

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
Факультет будівництва, архітектури та дизайну
(повне найменування інституту, факультету)
Кафедра «Композиційні матеріали, хімія та технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти)

на тему **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОТИКОРОЗИЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
РОСЛИННИХ ЕКСТРАКТІВ**

Виконала: студентка 2 курсу, групи БАД-212м

Спеціальності 132 «Матеріалознавство»

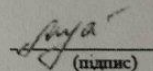
(код і найменування с. спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

«Композиційні та порошкові матеріали,
покриття»

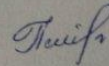
ПУШКАРЬОВА Є. Р.

(прізвище та ініціали)


(підпис)

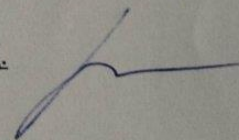
Керівник к.б.н., доц. ПЕТРУША Ю.

(прізвище та ініціали)



Рецензент к.т.н., доц. ТКАЧ Д.

(прізвище та ініціали)



2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Будівництва, архітектури та дизайну
 Кафедра «Композиційні матеріали, хімія та технології»
 Ступінь вищої освіти магістр
 Спеціальність 132 «Матеріалознавство»
(код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) «Композиційні та порошкові матеріали, покриття»
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри *Олександр МІТЯЄВ*
 Олександр МІТЯЄВ
 «17» 10 2023 року

ЗАВДАННЯ
 НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТКИ

Пушкарьової Єлизавети Русланівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Дослідження протикорозійних властивостей рослинних екстрактів»

керівник проекту (роботи) ПЕТРУЩА Юлія, к.б.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, ачене звання)

затвержені наказом закладу вищої освіти від «17» жовтня 2023 року № 391

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 15 грудня 2023 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) вихідні характеристики сталевих пластинок; обладнання та устаткування

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Корозія, її види та методи боротьби з корозією. 2. Матеріали та методики дослідження. 3. Вивчення потенційних інгібіторів корозії на основі рослинної сировини. 4. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Презентація

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Прийняв виконане завдання
Технічні	ПЕТРУША Ю.Ю., к.б.н., доц.	<i>Петруша</i>	<i>Петруша</i>
Нормоконтр.	САВЧЕНКО В.О., к.т.н., доц.	<i>Савченко</i>	<i>Савченко</i>

7. Дата видачі завдання «17» жовтня 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Вступ	26.10.2023	
2	Корозія, її види та методи боротьби з корозією	30.10.2023	
3	Матеріали та методики дослідження	10.11.2023	
4	Вивчення потенційних інгібіторів корозії на основі рослинної сировини	04.12.2023	
5	Висновки	11.12.2023	
6	Перелік джерел посилань	15.12.2023	

Студентка *Юлія* (підпис) СЛИЗАВЕТА ПУШКАРЬОВА (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)Керівник проєкту (роботи) *Петруша* (підпис) ЮЛІЯ ПЕТРУША (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Робота складається з 52 сторінок, 11 рисунків, 4 таблиць, 20 джерел.

Об'єкт досліджень – протикорозійні властивості інгібіторів рослинного походження.

Мета роботи – визначення ефективності інгібувального ефекту розчинів на основі кори дубу, супліддя вільхи, кореневища калгану, пагонів чорниці та їх сумішей у сірчаноокислому середовищі та розчині натрій хлориду.

Метод дослідження – комплексний, що включає приготування водних витяжок з рослинної сировини та гравіметричний аналіз визначення швидкості корозії.

У дипломній роботі проводиться вивчення інгібувального ефекту витяжок з рослинної сировини з використанням гравіметричного методу визначення швидкості корозії та подальших розрахунків коефіцієнта гальмування швидкості корозії та ступеню інгібіторного захисту на основі експериментально отриманих даних.

Виконана дипломна робота включає такі складові: літературний огляд технічної інформації за темою дипломної роботи; опис характеристик матеріалів; обробки зразків та їх випробування; методики, що застосовували в процесі дослідження; оброблення експериментальних даних; висновки.

КОРОЗІЯ, ІНГІБІТОРИ, РОСЛИННА СИРОВИНА, ЗАХИСТ ВІД КОРОЗІЇ,
ВОДНІ ВИТЯЖКИ, АНТИКОРОЗІЙНА ДІЯ, СТАЛЬ

ABSTRACT

The work consists of 52 pages, 11 figures, 4 tables, 20 sources.

The object of research is the anti-corrosion properties of inhibitors of plant origin.

The purpose of the work is to determine the effectiveness of the inhibitory effect of solutions based on oak bark, alder fruit, galangal rhizome, blueberry shoots and their mixtures in sulfuric acid medium and sodium chloride solution.

The research method is complex, including the preparation of water extracts from plant raw materials and gravimetric analysis to determine the rate of corrosion.

In the thesis, the inhibitory effect of extracts from plant raw materials is studied using the gravimetric method of determining the corrosion rate and further calculations of the corrosion rate inhibition coefficient and the degree of inhibitory protection based on experimentally obtained data.

The completed thesis includes the following components: a literature review of technical information on the topic of the thesis; description of material characteristics; sample processing and testing; methods used in the research process; experimental data processing; conclusions.

CORROSION, INHIBITORS, VEGETABLE RAW MATERIALS,
CORROSION PROTECTION, WATER EXHAUSTS, ANTI-CORROSION
ACTION, STEEL

ЗМІСТ

Вступ.....	7
Розділ 1. Корозія, її види та методи боротьби з корозією.....	9
1.1 Сутність процесу корозії	9
1.2 Види корозії	11
1.3 Методи боротьби з корозією	14
1.4 Інгібітори корозії рослинного походження	18
Розділ 2. Матеріали та методики дослідження	24
2.1 Вибір об'єктів дослідження	24
2.2. Хімічний склад рослинної сировини	27
2.3 Приготування водних витяжок рослинної сировини	28
2.4 Схема експерименту	29
2.5 Гравіметричний аналіз швидкості корозії	30
2.6 Статистична обробка даних	33
2.7 Вимоги до безпеки та охорони навколишнього середовища	34
Розділ 3 Вивчення потенційних інгібіторів корозії на основі рослинної сировини	35
3.1 Порядок проведення випробувань	35
3.2 Порядок оброблення експериментальних даних	35
3.3 Обґрунтування можливого механізму антикорозійної дії водних екстрактів з рослинної сировини	44
Висновки	46
Перелік джерел посилань	47
Додаток А. Тези.....	49

ВСТУП

За міжнародним стандартом ISO 8044 корозія – це процес самодовільної фізико-хімічної взаємодії між металом і середовищем, який призводить до зміни властивостей металу, середовища або технічної системи, частинами якої вони є [1]. Корозія металів, є однією з найпоширеніших причин передчасного виходу з ладу інженерних комунікацій, промислового обладнання, будівельних конструкцій, транспортної техніки. Відновлення пошкоджень вимагають великих капіталовкладень, тому захист промислового обладнання і устаткування є однією з найважливіших проблем різних країн, а щорічні втрати металофонду становлять 9 – 15 %.

Враховуючи жалюгідний з точки зору протикорозійного захисту стан працюючих машин і апаратів, надалі, дуже важливою, яка вимагає негайного вирішення, залишається проблема корозії металоконструкцій для багатьох галузей промисловості України. Одним з раціональних та ефективних рішень проблем, які пов'язані з корозією, є постійний моніторинг і контроль стану промислового обладнання та устаткування, а також аналіз сучасних літературних даних щодо перспективності створення ефективних промислових інгібіторів корозії. Важливим методом захисту від корозії, який широко практикується, є введення в агресивне середовище спеціально підібраних сполук – інгібіторів.

Для створення ефективних інгібіторів корозії впродовж тривалого часу використовували продукти переробки нафтогазової промисловості. Розробка екологічно безпечних сполук, які проявляють інгібуючий ефект, є в даний час актуальною проблемою в області захисту металів. В останні два десятиліття ведуться активні дослідження з пошуку та отриманню так званих «зелених інгібіторів»: більш дешевих, легко доступних, які знижують ризик впливу на навколишнє середовище. Джерелами таких речовин можуть бути нетоксичні та поновлювані рослинні відходи. Створення інгібіторів на основі природних

сполук є важливим рішенням не тільки в галузі захисту металів, але й для питання утилізації багатотонажних відходів сільського господарства.

Перспективність використання рослинної сировини аргументована тим, що в Україні щорічно переробляються тисячі тонн рослинних культур, а отже, утворюється велика кількість відходів, перевагою яких є не тільки безпечність, а й щорічна поновлюваність та низька вартість.

Відходи рослинної промисловості є джерелом суміші органічних сполук різних класів, як летких так і високомолекулярних, що при цілеспрямованому доборі системи розчинників для їх вилучення, може забезпечити поліфункціональність протикорозійного захисту металів та сплавів у різних корозійних середовищах.

Робота була апробована на VI Міжнародній науково-практичній конференції «Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи» (16-17 листопада 2023 р.). За результатами конференції було опубліковано тези доповіді (Додаток А).

РОЗДІЛ 1

КОРОЗИЯ, ЇЇ ВИДИ ТА МЕТОДИ БОРОТЬБИ З КОРОЗИЄЮ

1.1 Сутність процесу корозії

Метали широко використовуються в діяльності людини завдяки своїм чудовим механічним та електричним властивостям [2]. Майже всі метали і сплави поступово руйнуються під впливом чинників навколишнього середовища. При взаємодії металів з речовинами повітря і атмосферних опадів, на їх поверхні утворюється плівка, що складається з оксидів, сульфідів, карбонатів, та інших сполук. Ці сполуки мають зовсім інші властивості, ніж самі метали. У звичайному житті ми часто вживаємо слова «іржа», «іржавіння», побачивши коричнево-рудий наліт на виробах із заліза та його сплавів. Іржавіння – це корозія заліза.

Корозія – це мимовільне руйнування металів внаслідок їх фізико-хімічної взаємодії з навколишнім середовищем. В основі корозії лежать окиснювально-відновні процеси, які відбуваються на межі поділу метал – середовище, і можуть перебігати за хімічним та електрохімічним механізмом.

Корозія, мабуть, є найпоширенішим небажаним явищем, яке призводить до ослаблення металів. Цей природний процес виникає в результаті електрохімічної взаємодії металів з корозійним середовищем. Сульфіди, оксиди та інші утворюються в результаті реакції між поверхнею металу та корозійним середовищем [2]. У результаті корозії погіршуються властивості виробів: зменшуються їх міцність, пластичність, блиск, знижується електропровідність, тощо.

Корозія завдає надзвичайно великої шкоди світовому господарству. Це виявляється, по-перше, у безпосередній втраті самих металів при корозійному руйнуванні, яка щорічно досягає близько 15% від кількості усього виплавленого металу та оцінюється у декілька мільярдів доларів. Спеціалісти підраховали, що в розвинених країнах збитки від корозії складають 3-4% валового національного

доходу. По-друге, корозія є причиною непрямих збитків, зумовлених необхідністю дострокового ремонту чи навіть заміни зруйнованого обладнання, а також вартістю втрачених продуктів, наприклад, масла, газу, води із системи з прокородованими трубами. Вихід природного газу та інших шкідливих чи агресивних речовин через отвори, утворені у результаті корозії, може призвести до пожеж, потужних вибухів з величезними матеріальними втратами і навіть до людських жертв [3].

