
Науково-методичний центр ВФПО



ВИРОБНИЧО-ПРАКТИЧНЕ, НАУКОВО-ПОПУЛЯРНЕ, НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Виходить двічі на рік

Редакційна колегія:

Варченко О. М., доктор економічних наук, професор, Білоцерківський національний аграрний університет

Гетья А. А., доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри генетики, розведення та біотехнології тварин, старший науковий співробітник, Національний університет біоресурсів і природокористування України

Жуковська С. А., кандидат педагогічних наук, Науково-методичний центр ВФПО

Іщенко Т. Д., кандидат педагогічних наук, професор, Науково-методичний центр ВФПО

Каленська С. М., доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН, Національний університет біоресурсів і природокористування України

Ковтун О. А., кандидат економічних наук, доцент, Асоціація «Український клуб аграрного бізнесу»

Ладика В. І., доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН, Сумський національний аграрний університет

Ліссітса Алекс, доктор філософії з аграрної економіки, генеральний директор Індустріальної молочної компанії, голова Ради з питань аграрної освіти при Міністерстві освіти і науки України

Стрижеус А. В., онлайн-ресурс AgroPortal.ua

Хоменко М. П., кандидат педагогічних наук, Науково-методичний центр ВФПО

Шинкарук В. Д., доктор педагогічних наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України

Над випуском працювали: Дудник Т. П., Малинка Л. В., Шишкіна К. І.,

Дудус Т.В. Чайковська А. Б., Серова І. О., Талюта Л. М., Моргун І. О.

Шишкіна К. І. – відповідальна за випуск

Видання зареєстровано в Міністерстві юстиції України. Свідоцтво КВ № 24272-14112ПР від 28.12.2019. Усі права застережено. Передруки і переклади дозволяється лише за згоди редакції. Редакція не обов'язково поділяє думку автора. Відповідальність за достовірність фактів, цитат, власних імен та іншої інформації несуть автори публікації.

Мови видання: українська, англійська, французька, німецька, польська, російська.

Адреса редакції: 03151, м. Київ, вул. Смілянська, 11.

тел./факс 242-35-68

e-mail: nmc.vfpo@ukr.net

<http://nmc-vfpo.com>

Підписано до друку 10.12.2021. Формат 70x108 1/6

Гарнітура Palatino Linotype.

Ум. друк. арк. 0,16. Наклад 300 примірників. Зам. № 305

Засновник та видавець – Державна установа «Науково-методичний центр вищої та фахової передвищої освіти»

НАУКА

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Броварська О. С., Булигіна Т. В., Домбровський В. П. Дослідження впливу фракцій прополісу на збудники хвороб бджіл</i> | 99 |
| <i>Демчук С. Ю. Бойко О. В. М'ясному скотарству – ефективне відтворення.....</i> | 103 |
| <i>Коваленко І. М. Агротехнології як основа сталого розвитку екологічно орієнтованого сільськогосподарського виробництва.....</i> | 107 |
| <i>Кюрчев В. М., Мовчан С. І., Бережецький О. В., Андріанов О. А., Щелкунов В. І., Ваврикович В. М. Виробничі випробування приладу електронної водопідготовки «hydroflow» в системі охолодження насосних агрегатів підприємств атомної енергетики.....</i> | 116 |
| <i>Мовчан С. І., Чернишова Л. М. Екологічно безпечні інженерні рішення поводження з рідкими відходами гальванічного виробництва промислових підприємств</i> | 136 |

ЦЕ ЦІКАВО

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Трачук Т. Емоції, які заважають нам жити вповні.....</i> | 151 |
| <i>Служба новин ІАС «Аграрії разом»</i> | |
| <i>Рослини можуть відчувати стрес від контакту з водою: зелена паніка</i> | 157 |
| <i>Панасюк В. Нахабність, щедрість, вічне навчання: що найбільше дивує іноземців в Україні.....</i> | 158 |
| <i>Цікаві факти про екологію.....</i> | 160 |

ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ ІНЖЕНЕРНІ РІШЕННЯ ПОВОДЖЕННЯ З РІДКИМИ ВІДХОДАМИ ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

МОВЧАН С.І., кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри геоecології і землеустрою, голова басейнової ради річок Приазов'я
ЧЕРНИШОВА Л.М., кандидат технічних наук, доцент
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного (м. Мелітополь)

Визначено оптимальну кількість кислоти, необхідну для розчинення осаду гальванічного виробництва. Додатки компонентів, таких як силікат натрію, не роблять істотного впливу на зміну в'язкості розчину. У всіх дослідженнях отримуємо склади, що не дозволяють отримати клеєподібну масу. Найбільш перспективний неорганічний клей, що дозволяє з іншими наповнювачами давати міцні водостійкі матеріали, має склад: осад гальванічного виробництва, сірчана кислота, фосфорна кислота.

Призначення та галузь застосування

У промисловому секторі країни гальванічне виробництво становить серйозну екологічну загрозу для водних об'єктів окремих регіонів. Головним джерелом небезпеки є гальванічні покриття, які утворюються на ділянках цехів і гальванічних відділень найбільших промислових підприємств країни ВАТ «Сумське НВО ім. М.В. Фрунзе» (м. Суми), ВАТ «Стаханівський вагонобудівний завод» (м. Стаханів), ВАТ Насосенергомаш» (м. Суми) та ін. До таких виробництв належать найбільш потужні підприємства півдня України: ВАТ «Азовмаш» (м. Маріуполь), ВАТ «Маріупольський завод важкого машинобудування» (м. Маріуполь) та ін., зокрема потужні підприємства Запорізького краю: ПАТ «Запорізький металургійний комбінат «Запоріжсталь», ВП «Запорізька ТЕС», КП НВК «Іскра», ПАТ «ДТЕК Дніпроенерго», ВП «Запорізька АЕС», ДП НАЕК «Енергоатом», ВАТ «Азмол» (м. Бердянськ) та інші.

