

ВІДГУК

**офіційного опонента Петрука В. Г. на дисертаційну роботу Нестера
Анатолія Антоновича "Наукові основи підвищення рівня екологічної безпеки
гальванічного виробництва", поданої на здобуття наукового ступеня доктора
технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека**

Актуальність обраної теми.

У світі функціонують безліч електротехнічних та електрохімічних виробництв, гальванічних цехів та дільниць, що викидають зі стічними водами травильні розчини, а також шлами, які негативно впливають на стан водних об'єктів, ґрунти та атмосферне повітря. Частіше всього, ці скиди здійснюються без будь-якого очищення, а високотоксичні шлами підлягають захороненню без переробки та регенерації. При цьому у цих скидах та викидах містяться значні обсяги сполук, що містять цінні метали та компоненти. А традиційні технології не дозволяють у повній мірі їх вилучати внаслідок дороговизни та складнощів, які виникають при такому очищенні. Відтак, виникає проблема удосконалення електрохімічних технологій, а також підвищення рівня екологічної безпеки гальванічних виробництв з додержанням екологічних норм та нормативів, регламентованих вітчизняним природоохоронним законодавством та відповідними європейськими Директивами. Крім екологічних аспектів, необхідно також удосконалювати технології вилучення металів з травильних речовин, що має значний і фінансово-економічний інтерес, оскільки добування руд та їх збагачення, а також сучасні технології їх виплавки є на сьогодні надто вартісними та екологічно невиправданими, тому поруч з ними вилучення металів з гальванічних стоків та шламів є вагомим підмогою.

Отже, розвиток теоретичних основ створення нових технологій гальванічних виробництв та друкованих плат, а також модернізації і впровадження маловідходних, замкнутих, оборотних та рециклінгових процесів, які б суттєво покращували екологічну безпеку електрохімічних виробництв і навколишнього середовища, є на часі і актуальність такої проблематики не викликає сумнівів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота виконувалась згідно науково-дослідній роботі "Розробка екологічно чистої технології утилізації стічних вод виробництва плат та гальваніки" (2014 р, номер держреєстрації 0114U007394) та пов'язана з темами "Розробка екологічно чистої технології вилучення з води та утилізації важких металів" (№2192), та відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України від 21.08.2000р. № 1291 "Про затвердження конвенції зменшення об'єму викидів важких металів", у яких здобувач брав участь як керівник і відповідальний виконавець відповідно.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Обґрунтованість та достовірність дослідження забезпечено завдяки змістовному аналізу стану проблеми, використанню апробованих методів, відсутністю протиріч з працями відомих вітчизняних та закордонних вчених, використанням сучасних комп'ютерних технологій. Достовірність результатів також забезпечена можливістю їх відтворення, задовільним збігом експериментальних та теоретичних результатів і положень, впровадженнями та апробацією на практиці і позитивними висновками, патентами на винаходи та на корисну модель тощо.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розкритті особливостей та закономірностей електрохімічних процесів, направлених на забезпечення екологічної безпеки гальванічних виробництв. Основні наукові результати роботи, з нашої точки зору, такі :

- удосконалено відомі методи та створено нове екологічно безпечне устаткування для проведення технологічних процесів, що забезпечують додержання нормативів шкідливих впливів на довкілля, а також розроблено рекомендації з підвищення екологічної безпеки, стабілізації та стану довкілля на територіях підприємств гальвановиробництва;

- обґрунтовано та досліджено прогноз забруднення ґрунтів та порід на території складування солей від стічних вод виробництва плат та гальваніки, який підтверджує, що через 1 рік після засипки верхній шар ґрунту товщиною в 0,5 м перейде в категорію слабо засолених;

- обґрунтовано наукові засади використання екологічно безпечної технології використання міді виділеної зі стічних вод, що дозволило досягнути покращення результату розрахунку сумарного індексу небезпеки шламу виробництва плат та гальваніки більше ніж в 5 разів (з 0,012 до 0,061);

- встановлено, що при використанні нової запропонованої технології обробки стічних вод поліпшуються показники розрахунку сумарного індексу небезпеки шламу, та створюються передумови до поліпшення екологічного стану в районі гальванічного виробництва (сумарний індекс небезпеки шламу замість існуючого значень 0,0405 і 0,141 для окремого підприємства став відповідно 300 і 100).