Інтенсивність корозійного руйнування визначається природою і структурою самого металу, а також хімічними властивостями і температурою середовища.

Метал, який сильно піддається корозії, називається активним, а метал, що незначно піддається корозії, — пасивним.

За характером руйнувань розрізняють рівномірну (по усій поверхні деталі), поверхневу місцеву (руйнування поширюється вглиб нерівномірно) і міжкристалічну (розвивається вглиб по межах зерен металу) корозію і корозійні тріщини.

Для однорідних металів характерна суцільна корозія. Усі інші метали мають структуру, що складається з зерен різного хімічного складу. Міжкристалічна корозія є найнебезпечнішою, оскільки вона може проникати на велику глибину, що спричинює досить значну зміну структури і зниження механічних властивостей.

Чинники, від яких залежить швидкість корозії, можна поділити на дві категорії: внутрішні й зовнішні.

До внутрішніх чинників належать чистота металів, хімічний склад сплаву, структура металу або сплаву, вид термообробки. Чим чистіші метали, тим більша стійкість до корозії. Чисті метали стійкіші до корозії, ніж сплави.

До зовнішніх чинників належать: середовище і коливання температур, а також чистота обробки поверхні.

1.2 Види корозії

Залежно від взаємодії металу з навколишнім середовищем корозію поділяють на хімічну, електрохімічну і біологічну.

Хімічна корозія - це руйнування металу під дією середовища, що не проводить електричний струм: сухих газів і рідких діелектриків (бензин, масла, смоли та ін.), а також у газах за високих температур (клапани і клапанні гнізда двигунів внутрішнього згоряння, лопасті газових турбін, арматури полумєневих печей тощо).

У деяких випадках при хімічній корозії на поверхні металу утворюються щільні оксидні плівки, які захищають метал від подальшого руйнування. Такими властивостями володіють, наприклад, оксидні плівки хрому, нікелю, олова, міді. В атмосфері сухого повітря за звичайної температури на залізі (Fe_3C) також утворюються щільні плівки. Однак з підвищенням температури вони швидко стовщуються, стають пухкими і відшаровуються від металу. Оксиди кальцію, магнію і вольфраму також мають велику пухкість, тому вони не мають захисних властивостей [3].

Причиною хімічної корозії є термодинамічна нестабільність металів у зовнішніх умовах, внаслідок чого відбувається самочинний перехід металу в стійкіший (окиснений) стан за рахунок зменшення термодинамічного потенціалу (енергії Гіббса). Очевидно, що при хімічній корозії окисник, що міститься у середовищі, взаємодіє з металом, утворюючи з ним хімічну сполуку, яка у більшості випадків розташовується на поверхні у вигляді плівки. Достатньо щільна плівка сповільнює подальше транспортування окисника до поверхні металу, тобто спричиняє ефект самогальмування процесу корозії [3].

Електрохімічна корозія полягає у взаємодії металу з корозійним середовищем, яке має специфічну особливість: окиснення атомів металу і відновлення окиснювального компонента корозійного середовища

локалізуються на різних ділянках, де відповідно перебігають окремо анодна і катодна напівреакції окисно-відновного процесу.

Електрохімічна корозія – це руйнування металів з просторовим перенесенням електронів і виникненням електричного струму у середовищах з іонною провідністю [3].

Це пов'язано з присутністю електроліту (луги, водні розчини кислот, солей, газів). При цьому позитивно заряджені іони переходять в електроліт, який заряджається позитивно, а сам метал – негативно.

Різні метали по-різному переходять у розчин, тому, якщо в електроліт опустити дві різні за матеріалом пластинки, то вони будуть мати різні потенціали [4].

Технічні метали мають неоднорідну структуру, що складається з кількох фаз (наприклад, фериту і цементиту). При зануренні такого сплаву в електроліт він являтиме собою безліч гальванічних мікропар, оскільки окремі його фази мають різні потенціали, а, вони з'єднані між собою через масу металу.

Тому можна зробити висновок, що чисті метали і однофазні сплави мають більшу корозійну стійкість, ніж сплави, що складаються з суміші фаз. Але практично і однофазні метали мають дефекти структури (домішки, забруднення). Оскільки ці дефекти мають інший потенціал, електрохімічну корозію можна спостерігати і у однофазних металах.

Шар електроліту при корозії може бути дуже незначним: достатньо невеликої концентрації вологи з повітря на поверхні металу і починається процес корозії, тому електрохімічна корозія може бути навіть у закритих приміщеннях.

Утворення щільної оксидної плівки також захищає метал від електрохімічної корозії (ізолює її від дії електроліту). Тому деякі метали (Al, Cr), що мають низькі потенціали, мають високу корозійну стійкість.

Біологічною корозією називають процес, під час якого руйнується метал під впливом живих організмів (водоростей, грибів, бактерій тощо) Так,

мікроорганізми, які населяють ґрунт чи воду, можуть суттєво впливати на корозійні процеси [5].

Самі ж металовироби часто використовуються мікроорганізмами у якості середовища їх харчування та виділення продуктів життєдіяльності (лугів, мінеральних кислот, які підвищують агресивність середовища). Навіть в авіаційному паливі можуть розвиватися деякі види грибків, які можуть провокувати біологічну корозію алюмінієвих баків літака. Існують також тіонові мікобактерії, які через виділення кислоти значно знижують кислотність ґрунту, прискорюючи тим самим процес корозії металів.

Серед мікроорганізмів виокремлюють два типи: аеробні – шкодять металу тільки за наявності кисню; анаеробні – не потребують кисень для руйнування металу.

Найнебезпечнішими для металів є залізобактерії та сіркобактерії, які живуть у ґрунтах. Такі мікроорганізми можуть пристосовуватися до мінливих умов навколишнього середовища та характеризуються швидкістю розмноження за температури від +5 до +40 градусів за Цельсієм.

Шкода металам, спричинена біологічною корозією, становить більше ніж 70%. Страждають як газопроводи, так і морські судна, металовироби з цинку та магнію. Серед стійкіших до цього виду корозії металів виокремлюють мідь, свинець та нікель.

За видом агресивного середовища корозія буває атмосферною, морською, річковою, ґрунтовою та в електропечах.

Ерозійна корозія – це спеціальний тип неоднорідної корозії пасивних металів, при якій утворюються заглиблення (ямки), що звичайно відбувається в присутності деяких йонів за певного позитивного електродного потенціалу відносно критичного потенціалу утворення ямок та горбиків.

1.3 Методи боротьби з корозією

Сьогодні корозія металів є однією з найсерйозніших проблем, з якими стикається промисловість. Для видалення забруднень та іржі з поверхні металів використовуються різні методи, найпоширенішим з яких є промивання кислотою (особливо з використанням HCl). Отже, вкрай важливо застосовувати стратегії, які мінімізують швидкість розчинення металу.

Захист металів від корозії полягає у комплексі заходів для збільшення працездатності та надійності металів і конструкційних матеріалів за умов їх експлуатації. Для цієї мети були запропоновані антикорозійні покриття, інгібітори корозії, анодний і катодний захист та інші підходи [6].

Боротьба з корозією починається ще на першому етапі створення будь-яких об'єктів і споруд, складовими частинами яких є металеві вузли. Тобто захист від корозії необхідно забезпечувати не тільки на стадіях виготовлення та експлуатації металевих виробів, але і в процесі їх проектування. Раціональне обрання певних матеріалів та їх сполучень для виготовлення тієї чи іншої деталі диктується у першу чергу технічною і економічною доцільністю, але одночасно й урахуванням корозійної стійкості виробу.

Для успішної боротьби з корозією треба знати її природу та механізм руйнування.

Одним з найпоширеніших методів боротьби з корозією є ізолювання поверхні металу від впливу середовища. Фарбування поверхні виробу - найбільш поширений метод ізолювання поверхні від оточуючого середовища.

Фарби та лаки на поверхні металу утворюють щільну плівку, яка перешкоджає доступу повітря і вологи (електроліту). Тому фарбування можна використовувати для захисту від хімічної, та електрохімічної корозії. Але фарбу потрібно підбирати так, щоб вона мала гарну адгезію з металом. Якщо ж шар фарби відстане від металу, у щілину між металом і фарбою потрапе повітря і волога, що призведе до корозії. Щілина між фарбою та металом мала, капілярна,

тому вода в неї засмоктується і не випаровується. Для надійного фарбування треба добре зачистити і знежирити поверхню металу, нанести шар ґрунтовки, потім проміжний і основний шар фарби [6].

Запобігає корозії також утворення на поверхні металу капронової, нейлонової, фторопластової, епоксидної й поліетиленової плівок. Вони мають високу корозійну стійкість, є електроізолюючими та мають гарну адгезію з металом. Такі плівки можна наносити пензлем, зануренням, розпиленням, електростатичним методом, приклеюванням або приварюванням.

У випадках, де деталі повинні працювати в агресивних середовищах, покриття для них має бути еластичним, водо- і газонепроникним. В таких випадках використовують гуму. Для захисту поверхню деталі покривають гумовим клеєм і листами сирої гуми. Потім вулканізують і роблять зачистку. Такий вид покриття застосовують для гальванічних ванн, цистерн, трубопроводів тощо.

Ще одним з ефективних засобів боротьби з корозією є емалювання виробів. Поверхня металу покривається склоемалями (порцеляноподібними, шарозатвердівними розплавленими стеклами спеціального складу). Емалі мають високу твердість і протистоять стиранню, але їх недоліком є крихкість. Емалювання використовують для котлів, посуду, художніх та ювелірних виробів.

В деяких випадках поверхню одного з металів можна покрити тонким шаром іншого, більш корозійностійкого.

Поширеним способом боротьби з корозією є створення на поверхні металу захисної плівки шляхом оксидування і фосфатування.

Оксидування чорних металів з утворенням чорної плівки називають воронінням. Проводять хімічне вороніння кип'ятінням виробу у водному розчині, який містить NaOH, Na₂O і селітру. Утворена плівка пориста, тому, після вороніння виріб занурюють у мастило, яке проникає у пори і таким чином плівка тривалий час запобігає корозії поверхні виробу. Вороніння проводять для пружин, стволів зброї тощо [6].

Фосфатування – це створення на поверхні металу (чавуну, сталі) твердих, крихких, пористих плівок нерозчинних фосфатів. Для підвищення корозійної стійкості фосфатові поверхні фарбують, або занурюють у мастило. Пори плівки заповнюється фарбою або мастилом [6].

На практиці, з метою боротьби з корозією, широко застосовується металічне покриття гальванічним методом. За механізмом захисної дії воно може бути катодне й анодне.