Складовою промислових підприємств є рідкі відходи, які утворюються внаслідок очищення, оброблення та утилізації стоків виробничих процесів. На території України у відвалах та сховищах накопичено більш ніж 50 млн т осадів (за сухим залишком), що за їх звичайної вологості перевищує 5 млрд т. Значні обсяги утворення й накопичення осадів, шламів та інших рідких відходів промислового виробництва, які накопичуються під час очищення стічних вод гальванічного виробництва. Об'єми рідких відходів, які безпосередньо утворюються від гальванічних відділень та виробництв становлять 2,5-3,0 млн м³/рік, що зумовлює серйозну екологічну загрозу для навколишнього природного середовища.

Напрями використання рідких відходів

Під час очищення, оброблення, нейтралізації, знезаражування та вилучення цінних компонентів в системах оборотного водопостачання використовують технологічні прийоми, наведені на рис. 1.

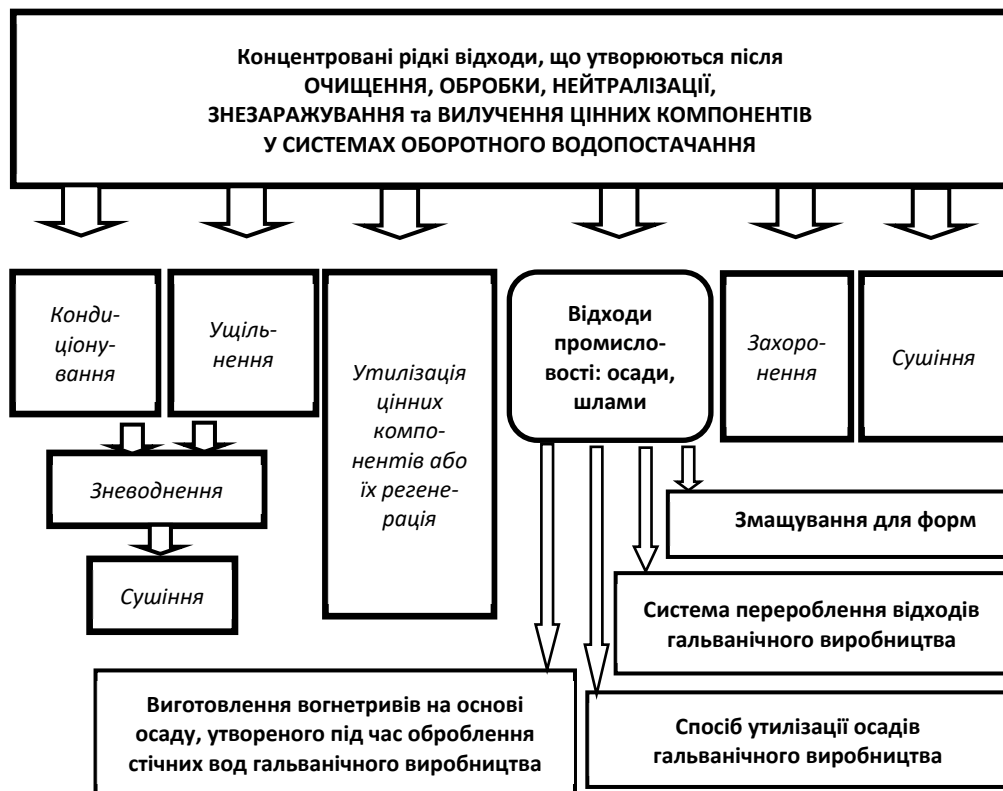


Рис. 1. Основні варіанти оброблення концентрованих рідких відходів гальванічного виробництва, що утворюються під час використання води в промислому виробництві

Головними недоліками гальванічного виробництва є застосування застарілого обладнання, його використання не за призначенням, не в достатній мірі відповідність технології оброблення визначеного виду стоків тощо. Серед головних є недосконалість технологічного процесу, внаслідок чого з відходами безповоротно втрачається 50-70% кольорових металів 80-95% кислот і лугів та інших супутніх речовин.

Для підпорядкованого проведення експериментальних досліджень пропонується така послідовність технологічної операції отримання вогнетривів на основі неорганічного клею як продукту реакції шламів гальванічних цехів з сірчаною та фосфорною кислотами і електрокорунду (рис. 2).

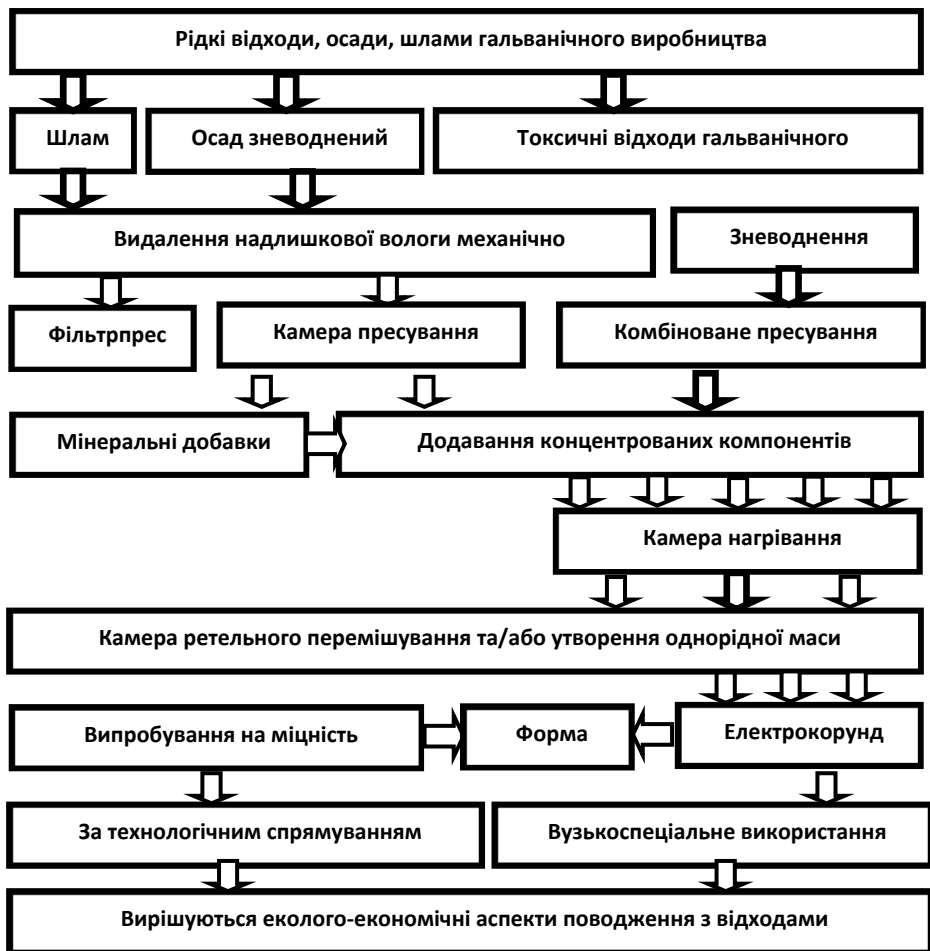


Рис. 2. Блок-схема утилізації рідких відходів, осадів і шламів, які утворюються під час оброблення стічних вод гальванічного виробництва