- обґрунтовано можливість використання електрохімічних методів для визначення товщини покриттів оловом на мідній основі, що дозволяє автоматизувати процес виготовлення плат без скидів відпрацьованого розчину, а, відтак, без утворення шламів та дозволяє здійснювати моніторинг всіх етапів процесу утилізації відходів і забезпечує її інтегрування у загальну систему забезпечення екологічної безпеки;

- удосконалено підходи до використання установок з псевдозрідженим шаром струмонепровідних частин для очищення промивних стічних вод з малими

концентраціями шкідливих речовин в межах з 3 до 0,002-0,005 г/л, використання яких запобігає формуванню високотоксичних речовин і сприяє забезпеченню екологічної безпеки;

– розроблені математичні моделі металізації плат з відпрацьованих перспективних розчинів європейського застосування: сірчаноокислого, борфтороводневого, пірофосфатного, етилендіамінового електролітів розчинів без скидів стічних вод у навколишнє середовище;

– визначено елементи конструкції відновлювача водних розчинів (профіль, розташування, розмір анода, відстань анод-катод), які впливають на розподіл струму на катоді та якість міднення при повторному використанні міді з стічних вод;

– запропонована методика визначення ризиків екологічної діяльності підприємств виробництва плат та гальваніки на основі використання методу експертних оцінок;

- удосконалено та підтверджено експериментально можливості використання в якості електродів окремих форм з нержавіючої сталі І2ХІ8НТ при відновленні кадмієвих розчинів, що дає можливість запропонувати конкретні технічні рішення для управління екологічною безпекою при видаленні важких металів;

– отримав подальший розвиток науковий підхід до створення математичної моделі процесу фільтрування стічних вод з постійною і змінною концентрацією домішок через пористі середовища із спадною швидкістю, що дозволяє мінімізувати негативний вплив рідких скидів у водні об'єкти та утворення шламів до 1кг/добу з розрахунку скидів стічних вод 1раз в 2-3 місяці.

Практична цінність дисертаційної роботи.

Розроблені і практично реалізовані методи управління екологічною безпекою об'єктів виготовлення плат та гальваніки, спрямовані на раціональне використання природних ресурсів, додержання екологічних нормативів.

Устаткування та окремі лінії, розроблені на основі досліджень, захищені патентами на винахід, забезпечені конструкторською документацією та можуть поставлятися промисловим підприємствам, що дозволить різко зменшити скиди в навколишнє середовище та сприятиме забезпеченню екологічної безпеки (копії патентів представлені в додатку до дисертації). Окремі установки та обладнання впровадженні, зокрема: в ТОВ “НПП Спецтехобладнання”, ДП “Новатор”, ПАТ “Укрелектроапарат”, ПАТ Завод “Темп”, ПП “Рематоменерго”, а також у навчальному процесі кафедри будівництва та цивільної безпеки Хмельницького національного університету.

Повнота викладу результатів в опублікованих працях та апробація результатів досліджень.

За результатами аналізу поданого автором переліку опублікованих ним наукових праць виявлено, що всі винесені на захист наукові результати належать

особисто авторові і з достатньою повнотою відображено у 79 наукових працях, з них 2 у монографіях, 3 статті, що індексуються в міжнародних наукометричних базах, 23 статті у фахових українських та 28 статей в закордонних наукових виданнях, 20 тезах доповідей, 3 патентах.

За кількістю, обсягом та якістю наукові праці відповідають вимогам МОН України щодо публікацій основного змісту та наукових результатів дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук.

Оцінка змісту та структури дисертації.

Зміст роботи відповідає поставленим задачам. Виклад матеріалу системний, послідовний – від мети і задач дослідження, а від них – до матеріалів основних розділів та загальних висновків. Робота представлена на 309 сторінках основного тексту, має вступ, шість розділів, висновки, список використаних джерел та додатки.