Метою катодного методу є виділення анодного металу на катоді, який розчиняється. Наприклад, для нікелювання зразок сталі і нікелеву пластину, площа якої повинна бути близькою за розмірами до площі зразка, поміщають у ванну з розчином сірчаної нікелевої солі. Зразок приєднують до джерела струму, як катод, а нікелеву пластину – як анод. На поверхні виробу утворюється вільний і щільно зв'язаний з основою шар нікелю, який захистить виріб від корозії. Подібним чином проводять хромування, міднення тощо [6].

Широко і давно відомі методи гарячого покриття – лудіння та цинкування. Лудіння – це покриття виробів тонким шаром олова. Цинкування – покриття поверхні виробів цинком. Лудять жерсть, мідний посуд тощо. Цинкують покривельне залізо, труби тощо.

По відношенню до заліза олово є катодом, а цинк – анодом. Тому у цинкованих деталях при корозії руйнується цинкове покриття, а у лужених навпаки, руйнується виріб. У зв'язку з цим олов'яне покриття повинно бути високої якості – щільним, газонепроникним.

Металічне покриття може бути нанесене методом дифузійної металізації при хіміко-термічній обробці металів.

У агресивних середовищах може бути використаний протекторний захист металу від корозії. Він заснований на розчиненні металу протектора, який служить як анод, а виріб – як катод. Застосовують протекторний захист в авіа- і суднобудуванні, в котлах, трубопроводах, нафтохранилищах тощо. Найчастіше в якості протектора для захисту сталі та чавуну використовують цинк, магній, сплав цинку та алюмінію.

Крім способу ізоляції поверхні виробу від навколишнього середовища при боротьбі з корозією існує також спосіб пасивації металу виробу. Щоб зменшити прояв корозії необхідно знизити активність металу, яка залежить від зовнішнього потенціалу. Якщо цей потенціал якось зменшити, то метал стане більш стійким до корозії. Для цього можна використати легування металів. Навіть невелика кількість нікелю, хрому чи вольфраму може зробити сталь корозійностійкою. Сталі леговані сукупністю легуючих компонентів являються особливо стійкими проти корозії.

Пасивація поверхні труб, які знаходяться в землі, цистернах чи інших спорудах можлива за рахунок анодної поляризації від зовнішнього джерела струму. Такий захист істотно підвищує термін служби споруд.

Катодний захист використовують для захисту трубопроводів від корозії, при якому плюс джерела струму заземлюють.

Пасивацію металу можна проводити за допомогою спеціальних інгібіторів (сповільнювачів), які не змінюють властивостей середовищ, а зменшують активність металу.

Інгібітори мають різний механізм дії. Одні з них абсорбуються на всій поверхні, інші вибірково, на окремих ділянках. У першому випадку вся поверхня захищена від корозії, у другому – порушується механізм мікрогальванічних пар. Вибірково діючі інгібітори поділяються на анодні та катодні. Прикладами анодних є інгібітори з окиснювальними властивостями (хромати, дихромати, нітриди тощо), які утворюють пасивні дуже тонкі плівки на металевих поверхнях.. Катодні інгібітори гальмують корозію, зменшуючи кількість катодних ділянок, або поглинають кисень, який знаходиться в розчині [6].

1.4 Інгібітори корозії рослинного походження

Ефективним засобом захисту металів від корозії є застосування інгібіторів.

Інгібітор – це сполука (або суміш сполук), додана в дуже малій дозі до корозійного розчину для обробки металу, яка, як відомо, припиняє або зменшує процес деградації металу.

Зелена хімія – це розділ науки, принципи якого спрямовані на зменшення викидів небезпечних матеріалів у навколишнє середовище та розвиток застосування екологічно чистих хімічних речовин. Термін «зелений інгібітор» або «екологічно чистий інгібітор» означає речовину, яка є біосумісною з природою. Такі сполуки, як рослинні екстракти, очевидно, є біосумісними через їх біологічне походження. Екологічно чисті інгібітори пропонують багато переваг, які включають те, що вони здатні біологічно розкладатися, нетоксичні, екологічно безпечні та прийнятні, економічні, легкодоступні, поновлювані та безпечні для застосування [7].

Інгібітори корозії адсорбуються на металевих поверхнях і захищають їх від пошкодження. Рослини, які є зеленими та багатими в природі, пропонують економічно ефективну заміну токсичним хімічним інгібіторам на ринку. Дослідження кількох рослинних екстрактів з використанням різних змінних для кількісної оцінки їх ефективності показують, що більшість із них демонструють чудовий інгібуючий потенціал, зазвичай понад 90%. Ці результати доводять їх ефективність порівняно з традиційними методами та вимагають подальших досліджень, щоб забезпечити впровадження у великому масштабі [8].

Методи екстракції можна розділити на дві категорії: класичні та сучасні. Перший метод має кілька обмежень, які передбачають використання надлишку розчинників, тривалий час нагрівання та витрати часу. Це може призвести до псування біологічно активних сполук. У більшості випадків використання цих розчинників було небезпечним і отруйним для людей і навколишнього середовища. Ці органічні розчинники виділяють парникові гази, що негативно впливають на людей, сільське господарство та мікроорганізми. Крім того,

надлишок розчинника утворює величезну кількість побічних продуктів. На відміну від цих небезпечних методів, заохочуються такі екологічні підходи, як «зелена обробка», «зелені розчинники» та «зелений продукт».

Найважливішим кроком в аналізі рослин є екстракція. Як правило, екстракція - це процес відділення, під час якого активні речовини виділяються з рослини. Різні частини рослини виробляють різні фітохімічні речовини завдяки рослинним матрицям. Відповідність методу екстракції залежить від полярної чи неполярної природи цільової сполуки, розміру частинок зразка та присутності заважаючих речовин. Техніка екстракції повинна бути обережно обрана відповідно до мети дослідження. Це впливає на чистоту, швидкість і вихід, і залежить від цікавої сполуки та необхідного ступеня чистоти [7].

Зелені інгібітори класифікують на органічні та неорганічні інгібітори. Органічні інгібітори застосовуються в кислому середовищі, а неорганічні інгібітори – в алкаліновому середовищі. Серед інших екологічних інгібіторів натуральні рослинні екстракти стали центром досліджень як інгібітори корозії в навколишньому середовищі. Це пояснюється тим фактом, що ці сполуки майже не впливають на екологічну систему. Крім того, джерело матеріалу широко поширене, тому рослинний екстракт недорогий.

Суть інгібіторного захисту полягає у створенні захисної плівки на внутрішній поверхні обладнання внаслідок адсорбційної здатності інгібітора корозії. Метод інгібування, як правило, відрізняється високою економічністю, легкістю виробничого впровадження без зміни раніше прийнятого технологічного режиму, зазвичай, не передбачає для своєї реалізації спеціального додаткового обладнання.

Розроблені на сьогодні інгібітори мають ряд недоліків: обмежену сферу використання; короткий термін зберігання; незадовільні органолептичні характеристики (різкий та стійкий запах); при їх виробництві застосовують концентровані кислоти, аміак або луги. Тому важливим завданням є створення екологічно безпечних як на стадії виробництва, так і при застосуванні,

ефективних інгібіторів, що відповідають санітарно-гігієнічним вимогам до протикорозійного захисту [9].

Як інгібітори можливе застосування натуральних продуктів, рослин та їх екстрактів. Так, для зменшення швидкості кислотної корозії використовують екстракт опунції, шкірку апельсина або авокадо, тютюн, чорний перець, насіння рицини, аравійську камедь, лігнін, коріандр, гібіскус, аніс, чорний тмин, мед, цибулю, часник, гіркий гарбуз та інші рослини. Розширення асортименту екологічно-безпечних інгібіторів корозії можливе шляхом вилучення безпечних речовин, які мають протикорозійні властивості, з рослинної сировини. В таблиці 1.1 представлено натуральні продукти, які вивчено як інгібіруючі добавки для захисту металів і сплавів.

Таблиця 1.1 – Натуральні продукти та полімери, які використовуються в якості інгібіторів

№	Назва речовини	Метал або сплав, що захищається
1	Кофеїн	Вуглецева сталь, мідь
2	Пурин і аденін	Мідь
3	Вітамін В ₁	Хромомолібденова сталь, мідь, нікель
4	Вітамін В ₆	Нікель
5	Вітамін В ₉	Інгібітор утворення накипу
6	Вітамін С	Сталь, нікель
7	Лимонна кислота, пептін, лігнін, крохмаль маніоки, карагінан	Алюміній
8	Бензойна кислота	Залізо, алюміній
9	Хітозан	Сталь

Природні продукти широко вивчалися і як інгібітори корозії, і як компоненти сумішей, які екстраговані з природних джерел [10].

З економічних і екологічних точок зору екстракти рослин є відмінною альтернативою як інгібітори через їх доступність та біорозпад. Ці екстракти можна отримати простим способом і додаткове очищення не потрібно. Екстракти, зазвичай, отримують з дешевих розчинників, які широко доступні за низькою ціною і мають низьку токсичність. Такі екстракти містять безліч натуральних речовин: ефірні олії, таніни, пігменти, стероїди, терпени, флавоноїди та флавоноїди.

Основним недоліком використання рослинних матеріалів у якості інгібіторів корозії є їх низька стабільність (легко розкладаються). Однак цей недолік можна звести до мінімуму або уникнути, додавши біоциди, наприклад, N-цетил-N,N,N-триметиламонійбромід. Також вони мають складний процес синтезу і є економічно недоцільним. Крім того, вони токсичні для навколишнього середовища. Тому існує необхідність замінити токсичні та шкідливі інгібітори екологічно безпечними сполуками, такими як екстракти рослин, відходи біомаси та інші природні продукти [7].

Перспективність вибору інгібіторів на основі рослинної сировини пов'язана з екологічністю та доступністю сировинної бази, наявністю S-, O-, P- і N-вмісних сполук у складі рослинної сировини, здатних до утворення комплексів з атомами і оксидами заліза, що створює умови для формування пасивного стану поверхні металу. Було помічено, що адсорбція залежить, головним чином, від певних фізико-хімічних властивостей групи інгібітора, таких як функціональні групи, електронна густина в донорному атомі, π -орбітальний характер і електронна структура молекули [11].

Відомо, що антикорозійну дію мають речовини: альдегіди, кетони, аміни, фосфати, нітрати, алкалоїди, глюкозиди, дубильні речовини та ін. [12].

Алкалоїди – це складні азотовмісні органічні сполуки, що мають лужну реакцію. У рослинах алкалоїди можна зустріти в клітинному соку різних органів у вигляді солей органічних кислот.

Глікозиди – нелеткі кристалічні речовини складної будови, гіркі на смак, представляють собою продукти конденсації циклічних форм вуглеводів та

компонента неуглеводної природи (альдегіди, спирти, алкалоїди, феноли, терпени, органічні кислоти та інші). Більшість глікозидів складаються з кисню, карбону, гідрогену, іноді, сульфору, та залишку синильної кислоти. Глікозиди містяться в клітинному соку деяких рослин: алоє, толокнянки, крушини, адоніса, наперстянки, конвалії тощо.

Дубильні речовини (таніни) – це комплекс низько- та високомолекулярних поліфенолів, що виявляють дубильні властивості та мають в'язучий смак. Їх можна виявити в корі дубу, суниці, траві звіробою, кореневищі перстачу, плодах чермухи, терну, чорниці, шишках вільхи.