Спосіб утилізації осадів стічних вод гальванічного виробництва, в якому осади зневоднюють, нагрівають, з додаванням розчинів кислот, ретельно перемішують з додаванням розчину неорганічних матеріалів і мінеральних добавок, формують, знову сушать і проводять випробування зразків на міцність.

Отже, утилізація осадів гальванічних виробництв, найбільш трудомісткий, технічно і екологічно важливий технологічний процес, який вирішується в кілька етапів. По-перше, це вивчення складу осаду, можливість його зневоднення і подальшої його утилізації. По-друге, гарантування екологічної безпеки під час технологічних операцій. І, нарешті, виконання повного циклу: від зневоднення до граничної (кінцевої) операції.

Тому утилізація осади гальванічних виробництв, є важливою складовою, систем промислового водопостачання, в яких утворюються осади.

Мета і завдання дослідження

Метою роботи є дослідження процесів руйнування осаду гальванічного виробництва різними кислотами для отримання рідин з властивостями, що клеять.

Для досягнення поставленої мети було окреслено такі завдання:

1. Визначити оптимальну кількість кислоти для розчинення осаду гальванічного виробництва.
2. Вивчити вплив різних затверджувачів (силікату натрію, триполіфосфату натрію, ортофосфорної кислоти та інших) на в'язкість розчину продуктів реакції H_2SO_4 з осадом гідроксидів важких металів.
3. Розробити схему отримання неорганічного клею з осаду гальванічного виробництва.

Матеріали і методи дослідження впливу методу кислотного твердіння на осади реагентної обробки гальванічних стічних вод

Досліджувані матеріали

Фізико-хімічний склад досліджуваного відходу гальванічного виробництва наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Хімічний склад досліджуваного осаду

| № за/п | Компоненти осаду, згідно з запропонованим технологічним рішенням | Вміст вагових частин, % | | | |
|--------|------------------------------------------------------------------|-------------------------|------|------|------|
| | | Варіанти | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | $Cr(OH)_3$ | 53,6 | 38,6 | 32,6 | 26,6 |
| 2 | $Fe(OH)_3$ | 3,2 | 8,2 | 10,2 | 12,2 |
| 3 | $Ca(OH)_2$ | 10,0 | 15,0 | 17,0 | 19,0 |
| 4 | $Zn(OH)_2$ | 14,1 | 19,1 | 21,1 | 23,1 |
| 5 | Мінеральні домішки | 10 | 10,0 | 10,0 | 10,0 |
| 6 | Органічні домішки | 9,1 | 9,1 | 9,1 | 9,1 |

Примітка. З наведених табличних даних (табл. 1) наочно бачимо, що зменшення кількості $Cr(OH)_3$ з одночасним збільшенням $Fe(OH)_3$, $Ca(OH)_2$ і $Zn(OH)_2$ недостатньо впливає на подальші процеси поводження з рідкими відходами. Насамперед, це стосується зневоднення осаду на фільтрі-пресі.

На основі експериментальних досліджень автори наводять 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/см³ за збільшення вмісту клею, водночас міцність падала. Більшу міцність мали склади з малим умістом клею. Що більше сполучного, то активніше йшла реакція утворення фосфатів, виділення газів, як результат отримували більш пористу структуру з низькою міцністю. Міцніші зразки отримували, якщо наповнювачем був сухий електрокорунд. У разі вологого

складу наповнювача молекули води заважали утворенню полімерних ланцюгів поліфосфатів хрому, алюмінію, як результат отримували зразки низької міцності.

За результатами випробувань (табл. 2) встановлено, що для площі поперечного перерізу зразків 3,8 x 3,7 см (0,0014 м²) за їх витримки в різних середовищах впродовж не менше 6 діб, оптимальний кількісний склад виготовлення міцних і водостійких зразків становить: 40 г клею (з гідроксидів важких металів) + 100г електрокорунду, розчин цементу Δ рН перебував у діапазоні до 0,35-0,4.

Таблиця 2. Випробування зразків на міцність з сухим і вологим електрокорундом

| Склад зразка | Площа поперечного перетину, м ² | Навантаження, що витримується, кг | Напруга, мПа |
|--------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|--------------|
| 40 г клею+100 г електрокорунду | | | |
| Сухий електрокорунд | 3,8 x 3,7 0,0014 | 1400 | 10 |
| | | 1350 | 9,95 |
| | | 1300 | 9,75 |
| Вологий електрокорунд | 3,9 x 3,8 0,0015 | 950 | 6,3 |
| | | 900 | 6,25 |
| | | 850 | 6,15 |
| 45 г клею+100 г електрокорунду | | | |
| Сухий електрокорунд | 0,0014 | 1520 | 10,9 |
| | | 1450 | 10,75 |
| | | 1400 | 10,55 |
| Вологий електрокорунд | 0,0015 | 1070 | 7,1 |
| | | 1050 | 6,95 |
| | | 1000 | 6,55 |
| 50 г клею+100 г електрокорунду | | | |
| Сухий електрокорунд | 0,0018 | 1450 | 8,1 |
| Вологий електрокорунд | 0,0016 | 930 | 5,8 |
| 60 г клею+100 г електрокорунду | | | |
| Сухий електрокорунд | 0,0016 | 850 | 5,8 |
| Вологий електрокорунд | 0,0016 | 400 | 2,4 |
| 70 г клею+100 г електрокорунду | | | |
| Сухий електрокорунд | 0,0016 | 445 | 2,75 |
| | | 450 | 2,8 |
| Вологий електрокорунд | 0,0015 | 215 | 1,35 |
| | | 220 | 1,4 |
| 80 г клею+100 г електрокорунду | | | |
| Сухий електрокорунд | 0,0014 | 355 | 2,45 |
| | | 360 | 2,60 |
| | | 350 | 2,55 |
| | | 340 | 2,50 |
| | | 335 | 2,45 |
| Вологий електрокорунд | 0,0012-00013 | 200 | 1,5 |
| | | 175 | 1,25 |
| | | 150 | 1,15 |

