosphoric acid, glue, aluminum-oxide abrasive, filter press.

**С.И. Мовчан, Л.Н. Чернышёва**

**Таврический государственный агротехнологический университет  
имени Дмитрия Моторного**

### **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ПУТЁМ ПОЛУЧЕНИЯ ОГНЕУПОРОВ**

#### *Аннотация*

В статье представлена методика получения огнеупоров на основе неорганического клея как продукта реакции шламов гальванических цехов с серной и фосфорной кислотами, которая апробирована авторами в лабораторных и промышленных условиях. Утилизация осадков, образующихся при обработке сточных вод, проводилась с дальнейшим использованием продуктов реакции. Отходы гальванического производства после обезвоживания на фильтр-прессе до влажности 75...80% направлялись в камеру с нагревателем, в которую добавлялись концентрированные растворы серной и фосфорной кислот. При этом образовывалась вязкая темно-зелёная жидкость плотностью 1,67 г/см<sup>3</sup>. Электрокорунд тщательно перемешивали с разным количеством клея и помещали в специальные формы. После сушки, при определённой температуре полученные образки исследовали на прочность. Свойства огнеупоров на основе неорганического клея, характеризовались повышенной водостойкостью, чему способствовала обработка раствором цемента. На основе экспериментальных исследований авторами приведены результаты испытаний образцов на прочность с сухим и влажным электрокорундом. По результатам испытаний установлено, что удельный вес полученных образцов возрастал от 0,57 до 0,9 г/см<sup>3</sup> при увеличении содержания клея, в то время как прочность падала. Большей прочностью обладали составы с малым содержанием клея. Чем больше связующего, тем активнее шла реакция образования фосфатов, выделение газов, в результате чего получали более пористую структуру с низкой прочностью. Более прочные образцы получали с наполнителем сухого электрокорунда. В случае влажного состава наполнителя, молекулы воды мешали образованию полимерных цепей полифосфатов хрома, алюминия, в результате чего получали образцы низкой прочности.

**Ключевые слова:** сточные воды, отходы гальванического производства, огнеупоры, осадок, серная кислота, фосфорная кислота, клей, электрокорунд, фильтр-пресс.