Ефірні олії – складні багатоконпонентні суміші летких органічних речовин, з відчутним, найчастіше, приємним ароматом і гострим смаком.

Слизи – густі розчини високомолекулярних безазотистих речовин, які схожі з полісахарідами. Утворюються або в клітинах епідермісу, або в спеціальних слизових клітинах; іноді слиз утворюється з міжклітинної речовини. Також слизи виділяються деякими рослинами при кип'ятінні з водою. Слиз виділяють: коріння хатьми та алтею, насіння льону, подорожника та інші рослини.

Органічні кислоти. Багато рослин містять кислоти: лимонну, щавлеву, яблучну, янтарну, бензойну, мурашину та ін.

Наразі в Україні дуже стрімко розвивається тенденція щодо виробництва інгібіторів корозії з відновлюваної оліє-жирової сировини (для нафтогазового комплексу, систем водопостачання, захисту металевих напівфабрикатів) [13].

Ефективність захисту металів рослинними екстрактами в різних агресивних середовищах залежить від багатьох факторів, зокрема від часу формування захисної плівки, що може відбуватися протягом деякого часу. При цьому швидкість процесу формування плівки та її захисні властивості будуть залежати від хімічної природи складових рослинного екстракту й від стану поверхні.

Аналізуючи літературні дані, можна висловити деякі припущення щодо механізму інгібування корозії сталі у воді водними екстрактами. Адсорбція

інгібітору визначає зміну стаціонарного потенціалу сталі в перші хвилини процесу. Сорбційна активність обумовлена, головним чином, здатністю танінів до приєднання за допомогою водневих зв'язків. Паралельно відбувається іонізація заліза до Fe(II), взаємодія його іонів з інгібітором, утворення комплексів з Fe(II) і, як результат, – підкислення приелектродного шару. Швидше за все пухка плівка, що формується на поверхні зразка до 48 годин випробувань, включає, поряд з оксидами та гідроксидами заліза, і комплекси Fe(II). Одночасно в результаті окиснення танідів в їх молекулах з'являються хіноні угруповання, які утворюють водневі зв'язки з незмінними оксигрупами, внаслідок чого виникають структури типу хінгідронів, що проявляється в потемнінні розчину та зниженні його рН. Поява таких структур позначається і на зміні світлопоглинання в ультрафіолетовій частині спектру. За наявності в розчині продуктів корозії швидкість окиснення танідів киснем повітря збільшується. Відбуваються окиснення Fe(II) до Fe(III) і взаємодія останнього з інгібітором з утворенням нерозчинних комплексів (танатів), що осідають в порах оксидно-гідроксидної плівки та підвищують її захисну дію. Комплексоутворення обумовлює ще більше підкиснення приелектродного шару, що, в свою чергу, покращує розчинність продуктів корозії та їх перетворення в танати [14].

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Вибір об'єктів дослідження

Для пошуку інгібіторів корозії металів вихідною сировиною було обрано лікарську рослинну сировину, що містить дубильні речовини (таніни) та реалізується у аптечних мережах м. Запоріжжя.

Для дослідження було використано 4 зразки рослинної сировини: «Кора дубу» (ПрАТ «Ліктрави», м. Житомир) (рис. 2.1а), «Супліддя вільхи» (ПрАТ «Ліктрави», м. Житомир) (рис. 2.1б), «Кореневища калгану» (ПрАТ «Ліктрави», м. Житомир) (рис. 2.1в) та «Пагони чорниці» (ПрАТ «Ліктрави», м. Житомир) (рис. 2.1г).



Рисунок 2.1 – Рослинна сировина: а – «Кора дуба»; б – «Супліддя вільхи»; в – «Кореневища калгану»; г – «Пагони чорниці»

Такий вибір рослинної сировини обумовлений тим, що є багато наукових публікацій, присвячених пошуку інгібіторів на основі екстрактів дубової кори та стружки, які містять дубильні речовини.

Для аналізу було обрано зразки зі сталі 3 у вигляді прямокутних пластинок (рис. 2.2). Сталь 3 – це конструкційна вуглецева сталь. Концентрація вуглецю в межах 0,14-0,22 % дає можливість металу мати міцність і твердість, та зберегти пластичність і в'язкість сплаву.

Сталь 3 є найбільш розповсюдженим матеріалом у промисловому і цивільному будівництві, всіх галузях машинобудування, використовується для виготовлення трубопроводів, обладнання інженерних мереж та товарів широкого вжитку. Також сталь 3 застосовується для виготовлення обладнання у виробництві цукру та кондитерських виробів (корпуси і лопаті дифузійних апаратів, рамки і сітки дискових фільтрів, трубопроводи подачі дифузійного соку та сиропу); у виробництві спирту і лікєро-горілчаних виробів (корпуси бродильних чанів, резервуари для зберігання спирту, сортувальний і напірний чани, трубопроводи подачі спирту, змішувачі меляси) і т. д.



Рисунок 2.2 – Пластили зі сталі 3

Склад сталі 3 вказаний в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 3

Елемент	Fe	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вміст, %	до 98	0,14- 0,22	0,15- 0,3	0,4- 0,65	до 0,3	до 0,05	до 0,04	до 0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,08

Середня вага та площа поверхні досліджуваних зразків наведені в таблиці 2.2. Кожне випробування повторювали в 3-кратній повторності.

Таблиця 2.2 – Вага та площа поверхні досліджуваних зразків

№ випробування	$m_{\text{сеп}}, \text{Г}$	$S_{\text{сеп}}, \text{мм}^2$
1	2	3
1	28,8988	2986,7977
2	29,9616	3007,637
3	28,8633	2999,828
4	29,0480	3002,7769
5	29,0286	3006,16177
6	28,4034	3010,9069
7	29,4428	3025,2874
8	29,0709	3002,7769
9	28,9565	2999,65137
10	28,8350	3005,816375
11	28,6843	2996,6069
12	29,0291	3002,7769
13	29,0175	3024,7468
14	28,9104	3019,9069
15	28,6832	3002,553625
16	29,0638	3008,537

Цей вибір металу для дослідження обумовлено тим, що сталь – це універсальний сплав, який використовується у будівництві, автомобілебудуванні, літакобудуванні, для виготовлення обладнання для важкої промисловості, транспортної інфраструктури, побутової техніки, зброї тощо. Відповідно, найбільші збитки внаслідок корозії несуть саме численні конструкції та вироби, виготовлені із сталі.

2.2. Хімічний склад рослинної сировини

Кора дуба містить конденсовані дубильні речовини – катехіни, олігомерні проантоціанідини, а також елаготаніни (вміст сильно варіює – 8-20 %), вільні кислоти галова і елагова, флобафени; кверцетин, смоли, пектини, цукри, крохмаль і мінеральні речовини.

Супліддя вільхи містять дубильні речовини (в тому числі до 2,5 % таніну), кислоту галову вільну, флавоноїди.

Діючими речовинами перстачу є дубильні речовини, проціанідини (рис. 2.3), тритерпеноїди і тритерпенові сапоніни (6 %); хінна та елагова кислоти; феноли (пірокатехін, пірогалол, флороглюцин); фенолкарбонові кислоти; флавоноїди; антоціани; тригліцериди жирних кислот; крохмаль, віск, смолисті речовини.

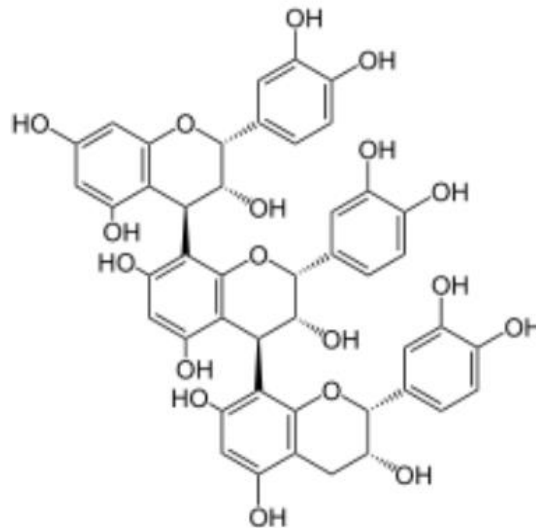


Рисунок 2.3 – Хімічна будова проантоціанідину C1

Сировина чорниці містить катехінові дубильні речовини (до 7 %), лейкоантоціани, флавоноїди (в основному глікозиди кверцетину), фенолкарбонові кислоти, неоміртілін, міртілін, арбутин (рис. 2.4) та іридоїди.

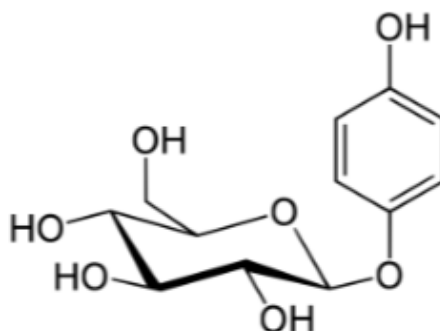


Рисунок 2.4 – Хімічна будова арбутину

2.3 Приготування водних витяжок рослинної сировини

Водні витяжки представляють собою концентровані вилучення з рослинної сировини, що містять біологічно активні компоненти рослинного матеріалу (алкалоїди, серцеві глікозиди, ефірні олії, дубильні речовини та ін.).

50 г подрібненої рослинної сировини заливали 100 мл розчинника (води), настоювали за температури 18-20 °С протягом 72 год. Екстракт відфільтровували і використовували у подальших дослідженнях.

В подальшому отримані водні витяжки 4-х видів рослинної сировини змішували у певних пропорціях: 1 : 1 (50 мл витяжки кори дубу + 50 мл витяжки однієї з інших рослин). Окремо досліджували також дію розчинів з кори дубу, супліддя вільхи, кореневища калгану та пагонів чорниці (без змішування).

2.4 Схема експерименту

Дослідження здійснювали в корозійноагресивному середовищі – 10 %-му розчині сірчаної (сульфатної) кислоти, а також у класичному модельному корозійноактивному середовищі – 3%-му розчині натрій хлориду.

Розчин рослинного інгібітору вводили безпосередньо у корозійноактивне середовище. Паралельно проводили контрольний експеримент: визначали стійкість металу до корозії без присутності інгібітору в корозійноактивних розчинах (сірчаній кислоті та натрій хлориді) (рис.2.5).



Рисунок 2.5 – Витримка зразків в корозійноактивних середовищах з інгібіторами

Таким чином, проводили 4 ліній експерименту (табл. 2.3):

- перша лінія: вивчали інгібіторний вплив розчинів з кори дубу, супліддя вільхи, кореневища калгану та пагонів чорниці в розчині сульфатної кислоти;
- друга лінія: вивчали інгібіторний вплив розчинів з кори дубу, супліддя вільхи, кореневища калгану та пагонів чорниці в розчині натрій хлориду;
- третя лінія: вивчали інгібіторний вплив водних витяжок у пропорції 1 : 1 в розчині сульфатної кислоти;
- четверта лінія: вивчали інгібіторний вплив водних витяжок у пропорції 1 : 1 в розчині натрій хлориду [15].