У *вступі* розкрито сутність науково-прикладної проблеми та її актуальність; представлено ідею та мету дисертаційної роботи, задачі, об'єкт і предмет дослідження; висвітлено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів; відображено особистий внесок здобувача, надано інформацію щодо апробації та публікації результатів роботи, її структури, а також обсягу роботи.

Перший розділ дисертації присвячено аналізу патентної та науково-технічної вітчизняної та зарубіжної літератури, подано загальну характеристику водних розчинів та електролітів, які використовують у виробництві друкованих плат, виконано аналіз схем, що працюють в різних умовах експлуатації та їх вплив на навколишнє природне середовище. Проведено аналіз стану екологічної небезпеки виробництва плат та гальваніки щодо використання технічних рішень в частині зменшення впливу на навколишнє середовище який показав недостатню вивченість сучасних проблем. Так, незважаючи на те, що значну екологічну небезпеку становлять відходи гальванічного виробництва (в т.ч. шлами), але дослідження для створення бази утилізації та отримання продукції в цій царині розвинуті недостатньо. Крім того, не розвиваються дослідження щодо забруднення поверхневих та підземних вод, а також ґрунтів, що веде до погіршення екологічного стану в районах розташування промислових підприємств. Обґрунтовано необхідність створення автоматичної лінії, яка дає можливість різко знизити затрати на виготовлення плат та очищення води, охарактеризовано загальний стан проблеми раціонального використання води в промисловості, заходам з очищення газоподібних, стічних вод та твердих відходів, що стабілізує та поліпшує стан довкілля. Здійснено вибір напрямків підвищення екобезпеки довкілля.

У *другому розділі* представлено аналіз літературних джерел на предмет визначення екологічного ризику та встановлено, що уніфікована методика визначення екологічного ризику в сучасних, навіть розвинених державах, відсутня. Запропонована та обґрунтована оцінка ризику екологічної діяльності підприємства

виробництва плат та гальваніки на основі використання методу експертних оцінок. Виконано та обґрунтовано дослідження по нанесенню шкоди ґрунтам від зберігання шламів на території підприємств, які можуть бути використані для практичної діяльності екологічними підрозділами. Приведені результати дослідження забруднення ґрунтів свинцем на території міста, де розташовані промислові підприємства, які показали збільшення антропогенного навантаження (велика частина території міста характеризується значним перевищенням гранично допустимої концентрації (від 1,3 до 6,45 разів) рухомої форми свинцю. Описано методики проведення досліджень на діючому обладнанні в заводських умовах. Це дає позитивну перспективу на беззастережне впровадження, зменшення впливу стічних вод на навколишнє природне середовище. Описані пропозиції дослідження введення коригувальних речовин, фільтрації розчинів, стічних вод та досягнені результати досліджень допоможуть забезпечити оптимальні параметри проведення технологічних операцій, різко зменшать кількість стічних вод, а відтак, підвищать рівень екологічної безпеки виробництва.

У *третьому розділі* надано результати моніторингових досліджень екологічної небезпеки на прикладі Хмельницької соціально-економічної зони, яка характеризується інтенсивним техногенним навантаженням у сукупності із існуючими природно-антропогенними чинниками. Дослідження показали, що основними наслідками проявів екологічної небезпеки є погіршення показників якості підземних та поверхневих вод унаслідок забруднення шкідливими речовинами. Теоретично і експериментально визначена можливість коригування мідно-лужних водних травильних розчинів шляхом десорбції аміаку з його водних розчинів. Коригування мідно-лужних водних травильних розчинів шляхом десорбції аміаку дасть можливість зменшити кількість шламів та підвищити екологічну безпеку підприємств. Запропоновано використовувати пристрій коригування спільно з установкою електрохімічного відновлення, що дозволяє створити обладнання, яке може працювати в автоматичному режимі та розробити маловідходний технологічний процес використання водних розчинів і зменшити вплив на навколишнє природне середовище. Результати проведених досліджень показали доцільність використання електрохімічних методів для визначення товщини покриттів оловом на мідній основі, які дозволяють вести відновлення водних розчинів та вирішувати питання автоматизації виробничих процесів і підвищити екологічну безпеку процесів.