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

Для експерименту було взято зразки, виготовлені з сухим електрокорундом. Зразки було витримано протягом доби в нейтральному, кислому і лужному середовищах, після чого визначили концентрацію Cr^{3+} в розчинах, потім концентрацію хрому вимірювали через 6 діб. Результати досліду наведено в табл. 3. Об'єм розчину становив 200 мл, вага зразка до 20 грамів. рН зразків вимірювали через 20 хвилин безперервного перемішування за кімнатної температури, потім рН середовища стабілізувався.

Після зневоднення на фільтрі-пресі вологість осаду перебувала в межах від 75 до 85%. Основу осаду становили гідроксиди важких металів хрому, заліза, цинку, кальцію, зв'язані кристалізаційною водою, були також карбонати, сульфати цих металів, мінеральні домішки і поверхнево-активні речовини. Зелене забарвлення осаду було зумовлено великим вмістом гідроксиду хрому III (до 55%). Вміст інших компонентів в осаді в вагових відсотках наведено в табл. 1.

Таблиця 3. Зміна середовища за витримки зразка у різних середовищах протягом доби

| Склад зразка | H_2O дист. Δ [2] | $[\text{Cr}^{3+}]$, мг/л після доби | Розчин цементу Δ [2] | $[\text{Cr}^{3+}]$, мг/л після доби | Розчин цементу, подвійна обробка | $[\text{Cr}^{3+}]$, 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 | 0,40 | 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 | | 0,40 | - |
| 70 г клею+100 г електрокорунду | 3,75 | - | 0,30 | | 0,35 | - |
| 80 г клею+100 г електрокорунду | 3,55 | - | 0,30 | | 0,30 | - |

Обробка осаду гідроксидів важких металів (ГВМ) сірчаною кислотою

За співвідношення доливають кислоти до маси осаду менше ніж 1:5. Оптимальне співвідношення компонентів на рис. 1 відповідає 1,7 мл H_2SO_4 ($\rho = 1,86$) до 16 г осаду вологістю $W = 75\%$. За співвідношення маси сірчаної кислоти до маси осаду 1:2 виділяється максимальний обсяг газу. Після цієї точки обсяг газової фази, що виділилася, залишається величиною незмінною. Це свідчить про надлишок кислоти і завершення реакції (див. рис. 3).

Пошук оптимальної кількості кислоти для оброблення вологого осаду проведено в інтервалі від 0,75 до 2,75 мл (залежності 1, 2 і 3). Найбільш оптимальне значення визначено для залежності 2. Оптимальна кількість сірчаної кислоти, необхідна для затвердіння шару вологого осаду завтовшки 2-3 мм, дорівнює 1,7-1,8 мл (рис. 4).

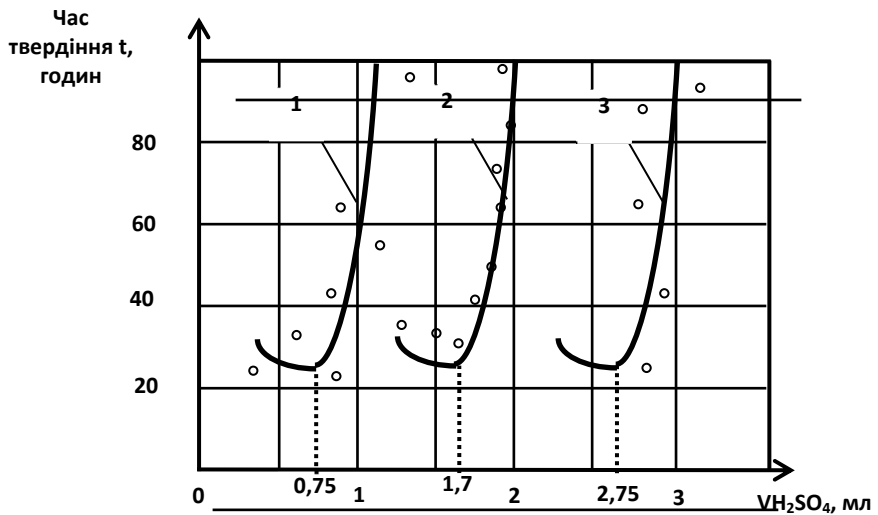


Рис. 3. Визначення оптимальної кількості кислоти для вологого осаду

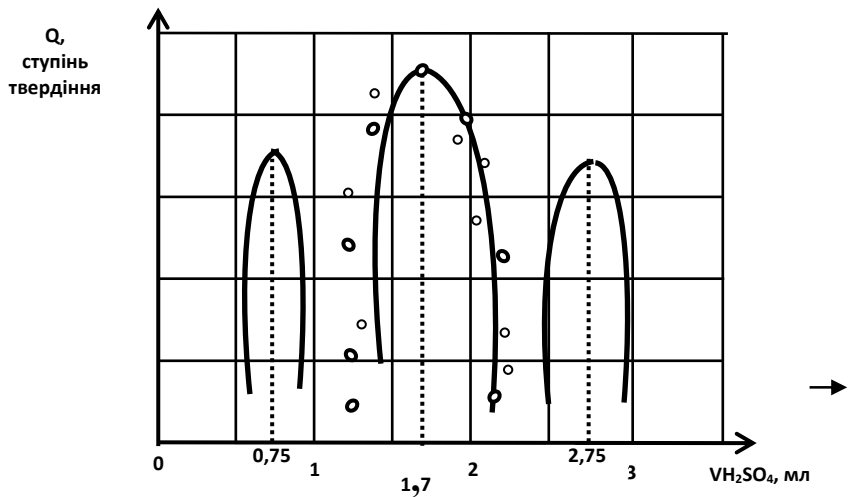


Рис. 4. Залежність ступеня твердості від обсягу введеної сірчаної кислоти

Якщо обсяг H_2SO_4 менше 1,7 або більше 1,8 мл, затвердіння осаду, який обробляють, не відбувається внаслідок перенасичення компонентами, які не завжди сприяють підвищенню ступеня твердіння. Заважають цьому процесу час і об'єми рідких відходів.