Таблиця 2.3 – Склад експериментальних розчинів

№ випробування	Хімічний склад розчину
1	H ₂ SO ₄ (контроль)
2	H ₂ SO ₄ + водна витяжка з кори дубу
3	H ₂ SO ₄ + водна витяжка з супліддя вільхи
4	H ₂ SO ₄ + водна витяжка з кореневища калгану
5	H ₂ SO ₄ + водна витяжка з пагонів чорниці
6	H ₂ SO ₄ + водна витяжка (дуб + вільха, 1:1)
7	H ₂ SO ₄ + водна витяжка (дуб + калган, 1:1)
8	H ₂ SO ₄ + водна витяжка (дуб + чорниця, 1:1)
9	NaCl (контроль)
10	NaCl + водна витяжка з кори дубу
11	NaCl + водна витяжка з супліддя вільхи
12	NaCl + водна витяжка з кореневища калгану
13	NaCl + водна витяжка з пагонів чорниці
14	NaCl + водна витяжка (дуб + вільха, 1:1)
15	NaCl + водна витяжка (дуб + калган, 1:1)
16	NaCl + водна витяжка (дуб + чорниця, 1:1)

Всі досліджувані розчини випробовували в 3-хкратній повторності для підтвердження достовірності отриманих результатів.

2.5 Гравіметричний аналіз швидкості корозії

Зразки досліджуваних металів зачищали наждаковим папером, обмивали водою, просушували фільтрувальним папером і зважували на аналітичних вагах (рис. 2.6) з точністю до 0,0001 г. За допомогою штанген-циркулю (рис. 2.7) визначали розміри зразків з точністю до 0,1 мм, і обчислювали їхню площу

поверхні (S), враховуючи отвір (якщо такий був). Потім зразки знежирювали і просушували [16]. Далі наливали в окремі склянки по 75 мл 10%-го розчину сірчаної кислоти та 3%-го розчину натрій хлориду. Додавали туди 25 мл розчину інгібітору, та занурювали зразки у розчини, не торкаючись дна та стінок склянки. Паралельно занурювали (підвішували) зразки металу у корозійноактивні середовища без додавання інгібіторів об'ємом 100 мл.

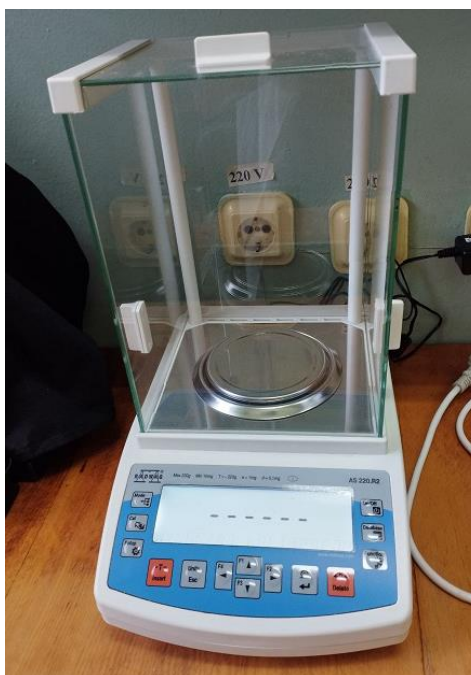


Рисунок 2.6 – Аналітичні ваги



Рисунок 2.7 – Штанген-циркуль

Для підвішування сталевих пластинок використовували фторопластові крючки, які є хімічно стійкими до впливу концентрованих кислот, лугів та інших агресивних середовищ. Фторопласт – це полімер на основі тетрафторетилену, широко використовується в промисловості, медичній, фармацевтичній та харчовій галузях.

Через 30 хвилин після занурення виймали зразки із розчинів, промивали їх водою, видаляли продукти корозії з їх поверхні, знову промивали, просушували та зважували на аналітичних вагах. Обчислювали масовий та глибинний показники швидкості корозії за формулами 2.1 та 2.2:

$$K_m = \frac{m_1 - m_2}{S \cdot t} \quad (2.1)$$

де K_m – масовий показник швидкості корозії ($\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{годину})$);

m_1 – маса зразка до дослідження;

m_2 – маса зразка після дослідження;

S – площа поверхні зразка;

t – час випробування.

Величина масового показника може приймати як позитивне так і негативне значення.

$$K_{\Pi} = 8,76 \cdot K_m / \rho, \quad (2.2)$$

де 8,76 – коефіцієнт для переходу від вимірювання масового показника швидкості корозії з розрахунку на 1 год. до глибинного показника з розрахунку на 1 рік ($24 \text{ год} \cdot 360 = 8760 \text{ год}$);

ρ_{Me} – густина металу, $\text{г}/\text{см}^3$ (ρ сталі 3 = $7,85 \text{ г}/\text{см}^3$).

Коефіцієнт гальмування швидкості корозії розраховували за формулою 2.3:

$$\gamma = K_{m0} / K_m \quad (2.3)$$

де K_{m0} – масовий показник швидкості корозії без інгібітору;

K_m – масовий показник швидкості корозії з інгібітором.

Ступінь інгібіторного захисту розраховували за формулою 2.4:

$$Z = (1 - 1/\gamma) * 100\% \quad (2.4)$$

2.6 Статистична обробка даних

Статистичну обробку результатів проводили методом обчислення середньої арифметичної, помилки середньої арифметичної та середнього квадратичного відхилення. Вірогідність відмінностей між середніми величинами оцінювали за критерієм Ст'юдента.

Основним показником, що характеризує сукупність за величиною ознаки, яка вивчається, є середня арифметична (\bar{x}). Прямий спосіб її обчислення полягає в складанні усіх варіант ($x_1 + x_2 + \dots + x_n$) з наступним діленням суми на число варіант сукупності (n) за формулою 2.5:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (2.5)$$

де $\sum x_i$ – сума варіант, n – число варіант у виборці.

Далі підраховували відхилення кожного з отриманих результатів від середньої арифметичної $x_i - \bar{x}$, $(x_i - \bar{x})^2$, після чого розраховували середнє квадратичне відхилення за формулою 2.6:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_s - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (2.6)$$

Середню арифметичну похибку обчислюють за формулою 2.7:

$$\varepsilon = \frac{t \cdot S n}{\sqrt{n}} \quad (2.7)$$

де t – критерій Стюдента; при $n = 3$, $t = 4,3$.

Кінцеве значення має вигляд $\bar{x} \pm \varepsilon$ [17, 18].

2.7 Вимоги до безпеки та охорони навколишнього середовища

При виконанні експерименту в хімічній лабораторії можуть виникати такі небезпечні та шкідливі фактори впливу:

- скляний посуд;
- хімічні реактиви (сульфатна кислота);
- робота з електроприладами (аналітичні ваги).

При проведенні випробувань необхідно суворо дотримуватися вимог інструкцій з протипожежної безпеки, електробезпеки та охорони праці, що діють на даному робочому місці.

ВИВЧЕННЯ ПОТЕНЦІЙНИХ ІНГІБІТОРІВ КОРОЗІЇ НА ОСНОВІ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

3.1 Порядок проведення випробувань

Для випробувань використовували штангенциркуль механічний «Belt» для вимірювання довжини, товщини та ширини зразків. Лабораторні високоточні ваги Radwag AS 220 R2 для зважування сталевих пластинок з точністю зважування до 0,0001 г. Ваги AS 220 R2 калібровані автоматично (вбудована функція внутрішнього калібрування).

Виміряли товщину, ширину та довжину зразків з похибкою вимірювання не більше 0,05 мм, записали отримані значення. Потім розрахували площу поверхні пластинок, враховуючи отвір. Зважили зразки з похибкою вимірювання не більше 0,0001 г та записали отримані значення.

Кількісний аналіз швидкості корозії провели за допомогою гравіметричного методу.

3.2 Порядок оброблення експериментальних даних

Після видалення продуктів корозії з поверхні зразків, промивання та просушування, провели повторне зважування сталевих пластинок на аналітичних вагах з точністю до 0,0001 г.

При витримуванні зразків в агресивнокорозійному середовищі (H_2SO_4) візуально спостерігалось виділення пухирців газу (водню) (рис. 3.1). При огляді зразків після витримування в активнокорозійних середовищах було виявлено початкові ознаки корозії. Поверхня окремих сталевих пластинок втратила первинний блиск та місцями набула забарвлення сірого кольору. Продукти корозії починали з'являтися у вигляді бурого осаду на поверхні пластинок [19].

Також спостерігалися зміни кольору досліджуваних розчинів в деяких пробах, де було додано водні витяжки з рослинної сировини (рис. 3.2).



Рисунок 3.1 – Виділення пухирців газу на зразку



Рисунок 3.2 – Зміна кольору розчину

Далі проводили розрахунки масового та глибинного показників швидкості корозії, коефіцієнту гальмування швидкості корозії та ступеня інгібіторного захисту.

Розрахунки здійснювали на основі середніх значень маси та площі поверхні сталевих пластинок. Середня арифметична похибка вимірювань

становила $\pm 10\%$, що відповідає вимогам щодо достовірності результатів наукових досліджень.

Розрахунки:

Обчислюємо масовий показник для першого випробування:

$$K_m = \frac{28,8988 - 28,8899}{0,0029867977} = 2,9798 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{годину})$$

Обчислюємо масовий показник для другого випробування:

$$K_m = \frac{29,9616 - 29,9595}{0,003007637} = 0,6982 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{годину})$$

Обчислюємо масовий показник для третього випробування:

$$K_m = \frac{28,8633 - 28,8568}{0,002999828} = 2,1667 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{годину})$$

Обчислюємо масовий показник для четвертого випробування:

$$K_m = \frac{29,0480 - 29,0429}{0,0030027769} = 1,6984 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{годину})$$

Обчислюємо масовий показник для п'ятого випробування:

$$K_m = \frac{29,0286 - 29,0215}{0,00300616177} = 2,3618 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{годину})$$

Обчислюємо масовий показник для шостого випробування:

$$K_m = \frac{28,4034 - 28,4017}{0,0030109069} = 0,5646 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{годину})$$

Обчислюємо масовий показник для сьомого випробування:

$$K_m = \frac{29,4428 - 29,4334}{0,0030252874} = 3,1071 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{годину})$$

Обчислюємо масовий показник для восьмого випробування:

$$K_m = \frac{29,0709 - 29,0579}{0,0030027769} = 4,3293 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{годину})$$

Обчислюємо масовий показник для дев'ятого випробування:

$$K_m = \frac{28,9565 - 28,9517}{0,00299965127} = 1,6001 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{годину})$$

Обчислюємо масовий показник для десятого випробування:

$$K_m = \frac{28,8350 - 28,8290}{0,003005816375} = 1,9961 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{годину})$$

Обчислюємо масовий показник для одинадцятого випробування:

$$K_m = \frac{28,6843 - 28,6782}{0,0029966069} = 2,0356 \text{ г/(м}^2 \cdot \text{годину)}$$