У *четвертому розділі* на основі узагальнення результатів виконаних теоретичних та експериментальних наукових досліджень встановлено, що до об'єктів підвищеної екологічної небезпеки можна віднести підприємства з гальванічними цехами та цехами виробництва друкованих плат. Проведені дослідження дають можливість використовувати осадження міді з травильних

розчинів для міднення друкованих плат, повторного використання для переплавки та тим самим сприяти очищенню стічних вод, зменшити витрати електроенергії та трудоемність технологічних процесів, підвищити екологічну безпеку виробництва. Досліджено кінетику електрохімічного осаду міді з сірчаноокислих електролітів в широкій області потенціалів, в умовах природної конвекції і примусової подачі розчину в ламінарному і турбулентному режимах течії. Методами поляризаційних вимірювань, електронної і оптичної мікроскопії, маятника і іншими показано, що в умовах природної конвекції і в ламінарних режимах руху електроліту морфологія поверхні мідного осаду однозначно визначається потенціалом осаду. Дослідження вказують на комплексний, сумарний вплив основних факторів на розподіл металевого осаду на поверхню контактних майданчиків штампованих плат. До основних факторів доцільно віднести поляризаційні характеристики, залежні від природи водного розчину електроліту, гідродинамічного і струмових режимів, а також геометричних характеристик елементів конструкції відновлювача водного розчину.

У *п'ятому розділі* представлено створену математичну модель процесу фільтрування стічних вод з постійною і змінною концентрацією домішок через пористі середовища із спадною швидкістю, що дозволяє мінімізувати негативний вплив рідких скидів у водні об'єкти довкілля та утворення шламів. Розроблено установку та досліджено закономірності осаду з використанням псевдозрідженого шару для утилізації кадмію з промивних вод гальванічних виробництв. Теоретично та експериментально підтверджено можливості використання як матеріали електродів окремих форм з нержавіючої сталі І2ХІ8НТ. Проведені хімічні, фізико-хімічні дослідження зразків осадів стічних вод дозволяють стверджувати, що стічні води каналізаційних споруд містять задовільну кількість органічної маси та мікроелементів, а вміст важких металів у пробах осадів стічних вод не перевищує ГДК. Дані досліджень осадів очисних споруд свідчать про те, що за вмістом мікроелементів осади стічних вод наближаються до рівня забезпеченості цими мікроелементами підзолистих ґрунтів.

Зазначене вище дозволило міським службам прийняти рішення про можливість вивозу стабілізованого мулу на міське сміттєзвалище в якості пересипки шарів ґрунту.

В *шостому розділі* запропоновано рекомендації по технологічним процесам та схемно-конструктивним рішенням апаратури для підвищення рівня екологічної безпеки. Проведена оцінка ефективності запропонованої технології утилізації міді з стічних вод та показана її перспективність для покращення екологічної безпеки в районах виготовлення плат та розташування гальванічних цехів.

Встановлено, що економічний ефект від впровадження екологічної технології утилізації досягає більше 2000000 грн/рік.

Висновки по розділах і загальні висновки відображають зміст наукових і практичних результатів досліджень.

Відповідність дисертації та автореферату встановленим вимогам.

Дисертація та автореферат оформлені відповідно сучасним вимогам ДАК МОН України. Автореферат дисертації в межах відведеного обсягу адекватно відображає зміст результатів дисертації. Висновки та результати дослідження належним чином відображають етапи дослідження, їх цілісність та взаємну обумовленість. Таблиці та рисунки, які розміщені в тексті автореферату, повністю відповідають задекларованій теоретичній та практичній цінності даної роботи.

Оцінка відповідності паспорту спеціальності. Робота відповідає паспорту спеціальності 21.06.01 – екологічна безпека за наступними пунктами: 2, 3, 4, 6. Мета, об'єкт, предмет та завдання виконаного дослідження також узгоджуються із формулою спеціальності, яка направлена на «пошук та створення за їх допомогою оптимальних форм управління екологічною безпекою».