Залежність швидкості затвердіння зразка (вологий осад + H_2SO_4) від концентрації введеного силікату натрію

За додавання силікату натрію (Na_2SiO_3) зміна в'язкості системи продуктів взаємодії осаду важких металів (вологість 75%) і сірчаної кислоти не відбувається.

За взаємодії вологого осаду з сірчаною кислотою утворюється розчин з підвищеним вмістом Cr^{3+} і осад сульфату Ca , що містить безліч інших компонентів та їх сполук. За додавання 3 мл Na_2SiO_3 обсяг розчину над осадом значно зменшується. У разі подальшого збільшення силікату натрію затвердіння рідкої фази не відбувається. Це свідчить про те, що подальше додавання силікату натрію до системи не призведе до суттєвих змін.

Обробка вологого осаду ГВМ сірчаною кислотою з додаванням триполіфосфату натрію (ТПФ)

За введення 0,5-0,7 г ТПФ в'язкість системи різко зростає через 2 хв. (рис. 5). За додавання більшої кількості ТПФ спостерігається мале зміння в'язкості, яка зростає різко через 20 годин.

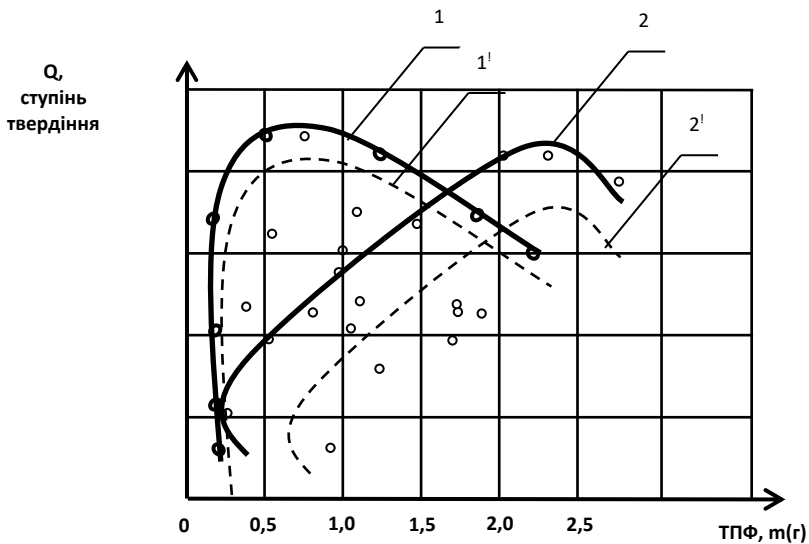


Рис. 5. Вплив введення триполіфосфату натрію на зразок складу 16 г осаду ГВМ + 3,4 мл H_2SO_4 :

- 1 - залежність швидкості затвердіння зразка від маси триполіфосфату натрію;
2 - ступінь твердості зразка залежно від вмісту ТПФ

Це пояснюється тим, що неорганічні ПАР - триполіфосфат натрію утворює легкорухливі водневі зв'язки з молекулами води. Молекули води в свою чергу звільняються як результат дегідратуючої дії сірчаної кислоти на кристалогідрати оксидів важких металів.

Примітка. Зміна маси і вмісту триполіфосфату натрію (ТПФ) підвищує тривалість оброблення осадів: час твердіння, утворення однорідної твердої маси, що впливає на подальше оброблення рідинних відходів.

Обробка вологого осаду ГВМ сірчаною кислотою з додаванням твердого зразка (продукту взаємодії сухого осаду ГВМ з фосфорною кислотою)

Відношення вологого осаду ГВМ до твердого об'єму зразка становить 20:1. Як результат досліджень знаходимо оптимальну точку, в якій відбувається помітне зміння всіх параметрів (рис. 6).

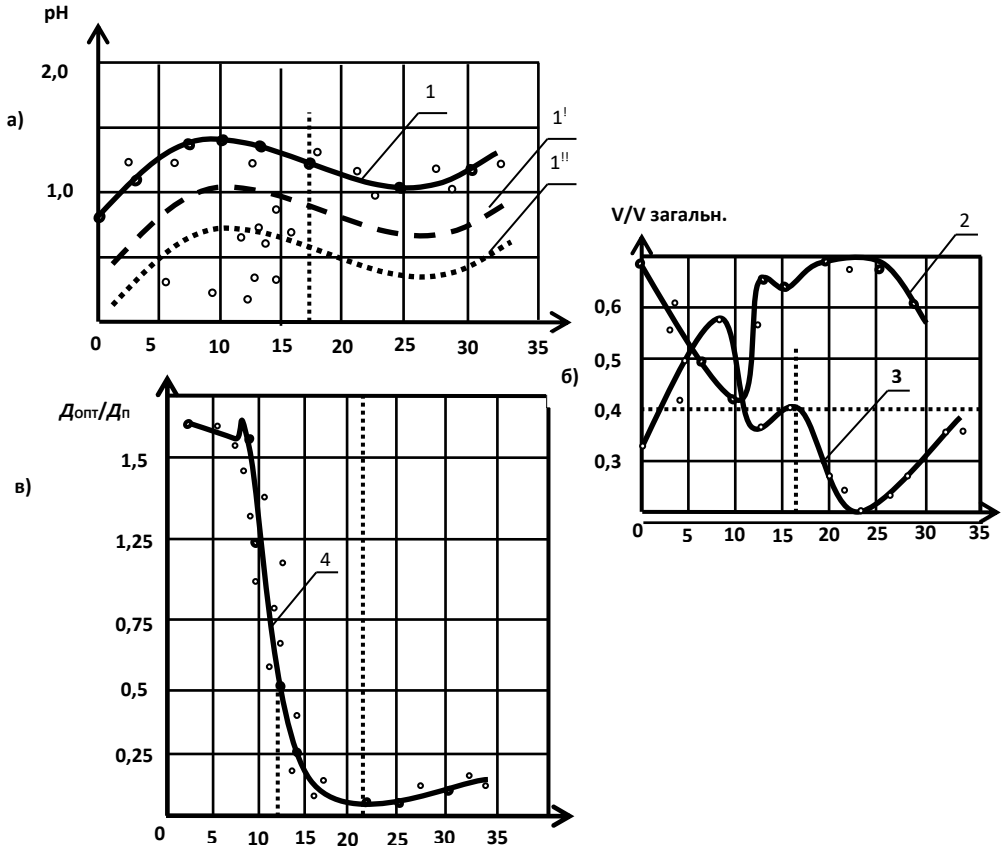


Рис. 6. Вплив добавок твердої фази на концентрований розчин, отриманий як результат взаємодії вологого осаду ГВМ зі сірчаною кислотою:

а – рН виділилася рідина (1); б – відношення об'єму розчину до загального об'єму V/V_{загальн.} (2) і відношення об'єму виділеного осаду до загального об'єму розчину (3); г – залежність оптичної щільності (Д_{опт}/Д_п) від масового відношення вологого осаду до сухого, який додається до продукту (4).

Точці, в якій відбувається помітне зміння всіх параметрів, відповідає склад 32 грамів вологого осаду, 3,4 мл H₂SO₄, від 1,5 до 2 частин твердого зразка.

Неорганічний клей, отриманий з відходів гальванічного виробництва і матеріали на його основі

За результатами промислових випробувань [4] розроблено спосіб отримання неорганічного клею на основі відходів гальванічного виробництва комбінованого складу (рис. 7).

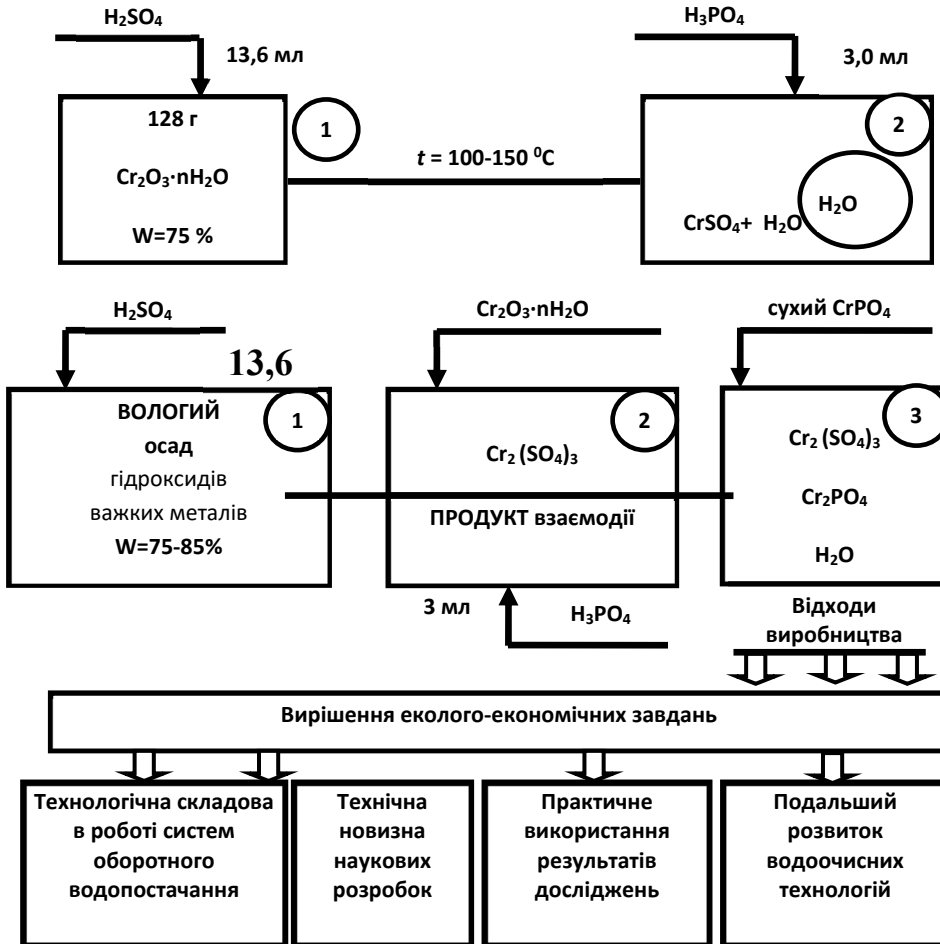


Рис. 7. Схема отримання неорганічного клею з осаду гідроксидів важких металів, сірчаної та фосфорної кислот

Після додавання сірчаної кислоти до осаду йде бурхлива екзотермічна реакція, кип'ятимо отриману масу протягом 60-90 хвилин. Частково руйнується кристалізаційна вода, яка випаровується разом з наявною в розчині водою, отримуємо темно-зелену рідину підвищеної в'язкості.

До отриманої в'язкої масі після охолодження додаємо 3 мл фосфорної кислоти для розведення.

За подальшого використання розчин клею в найбільш екстремальних умовах добре розчинюється у воді, за термообробки розчинність погіршується.

Оптимальний обсяг фосфорної кислоти вводиться для отримання хромофосфатної зв'язки 3 мл H_3PO_4 на 10 г клею. Після випарювання отримуємо обсяг клеєподібної маси вдвічі менше, ніж початковий обсяг розчину (рис. 8).

За інших значень кількості клею зміна обсягу рідини впродовж не менш двох годин за випаровування ($t = 120^\circ C$) до утворення клеєподібної маси є лімітуючою ознакою в розробленій технології.