Обчислюємо масовий показник для дванадцятого випробування:

$$K_m = \frac{29,0291 - 29,0225}{0,0030027769} = 2,1979 \text{ г/(м}^2 \cdot \text{годину)}$$

Обчислюємо масовий показник для тринадцятого випробування:

$$K_m = \frac{29,0175 - 29,0116}{0,0030247468} = 1,9506 \text{ г/(м}^2 \cdot \text{годину)}$$

Обчислюємо масовий показник для чотирнадцятого випробування:

$$K_m = \frac{28,9104 - 28,9096}{0,0030199069} = 0,2649 \text{ г/(м}^2 \cdot \text{годину)}$$

Обчислюємо масовий показник для п'ятнадцятого випробування:

$$K_m = \frac{28,6832 - 28,6759}{0,003002553625} = 2,4312 \text{ г/(м}^2 \cdot \text{годину)}$$

Обчислюємо масовий показник для шістнадцятого випробування:

$$K_m = \frac{29,0638 - 29,0637}{0,003008537} = 0,0332 \text{ г/(м}^2 \cdot \text{годину)}$$

Обчислюємо глибинний показник для першого випробування:

$$K_{II} = 8,76 \cdot 2,9798 / 7,85 = 3,3252$$

Обчислюємо глибинний показник для другого випробування:

$$K_{II} = 8,76 \cdot 0,6982 / 7,85 = 0,7791$$

Обчислюємо глибинний показник для третього випробування:

$$K_{II} = 8,76 \cdot 2,1667 / 7,85 = 2,4178$$

Обчислюємо глибинний показник для четвертого випробування:

$$K_{II} = 8,76 \cdot 1,6984 / 7,85 = 1,8953$$

Обчислюємо глибинний показник для п'ятого випробування:

$$K_{II} = 8,76 \cdot 2,3618 / 7,85 = 2,6356$$

Обчислюємо глибинний показник для шостого випробування а:

$$K_{II} = 8,76 \cdot 0,5646 / 7,85 = 0,6301$$

Обчислюємо глибинний показник для сьомого випробування:

$$K_{II} = 8,76 \cdot 3,1071 / 7,85 = 3,4673$$

Обчислюємо глибинний показник для восьмого випробування:

$$K_{\Pi} = 8,76 \cdot 4,3293 / 7,85 = 4,8312$$

Обчислюємо глибинний показник для дев'ятого випробування:

$$K_{\Pi} = 8,76 \cdot 1,6001 / 7,85 = 1,7856$$

Обчислюємо глибинний показник для десятого випробування:

$$K_{\Pi} = 8,76 \cdot 1,9961 / 7,85 = 2,2275$$

Обчислюємо глибинний показник для одинадцятого випробування:

$$K_{\Pi} = 8,76 \cdot 2,0356 / 7,85 = 2,2716$$

Обчислюємо глибинний показник для дванадцятого випробування:

$$K_{\Pi} = 8,76 \cdot 2,1979 / 7,85 = 2,4527$$

Обчислюємо глибинний показник для тринадцятого випробування:

$$K_{\Pi} = 8,76 \cdot 1,9506 / 7,85 = 2,1767$$

Обчислюємо глибинний показник для чотирнадцятого випробування:

$$K_{\Pi} = 8,76 \cdot 0,2649 / 7,85 = 0,2956$$

Обчислюємо глибинний показник для п'ятнадцятого випробування:

$$K_{\Pi} = 8,76 \cdot 2,4312 / 7,85 = 2,7130$$

Обчислюємо глибинний показник для шістнадцятого випробування:

$$K_{\Pi} = 8,76 \cdot 0,0332 / 7,85 = 0,0370$$

Обчислюємо коефіцієнт гальмування швидкості корозії для другого випробування:

$$\gamma = 2,9798 / 0,6982 = 4,2648$$

Обчислюємо коефіцієнт гальмування швидкості корозії для третього випробування:

$$\gamma = 2,9798 / 2,1667 = 1,3753$$

Обчислюємо коефіцієнт гальмування швидкості корозії для четвертого випробування:

$$\gamma = 2,9798 / 1,6984 = 1,7545$$

Обчислюємо коефіцієнт гальмування швидкості корозії для п'ятого випробування:

$$\gamma = 2,9798 / 2,3618 = 1,2617$$

Обчислюємо коефіцієнт гальмування швидкості корозії для шостого випробування:

$$\gamma = 2,9798 / 0,5646 = 5,2778$$

Обчислюємо коефіцієнт гальмування швидкості корозії для сьомого випробування:

$$\gamma = 2,9798 / 3,1071 = 0,9590$$

Обчислюємо коефіцієнт гальмування швидкості корозії для восьмого випробування:

$$\gamma = 2,9798 / 4,3293 = 0,6883$$

Обчислюємо коефіцієнт гальмування швидкості корозії для десятого випробування:

$$\gamma = 1,6001 / 1,9961 = 0,8016$$

Обчислюємо коефіцієнт гальмування швидкості корозії для одинадцятого випробування:

$$\gamma = 1,6001 / 2,0356 = 0,7861$$

Обчислюємо коефіцієнт гальмування швидкості корозії для дванадцятого випробування:

$$\gamma = 1,6001 / 2,1979 = 0,7280$$

Обчислюємо коефіцієнт гальмування швидкості корозії для тринадцятого випробування:

$$\gamma = 1,6001 / 1,9506 = 0,8203$$

Обчислюємо коефіцієнт гальмування швидкості корозії для чотирнадцятого випробування:

$$\gamma = 1,6001 / 0,2649 = 6,0404$$

Обчислюємо коефіцієнт гальмування швидкості корозії для п'ятнадцятого випробування:

$$\gamma = 1,6001 / 2,4312 = 0,6582$$

Обчислюємо коефіцієнт гальмування швидкості корозії для шістнадцятого випробування:

$$\gamma = 1,6001 / 0,0332 = 48,1958$$

Обчислюємо ступінь інгібіторного захисту для другого випробування:

$$Z = (1 - 1/4,2648) * 100\% = 76,55$$

Обчислюємо ступінь інгібіторного захисту для третього випробування:

$$Z = (1 - 1/1,3753) * 100\% = 27,29$$

Обчислюємо ступінь інгібіторного захисту для четвертого випробування:

$$Z = (1 - 1/1,7545) * 100\% = 43,003$$

Обчислюємо ступінь інгібіторного захисту для п'ятого випробування:

$$Z = (1 - 1/1,2617) * 100\% = 20,74$$

Обчислюємо ступінь інгібіторного захисту для шостого випробування:

$$Z = (1 - 1/5,2778) * 100\% = 81,05$$

Обчислюємо ступінь інгібіторного захисту для сьомого випробування:

$$Z = (1 - 1/0,959) * 100\% = -4,28$$

Обчислюємо ступінь інгібіторного захисту для восьмого випробування:

$$Z = (1 - 1/0,6883) * 100\% = -45,29$$

Обчислюємо ступінь інгібіторного захисту для десятого випробування:

$$Z = (1 - 1/0,8016) * 100\% = -24,75$$

Обчислюємо ступінь інгібіторного захисту для одинадцятого випробування:

$$Z = (1 - 1/0,7861) * 100\% = -27,21$$

Обчислюємо ступінь інгібіторного захисту для дванадцятого випробування:

$$Z = (1 - 1/0,728) * 100\% = -37,36$$

Обчислюємо ступінь інгібіторного захисту для тринадцятого випробування:

$$Z = (1 - 1/0,8203) * 100\% = -21,91$$

Обчислюємо ступінь інгібіторного захисту для чотирнадцятого випробування:

$$Z = (1 - 1/6,0404) * 100\% = 83,44$$

Обчислюємо ступінь інгібіторного захисту для п'ятнадцятого випробування:

$$Z = (1 - 1/0,6582) * 100\% = -51,93$$

Обчислюємо ступінь інгібіторного захисту для шістнадцятого випробування:

$$Z = (1 - 1/48,1958) * 100\% = 97,93$$

За результатами експерименту виявлено інгібувальний ефект рослинних екстрактів у сірчанокиислому середовищі у 2-му, 3-му, 4-му, 5-му та 6-му випробуванні, і у 14-му та 16-му випробуванні в розчині натрій хлориду. Ступінь інгібіторного захисту була в межах 20,74-97,93 % (рис. 3.3). Такий ефект мали чисті водні витяжки з кори дубу, супліддя вільхи, кореневища калгану та пагонів чорниці. А також суміш витяжок з кори дубу та супліддя вільхи у співвідношенні 1:1 та суміш витяжок кори дубу і пагонів чорниці у співвідношенні 1:1.

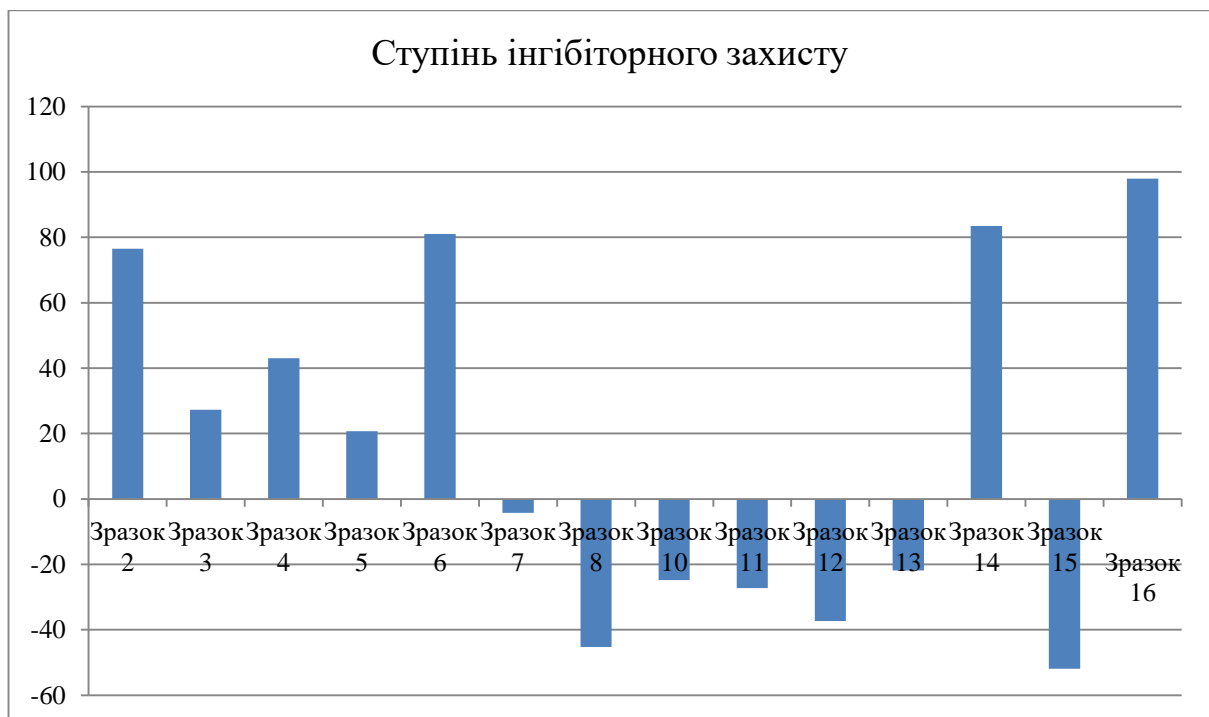


Рисунок 3.3 – Ступінь інгібіторного захисту

Найбільший інгібіторний вплив виявили окремі витяжки з кори дубу та супліддя вільхи, та їх суміш, відповідно. Коефіцієнт гальмування швидкості корозії в цих розчинах становив 1,26-48,19 (рис. 3.4). Інші запропоновані інгібітори не проявили захисної дії.