Загальні зауваження по роботі.

1. С.44. 60'10⁶. Що це за одиниця вимірювання екологічної небезпеки? Внесіть ясність.

2. Табл. 2.1-2.3. Ви зазначаєте, що екологічне навчання, екологічна культура і т. д. мають ризик. Так в чому він виявляється? І чому Ви обрали саме п'ятибальну систему оцінювання ризику?

3. Ви використовували під час експериментів вимірювальне обладнання (потенціостати, рН-метри, самописці тощо). А чи пройшли вони метрологічну сертифікацію, перевірку, а також який їх клас точності тощо, бо це явно впливає на достовірність отриманої експериментальної інформації?

4. С.169. Ви подаєте фотографії зразків міді в осаді на катоді або катодному просторі на дні ванни. А до чого тут її структура, твердість, потенціометричні криві після того, коли Ви вже вилучили її з травильного розчину? Все рівно, ця мідь хоч в порошку, хоч знята з катода буде потім іти на переплавку.

5. С.181 та ін. Чому Ви використовуєте аноди тільки із свинцю, міді, нержавіючої сталі, а не, наприклад, графітові?

6. Чи досліджували Ви вплив відстані «катод-анод» на ефективність процесу електролізу?

7. Ви використовували ціаністі електроліти. Це одні з найнебезпечніших речовин для всього живого. Як Ви їх утилізуєте?

8. С.250-252. Ви зазначаєте, що електрохімічні осади містять до 30% органіки. Звідки вона виникає у електролізерах?

9. С.279. «Отримали розвиток уявлення». Невже уявлення є серйозним (докторським) науковим методом, а не знання, аналіз, синтез тощо?

10. Ви декларували, зокрема, в ідеї, що створили нові екологічно безпечні

технології. В чому їх суть і чим вони відрізняються від відомих?

11. В тексті роботи є ряд некоректних виразів, орфографічних та синтаксичних недоліків, а саме: тон замість тонн; підложки замість підкладки або плати; котрі замість які; екологічна обстановка замість екологічний стан; концентрація не постійна, а стала; не виключення, а виняток; не з'єднання, а сполуки; не кругообіг, а колообіг; не двухкоординатний, а дво...; не підчас разом, а під час – окремо; не міроприємств, а заходів та ін.

Проте ці та інші зауваження та незначні недоліки суттєвим чином не зменшують наукової новизни та практичної цінності роботи.

Загальний висновок.

Дисертаційна робота Нестера А. А. "Наукові основи підвищення рівня екологічної безпеки гальванічного виробництва" є завершеною працею, в якій отримані нові науково-обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують проблему розвитку наукових основ удосконалення системи захисту навколишнього середовища, як передумови підвищення ефективності забезпечення екологічної безпеки техногенно-навантажених територій та діяльності електрохімічних виробництв. Результати цієї роботи можуть бути застосовані і вже частково використовуються в практичній електрохімії, в екології та екологічній безпеці, в технологіях захисту навколишнього середовища, в екологічному менеджменті підприємств, особливо електрохімічної галузі тощо.

Отже, за актуальністю, новизною, теоретичною та практичною цінністю, змістом, оформленням та структурою вона відповідає вимогам ДАК України до докторських дисертацій, регламентованих пп. 9, 10, 12-14 Положення про «Порядок присудження наукових ступенів», затверджених Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567 із змінами, а її автор Нестер Анатолій Антонович заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека.

Опонент,
директор інституту екологічної безпеки та моніторингу довкілля,
професор кафедри екології та екологічної безпеки Вінницького
національного технічного університету, Заслужений природоохоронець
України, доктор технічних наук, професор

 Петрук В.Г.

Вчений секретар ВІННУ

 Поплавський А.В.



Підпис  В. Г. Петрука,  А. В. Поплавського А.В.

ПОСВІДЧУЮ

Зав. канцелярією 