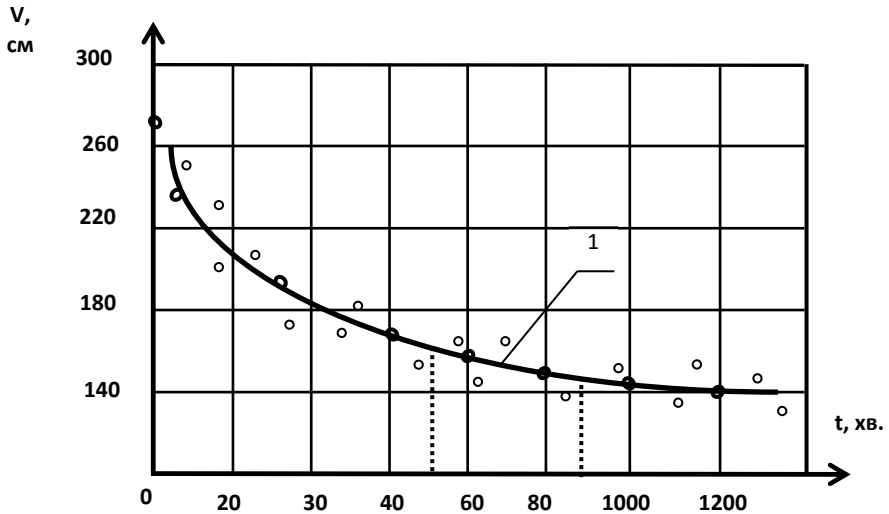


Рис. 8. Зміна обсягу рідини впродовж не менш двох годин за випаровування ($t = 120^\circ C$) до утворення клеєподібної маси

Як результат реакції взаємодії осаду гідроксидів важких металів з сірчаною кислотою виділяється на 128 г осаду 9,6 г газу, що у відсотковому співвідношенні становить 7,5% за масою.

Як результат випаровування продуктів взаємодії осаду гідроксидів важких металів з сірчаною кислотою за $t = 100-115^\circ C$ і подальшого розведення фосфорною кислотою отримуємо 79,6 г клеєподібної маси щільністю $\rho = 1,67 \text{ г/см}^3$.

Витрата реактивів для приготування клею, мас. %: осад гальванічного виробництва ($W = 75\%$) – 69%, сірчана кислота ($\rho = 1,86 \text{ г/см}^3$) – 13%, фосфорна кислота ($\rho = 1,71 \text{ г/см}^3$) – 17,3%.

Отже, за взаємодії компонентів осаду з сірчаною і фосфорною кислотами відбувається руйнування їх кристалічної структури і утворення полімерних з'єднань. Надалі на основі неорганічного клею за додавання наповнювачів (шамот, окис алюмінію) можна отримати міцні і водостійкі матеріали (рис. 9).



а)

Осад гальванічного виробництва (W = 75%) – 69%, сірчана кислота ($\rho=1,86 \text{ г/см}^3$) – 13%, фосфорна кислота ($\rho=1,71 \text{ г/см}^3$) – 17,3%.

б)

Осад гальванічного виробництва (W = 75%) – до 60%, сірчана кислота ($\rho=1,86 \text{ г/см}^3$) - 10%, фосфорна кислота ($\rho= 1,71\text{г/см}^3$) – 12,0-15,3%.

в)

Осад гальванічного виробництва (W = 75%) – 64%, сірчана кислота ($\rho=1,86 \text{ г/см}^3$) – 5-8%, фосфорна кислота ($\rho=1,71 \text{ г/см}^3$) – 8-10,3%.

Рис. 9. Матеріал на основі неорганічного клею з відходів гальванічного виробництва, за трьома варіантами: а, б і в

Матеріали, отримані на основі неорганічного клею з додаванням відходів гальванічного виробництва (рис. 9), вирішують декілька взаємопов'язаних завдань. По-перше, забезпечується повний цикл в системах промислового водопостачання. По-друге, зменшується навантаження на навколишнє природне середовище, внаслідок скорочення скидання неочищених стічних вод і зневоднених відходів. Крім того, забезпечується подальший розвиток водоочисних технологій, які створюють умови для використання отриманих матеріалів як вогнетривів.

Обговорення результатів досліджень

Досліджено процеси руйнування осаду різними кислотами з впливом концентрації кислоти на в'язкість системи отриманих продуктів реакції. Як результат отримано високов'язкі рідини, що мають клеючі властивості. Було розглянуто зміни в'язкості розчину продуктів взаємодії сірчаної кислоти з осадом за додавання різних видів реактивів (силікат натрію, триполіфосфат натрію, сухий подрібнений осад гідроксидів важких металів того самого складу, ортофосфорна кислота. У всіх досліджуваних випадках було отримано склад, клеючі властивості якого недостатні. Було запропоновано проведення термообробки розчинів сульфатів для того, щоб позбутися від деякого об'єму води, що заважає утворенню зв'язки. Отриману в'язку масу розводили фосфорною кислотою, яка згодом під час термообробки посилювала в'язкість розчину і міцності властивостей матеріалу.

Проведені дослідження корисні тим, що вирішують проблему знешкодження рідких відходів гальванічного цеху, руйнуючи їх кристалічну структуру з утворенням клеєподібної маси. Додаючи в неї різні наповнювачі (шамот, окис алюмінію тощо), можна отримувати міцний і водостійкий матеріал. Це вирішує дві взаємопов'язані між собою прикладні проблеми:

- утилізації шкідливих для навколишнього середовища відходів гальванічного виробництва;
- виготовлення матеріалу на основі неорганічного клею.

Для подальшого дослідження і використання зневоднених відходів гальванічного виробництва планується випробувати на міцність матеріали на основі неорганічного клею з різними наповнювачами.

Отже, утилізація зневоднених відходів гальванічного виробництва є важливою складовою промислового виробництва підприємств, на яких обробляють стічні води гальванічного виробництва.

Висновки за результатами дослідження

1. Як результат проведеної роботи визначено оптимальну кількість кислоти для розчинення осаду гальванічного виробництва, відношення маси кислоти до маси осаду становить 1: 5.

2. Додатки отверджувачів силікату натрію, триполіфосфату натрію, твердого зразка (продукту взаємодії сухого осаду ГВМ з фосфорною кислотою), сухого подрібненого осаду ГВМ того самого складу не змінює в'язкість розчину. Отримані склади не володіють клеючими властивостями.

3. Найбільш перспективним є використання неорганічного клею, який має такий склад: осад гальванічного виробництва – 69 мас. %, сірчана кислота ($\rho = 1,86 \text{ г/см}^3$) – 13,7%, фосфорна кислота ($\rho = 1,71 \text{ г/см}^3$) – 17,3%, що дозволяє спільно з іншими наповнювачами давати міцні водостійкі матеріали.