Рисунок 3.4 – Коефіцієнт гальмування швидкості корозії

В останніх наукових публікаціях вказується, що використання саме водних екстрактів є кращим порівняно з екстрактами, які отримані на основі органічних розчинників, оскільки водні екстракти містять відносно полярні органічні речовини, що забезпечують міцне зв'язування з металевими поверхнями, ніж у неполярних речовин екстрактів [20].

Отримані результати вказують на перспективність подальших досліджень зазначених рослинних екстрактів та розширення спектру експерименту. Зокрема, цікавим напрямком буде вивчення антикорозійних властивостей спиртових витяжок з рослинної сировини, що містить дубильні речовини. А також збільшення часу експозиції у агресивнокорозійних середовищах, варіювання способів приготування екстрактів, попереднє витримання зразків у розчинах з рослинної сировини, вивчення протикорозійних ефектів за інших значень рН (в лужному середовищі).

3.3 Обґрунтування можливого механізму антикорозійної дії водних екстрактів з рослинної сировини

У сучасній літературі останніх років (2018-2022 рр.) все більше почали зустрічатись дослідження, де науковцями доведено, що процес інгібування рослинними екстрактами у корозійних середовищах є більш складним, з поетапною хімічною трансформацією компонентного складу екстракту в розчині (або на поверхні металу), що є насправді сучасним та новітнім «поглядом» на механізм інгібувальної дії саме рослинних екстрактів [20].

У наукових публікаціях зазначено, що інгібуюча ефективність екстракту суттєво залежить від типу корозійного середовища, в якому буде функціонувати інгібітор, і тому необхідним є розуміння щодо екстракції певних класів сполук, які є потенційно протикорозійно ефективними у даному середовищі та здатні до формування бар'єрних плівок, або формування нерозчинних комплексних сполук із катіонами феруму. Наприклад, у нейтральних водних та водно-сольових розчинах, 3%-му розчині натрій хлориду високу антикорозійну ефективність для сталі демонструють як екстракти, що містять значну кількість поліфенольних сполук та здатні до фізичної або хімічної адсорбції на поверхні металу, утворення комплексних сполук з катіонами Fe^{2+} та формування захисної плівки, так і ті екстракти, що містять терпенові сполуки, олії та формують адсорбційну плівку, що блокує доступ кисню до поверхні металу.

Встановлено, що введення інгібітору корозії безпосередньо у корозійноактивне середовище спричиняє кращий ефект післядії, а витримання зразків металу у розчині інгібітору зумовлює утворення захисних плівок на поверхні, які краще захищають метал на початковому етапі дії агресивного середовища [15].

Захисна дія інгібіторів на основі екстрактів дубової кори полягає у формуванні на поверхні сталі хемосорбційної плівки, що забезпечує гальмування електродних реакцій. Поверхня зразків набуває характерного для танатів заліза

синьо-чорного забарвлення, а утворена захисна плівка міцно зчеплена з поверхнею металу. Молекули дубильних речовин заповнюють мікротріщини й інші поверхневі дефекти, що сприяє підвищенню корозійної стійкості металу [15].

Базовою діючою речовиною в екстракті кори дубу є суміш природних танінів – поліфенольних сполук із молекулярною масою від 500 до 3000. Інгібувальний ефект природних танінів посилюється, ймовірно, також присутніми в розчині силоксановими сполуками, які поліпшують адгезію до поверхні металу. Речовини формують на поверхні металу адсорбційні шари, фазові танатні сполуки, що й обумовлює їхні інгібіторні властивості [15].

Враховуючи все вищезазначене, можна дійти висновку, що механізм дії інших рослинних екстрактів, які були використані в дослідженні, схожий на механізм дії екстракту кори дубу, оскільки вони також містять суміш танінів.

ВИСНОВКИ

За результатами проведеної роботи можна зробити такі висновки:

1. Суміш витяжок з кори дубу і пагонів чорниці у співвідношенні 1:1 в розчині натрій хлориду має найкращий інгібувальний ефект. Коефіцієнт швидкості гальмування корозії цієї суміші становить 48,19, а ступінь інгібіторного захисту – 97,93 %.

2. У сірчанокиислому середовищі найкращий інгібувальний ефект показала суміш витяжок з кори дубу та супліддя вільхи у співвідношенні 1:1. Її коефіцієнт швидкості гальмування корозії становить 5,27, а ступінь інгібіторного захисту – 81,05 %.

3. Найгірший інгібувальний ефект у сірчанокиислому середовищі виявився у суміші витяжок з кори дубу і пагонів чорниці. Коефіцієнту швидкості гальмування корозії цієї суміші становить 0,68, а ступінь інгібіторного захисту становить -45,29 %.

4. У розчині натрій хлориду найгірший інгібувальний ефект показала суміш витяжок з кори дубу та кореневищ калгану у співвідношенні 1:1. Її коефіцієнт швидкості гальмування корозії становить 0,65, а ступінь інгібіторного захисту становить – 51,93 %.

5. Отримані результати показують, що інгібітори рослинного походження мають гарний антикорозійний ефект в певних середовищах, тому подальші вивчення та дослідження рослинних інгібіторів є досить перспективними.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Сахненко М. Д. Основи теорії корозії та захисту металів: навч. посібник. / М. Д. Сахненко, М. В. Ведь, Т. П. Ярошок - Харків: НТУ «ХП», 2005. - 240 с.
2. Miralrio A. Plant Extracts as Green Corrosion Inhibitors for Different Metal Surfaces and Corrosive Media: A Review. / A. Miralrio, V. A. Espinoza // *Processes*. 2020. - № 8(8). - P. 942-969.
3. Корозія металів. Захист від корозії. [Електронний ресурс] Режим доступу: URL: <https://chem.teset.sumdu.edu.ua/media/documents/Koroz.pdf>.
4. Суть і види корозії металів. [Електронний ресурс] Режим доступу: URL: <https://studfile.net/preview/8852192/page:12/>.
5. Характеристики біологічної корозії. [Електронний ресурс] Режим доступу: URL: <http://ehzua.com/index.php/ua/korisni-statti/113-khakteristiki-biologichnoji-koroziji>.
6. Корозія металів і методи боротьби з нею. [Електронний ресурс] Режим доступу: URL: <https://studfile.net/preview/5643877/page:8/>.
7. Kumari P. Plant extracts as corrosion inhibitors for aluminum alloy in NaCl.: M. Lavanya. / P. Kumari // *J. Chil. Chem. Soc.* 2022.- Vol. 67. - № 2. - P. 5490-5495.
8. Murungi P. I. Ideal corrosion inhibitors: a review of plant extracts as corrosion inhibitors for metal surfaces. / P. I. Murungi, A. A. Sulaimon // *Corrosion Reviews*. 2022. - Vol. 40. - № 2. - P. 127-136.
9. Богомолов О. В. Протикорозійна активність екстракту порошку виноградних кісточок. / О. В. Богомолов, О. М. Савченко, О. І. Сиза // *Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв: матеріали між нар. наук.-практ. конф. Харків: ДБТУ, 2022. С. 371-373.*
10. Abdel-Gaber A. M. The natural extract as scale and corrosion inhibitor for steel surface in brine solution. *Desalination*. / A. M. Abdel-Gaber, B. A. Abd-El-Nabej, E. Khamis, D. E. Abd-El-Khalek - 2011. - № 278. - P. 337-342.
11. Singh A. Corrosion Inhibition of Carbon Steel in HCl Solution by Some Plant Extracts. / A. Singh, E. E. Ebenso, M. A. Quraishi // *International Journal of Corrosion*. 2012. - P. 20.
12. Zucchi F. Plant extracts as corrosion inhibitors of mild steel in HCl solution. / F. Zucchi, I. H. Omar // *Surface Technol.* 1985. - Vol. 24. - № 4. - P. 391-399.

13. Behpour M. Green approach to corrosion inhibition of mild steel in two acidic solutions by extract of *Punica granatum* peel and main constituent. / M. Behpour, S. Ghoreishi, M. Rhayatkashani // *Materials Chem. and Phys.* 2012. - № 131. - P. 621-633.

14. Дорошенко Т.Ф. Перспективність створення ефективних інгібіторів корозії на основі рослинної сировини. / Т.Ф. Дорошенко, Ю.Г. Скрипник, О.О. Горбань // *Фізико-органічна хімія, фармакологія та фармацевтична технологія біологічно активних речовин: збірник наукових праць*. Київ: КНУТД, 2021. Вип. 3. С. 45-57.

15. Hulai O. Inhibitor efficacy and composition of oak bark extract. / O. Hulai, V. Shemet, V. Zhilko, O. Klymovych // *Proc. Shevchenko Sci. Soc. Chem. Sci.* 2020. - Vol. LX. - P. 107-117.

16. Повзлю В. М. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Корозія та захист металів» для студентів спеціальності 136 «Металургія» усіх форм навчання. / В. М. Повзлю - Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. - 34 с.

17. Опря А. Т. Статистика (модульний варіант з програмованою формою контролю знань): навч. посіб. / А. Т. Опря - Київ: Центр учбової літератури, 2012. - 448 с.

18. Данілов В. Я. Статистична обробка даних: навч. посіб. / В. Я. Данілов - Київ: КНУ, 2019. - 156 с.

19. Сиза О. І. Механізм дії інгібіторів корозії на основі рослинної сировини. / О. І. Сиза, Ю. В. Квашук, О. М. Савченко // *Вісник Чернігівського технологічного університету. Механохімія*. 2013. – № 3. - С. 62-68.

20. Воробйова В. І. Інгібітори корозії металів комплексної дії на основі природних органічних сполук: дис. ... д-ра техніч. наук: 05.17.14. / В. І. Воробйова - Київ, 2023. - 472 с.

Міністерство освіти і науки України
Національний університет “Львівська політехніка”
Державне підприємство “Науково-дослідний інститут метрології
вимірювальних і управляючих систем”
Академія технічних наук України
Жешувський Політехнічний університет
ім. Ігнатія Лукашевича (Польща);
Люблінська політехніка (Польща)

УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ В ОСВІТІ ТА ПРОМИСЛОВОСТІ: ДОСВІД, ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

**ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ
VI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

16–17 листопада 2023 року



Co-funded by
the European Union



Erasmus+
Jean Monnet Modules

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.

Львів
Видавництво Львівської політехніки
2023

УДК 371:351.851; 621.002.56; 681.2.08; 006.91
У 685

ОРГАНІЗАТОРИ:

Міністерство освіти і науки України
Національний університет “Львівська політехніка”
Державне підприємство “Науково-дослідний інститут метрології
вимірювальних і управляючих систем”
Академія технічних наук України
Жешувський політехнічний університет
ім. Ігнатія Лукашевича (Польща);
Люблінська політехніка (Польща)

КООРДИНАТОРИ КОНФЕРЕНЦІЇ:

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи: тези доповідей VI Міжнародної науково-практичної конференції, 16–17 листопада 2023 року / Відп. за випуск М. М. Микійчук. – Режим доступу: <https://science.lpnu.ua/qm-2023/proceedings> (англ.); <https://science.lpnu.ua/uk/qm-2023/tezy-dopovidey> (укр.), віпний. – Заголовок з екрана. – Мова укр. й англ. ISBN 978-966-870-8

У виданні зібрано тези доповідей конференції. Конференція організована в межах виконання міжнародного освітнього проєкту ERASMUS+ Jean Monnet Module 101085516 – QMSEEI – ERASMUS-JMO-2022-HEI-TCH-RSCH «Європейський досвід впровадження систем управління якістю продукції та послуг» з метою заохочення діалогу між академічним світом і суспільством, підвищення рівня поінформованості суспільства з європейської інтеграції, поширення знань про євроінтеграційні процеси, активізації науково-теоретичних дискусій та громадських обговорень, поширення досвіду та кращих практик європейських країн щодо розробки і впровадження систем управління якістю продукції та послуг, розвитку міжнародної наукової співпраці, обміну досвідом та знаннями, визначення основних завдань і тенденцій щодо вирішення проблем управління якістю в освіті та промисловості.

УДК 371:351.851; 621.002.56; 681.2.08; 006.91

This is a collected book of proceedings of the conference. The conference is organized as part of the implementation of an international educational project ERASMUS+ Jean Monnet Module 101085516 – QMSEEI – ERASMUS-JMO-2022-HEI-TCH-RSCH «European Experience in Implementing Quality Management Systems for Products and Services» with the aim of encouraging dialogue between the academic world and society, increasing the level of public awareness of European integration, spreading knowledge about European integration processes, activating scientific and theoretical discussions and public debates, spreading the experience and best practices of European countries regarding the development and implementation of quality management systems of product and services, development of international scientific cooperation, exchange of experience and knowledge, determination of main tasks and trends in solving quality management problems in education and industry.

Відповідальний за випуск М. М. Микійчук

Матеріали подано в авторській редакції

В ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ	255
<i>Нагірний В., Ліхновський І. СЕНСОРНА МЕРЕЖА ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА ДІАГНОСТИКИ ДВОКОНТУРНИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ</i>	256
<i>Настенко О. РОЛЬ ЯКОСТІ ОСВІТИ У ПОВОЄННОМУ ВІДНОВЛЕННІ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ</i>	257
<i>Ненова Д., Митцева О. ПРОФЕСІЙНИЙ ІМІДЖ ВИКЛАДАЧА ЯК ВИЗНАЧАЛЬНИЙ ЧИННИК ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОСВІТИ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ</i>	258
<i>Петруша Ю., Пушкарьова Є. АКТУАЛЬНІСТЬ СТВОРЕННЯ ІНГІБІТОРІВ КОРОЗІЇ МЕТАЛІВ НА ОСНОВІ РОСЛИННИХ ЕКСТРАКТІВ</i>	260
<i>Пономаренко І., Пономаренко Д. РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТ У РОБОТОТЕХНІЦІ</i>	261
<i>Стасишин Ю. ВИЯВЛЕННЯ ФАЛЬСИФІКАЦІЇ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ ЗА ЕЛЕКТРИЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ</i>	262
<i>Ришковський О., Лукашів М. ДОСЛІДНИЦЬКА УСТАВА ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ, ВИМІРЮВАННЯ ТА АНАЛІЗУ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ</i>	264
<i>Садаєв А., Андрушко М., Аркушенко П., Кузнецов В., Ратушний С. АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ТЕРМОГРАФІЇ ПРИ СТВОРЕННІ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ</i>	266
<i>Садовниченко Ю., Пастухова Н. РОЗБУДОВА ІНСТИТУЦІЙНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ МЕДИЧНОЇ ОСВІТИ В КОНТЕКСТІ ПРОГНОЗУВАННЯ РИНКУ ПРАЦІ</i>	268
<i>Семенюк С. СУЧАСНІ ВИМОГИ ДО МАРКЕТОЛОГА</i>	269
<i>Середюк О., Груфан М., Винничук А. МЕТОД ПОДВІЙНОГО КОНТРОЛЮ В ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ І ПЕРСПЕКТИВИ ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ</i>	270
<i>Серченко М., Сердюк Т. ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ: ВИМОГИ, СПЕЦИФІКАЦІЯ, ПРИКЛАДИ</i>	272
<i>Сидоренко О., Коротецький В. СТАН ВОДНОЇ ЕКОСИСТЕМИ КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА</i>	274
<i>Стадник А., Прохоренко С., Ільчук М. ОЦІНКА ЗДАТНОСТІ ВИКОРИСТОВУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ З МЕТОЮ ЗДІЙСНЕННЯ ПРОЦЕДУР КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ТА КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЧИМ ПРОЦЕСОМ</i>	275
<i>Станьковська І., Джочко П., Станьковський Т. ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПОСЛУГ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ</i>	277
<i>Сушик І., Парфенюк О. КОНФЛІКТНА КОМПЕТЕНТНІСТЬ СОЦІАЛЬНОГО МЕНЕДЖЕРА ЯК ІНСТРУМЕНТ УПРАВЛІННЯ</i>	279
<i>Сушик І., Заторожець М. МЕТОДИ ОЦІНКИ ТА ДІАГНОСТИКИ КОРПОРАТИВНОЇ КУЛЬТУРИ ОРГАНІЗАЦІЇ</i>	281
<i>Тарасенко Т. МЕТОДИ МОНІТОРИНГУ ІНТЕНСИВНОСТІ РУХУ НА ДОРОГАХ</i>	283
<i>Уколов О., Середюк О., Стеценко А. РОЗРОБЛЕННЯ ПОВІРОЧНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ВОДИ</i>	284
<i>Харченко О. ТВОРЧИЙ ПОТЕНЦІАЛ УЧИТЕЛЯ ЯК ЗАПОРУКА ЕФЕКТИВНОГО ВПРОВАДЖЕННЯ ДИСТАНЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ</i>	286
<i>Цисюк І., Чуйко М. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АДГЕЗИЙНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ПОЛІГРАФІЧНИХ РІДИН ТА ЗАДРУКОВАНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ЯКІСТЬ ДРУКУ</i>	288
<i>Чабан О., Микійчук М. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ</i>	289
<i>Червоніков О., Камак Ю., Червотока О., Латто І. ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ</i>	291

АКТУАЛЬНІСТЬ СТВОРЕННЯ ІНГІБІТОРІВ КОРОЗІЇ МЕТАЛІВ НА ОСНОВІ РОСЛИННИХ ЕКСТРАКТІВ

© Юлія Петруша¹, Єлизавета Пушкарьова², 2023

¹ Національний університет «Запорізька політехніка» (Запоріжжя, Україна),
доцент кафедри «Композиційні матеріали, хімія та технології», к.б.н., доцент, yulia.zhu@ukr.net

² Національний університет «Запорізька політехніка» (Запоріжжя, Україна),
магістрантка 2-го року навчання, lizavishnevetskaia15@gmail.com

У всіх економічно розвинених країнах світу проблеми корозії та протикорозійного захисту промислового обладнання є актуальними та привертають активну увагу дослідників. Корозія є основним чинником, що зумовлює значні втрати металу і спричиняє аварійний вихід з ладу обладнання, що може супроводжуватися серйозними наслідками для довкілля. Для нашої країни, яка має широко розвинену металургійну галузь, ця проблема також надзвичайно важлива. Особливо це має значення у таких стратегічних галузях промисловості, як ядерна і теплова енергетика, магістральні нафто-, газо-, аміакопроводи, хімічна та нафто-переробна промисловість, залізничний транспорт, комунальне господарство тощо [1].

В останні роки зусилля фахівців спрямовані переважно на розробку нових та дослідження ефективності вже відомих інгібіторів корозії металів з екологічно чистої сировини, зокрема на основі рослинних екстрактів. Перспективність використання рослинної сировини обумовлена тим, що в багатьох країнах світу, в тому числі й в Україні, щорічно переробляються тисячі тон різних культур і утворюється значна кількість дешевих відходів. Застосування «green inhibitors» дозволяє зменшити накопичення відходів, а також виключити або значно знизити екологічне навантаження на навколишнє середовище [2].

Актуальність пошуку та дослідження інгібіторів корозії саме на основі рослинної сировини також пов'язана з наявністю у складі рослинного матеріалу сульфур-, оксиген-, фосфор- і нітрогеновмісних сполук, що здатні утворювати комплекси з атомами і оксидами заліза, а це створює умови для формування пасивного стану поверхні металу [2].

Ефективність антикорозійного захисту встановлено для багатьох природних продуктів та екстрактів деяких рослин, зокрема *Quercus Robur*, *Rauvolfia serpentina*, *Ginkgo biloba*, *Chlomolaena Odorata L.*, *Flacourti jangomas*, *Piper nigrum*, *Nyctanthes arbortristis*, *Eclipta alba*, *Azadirachta indica*, *Sida rhombifolia L.*, *Medicago Sativa*, *Cyamopsis tetragonaloba*, *Aloe Vera* тощо.

Відомо, що протикорозійну дію мають багато речовин, які містяться в рослинній сировині, зокрема, альдегіди, кетони, аміни, алкалоїди, глікозиди, дубильні речовини та ін. [2].

Для створення нових ефективних екологічно безпечних інгібіторів корозії нами пропонується використовувати рослинну сировину, що містить дубильні речовини (таніни). Є багато наукових публікацій, присвячених пошуку інгібіторів на основі екстрактів дубової кори та стружки. Нами заплановано вивчення антикорозійної дії екстрактів інших рослин, що мають в своєму складі таніни, а саме, супліддя вільхи, кореневища перстачу, листя й плодів чорниці, а також ефекту поєднання цих рослин та витяжок з кори дубу звичайного.

Таким чином, актуальність пошуку «зелених» інгібіторів корозії є беззаперечною і потребує подальшого вивчення та постійного моніторингу.

1. Хома М.С. Стан і перспективи розвитку досліджень у галузі корозії та протикорозійного захисту конструкційних матеріалів в Україні. Вісник НАН України. 2021. № 12. С. 99-106.

2. Дорошенко Т.Ф., Скрипник Ю.Г., Горбань О.О. Перспективність створення ефективних інгібіторів корозії на основі рослинної сировини. Фізико-органічна хімія, фармакологія та фармацевтична технологія біологічно активних речовин: збірник наукових праць. Київ: КНУТД, 2021. Вип. 3. С. 45-57.