Пропозиції та практичні рекомендації

За результатами лабораторних досліджень і промислових випробувань встановлено такі результати.

1. Використання відповідних реагентів можливо за різного їх поєднання і дотримання порядку їх введення, кількісного співвідношення з урахуванням специфіки виробництва та умов утворення стічних вод. Однак необхідно дотримуватися часу і порядку введення хімічних компонентів, починаючи з мінімального рівня і дотримуючись діапазону кожного компонента.

2. Хімічні компоненти, що їх використовують в певному співвідношенні до шестивалентного хрому, забезпечують ефективно (на рівні 99,0-99,5%) оброблення стічних вод з високими початковими концентраціями (хрому (VI) в межах 300 - 350 г/дм³; міді в межах (II) 100 - 150 г/дм³; заліза (III) в межах 180-200 г/дм³; хрому (III) в межах 80 - 100 г/дм³) та ін. забруднювачів.

3. За результатами дослідження, спрямованого на гарантування екологічної безпеки утилізації осадів, які утворюються під час оброблення стічних вод гальванічного виробництва, запропоновано блок-схему, в якій поетапно наведено технологічні операції отримання вогнетривів на основі неорганічного клею як

продукту реакції шламів гальванічних виробництв з сірчаною та фосфорною кислотами та електрокорунду.

4. Компоненти осаду який досліджувався, містять вагову частину (у %), у значеннях: $\text{Cr}(\text{OH})_3$ – 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 утворилися під час оброблення стічних вод гальванічного виробництва.

5. Випробування зразків на міцність з сухим і вологим електрокорундом проведено для площі поперечного перерізу зразків 3,8 x 3,7 см (0,0014 м³) за їх витримки в різних середовищах впродовж не менше 6 діб.

6. Оптимізовано кількісний склад для виготовлення міцних і водостійких зразків, який становить кількість 40 г клею (з гідроксидів важких металів) + 100 г електрокорунду, розчин цементу Δ рН був у діапазоні до 0,35-0,4.

Список використаних джерел

1. Чернишова Л.М., Мовчан С.І., Епоян С.М. Утилізація осадів стічних вод гальванічних підприємств. «*Problems of Emergency Situation*» : Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (Харків, 20 трав. 2021). Харків : національний університет цивільного захисту України, 2021. С. 374-375.

2. Мовчан С.І., Чернишова Л.М. Забезпечення екологічної безпеки утилізації осадів стічних вод шляхом отримання вогнетривів. *Науковий вісн. Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання*. Мелітополь, ТДАТУ, 2021. Вип. 11, Том. 1. С.11. DOI: 10.31388/2020-8674-2021-1-11. URL : <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/naukovy-j-visnyk-tdatu-2021-vypusk-11-tom-1.pdf>

3. А.с. №103389. Дата реєстрації 23 березня 2021 р. Науковий твір «Інженерно-технічне рішення оброблення стічних вод гальванічного виробництва» /С.І. Мовчан, Л.М. Чернишова. Ідентифікатор: CR0555230321. URL : <https://sis.ukrpatent.org>

4. А.с. Інженерно-технічне рішення поводження з рідкими відходами, осадами і шламами які утворюються при обробленні стічних вод гальванічного виробництва / С.І.Мовчан, Л.М. Чернишова. №103389. Дата реєстрації 23 березня 2021 р. Ідентифікатор: CR0555230321. <https://sis.ukrpatent.org>

5. Пат. № 145670 Україна. МПК (2021.01). C02F11/00. Спосіб комплексної переробки відходів гальванічного виробництва. Опубл.28.12.2020.

6. Пат. № 146090 Україна. МПК7 (2021.01) B01D33/00. Система підготовки та переробки відходів гальванічного виробництва з вертикальним магнітним транспортером. Опубл. 21.01.2021.

7. Пат. № 146939 Україна. МПК7 (2021.01) C02F11/12. Система утилізації відходів гальванічного виробництва промислових підприємств. Опубл. 31.01.2021.

8. Пат. № 147188 Україна. МПК7 (2021.01) C02F11/00. C02 F1/46 (2006.01). Спосіб оброблення рідинних відходів з секційним дозатором. Опубл. 21.04.2021,

9. Чернишова Л.М., Бойко С.В. Виготовлення вогнетривів на основі осада, який утворюється при обробленні стічних вод гальванічного виробництва. *Меліорація та водовикористання. Професійна освіта: стан та перспективи* : Матеріали XIII наук.-практ. конф. Мелітополь, 2021. С. 30-35.

10.: Пат. 105153 Україна. МПК7 (2016.01) C02F 11/00 Спосіб перероблення осадів гальванічних відділень. Опубл. 10.03.2016.

11. Пат. 133224 Україна. МПК7 C02F 1/66 (2006.01) C02F 11/22 (2006.01). Спосіб переробки відпрацьованих розчинів, які містять іони хром і алюміній:: Опубл. 25.03.2019.

12. Пат. 97879 Україна. МПК7 (2014.11.09) C02F 11/00 Спосіб утилізації осадів гальванічних відділень. Опубл. 10.04.2015.

13. А.с. 1668151 СССР, МКИ В28 В7/38. Смазка для форм / Н.И.Бунин, Л.И. Дворкин, И.А. Шамбан, С.И. Мовчан; Украинский институт инженеров водного хозяйства.; заявл. 30. 03. 89; опубл. 07. 08. 91, Бюл. № 29.

14. А. с. 67543. Еколого-безпечні способи поводження з рідкими відходами промислового виробництва / С.І. Мовчан. заявл.04.07.2014; дата реєстр.02.09.2016.

15. Чернишова Л.М., Мовчан С.І. Поводження з відходами гальванічного виробництва, шляхом виготовлення вогнетривів. *Еко Форум-2021* : Збірка тез доповідей V спеціаліз. міжнар. Запорізького екологічного форуму (Запоріжжя, 14-16 вер. 2021). Запоріжжя, 2021. С. 298-300.

16. Chernyshova, L., Movchan, S., Eroyan, S. (2021). Utilization of Galvanic Enterprises Sewage. *Material Science Forum*, vol. 1038, p. 282-289. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.1038.282. <https://www.scopus.com/sourceid/28700> -