

УДК 547.879:547.022:620.197.3

## ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ СТВОРЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ ІНГІБІТОРІВ КОРОЗІЇ НА ОСНОВІ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Дорошенко Т.Ф.<sup>1</sup>, Скрипник Ю.Г.<sup>1</sup>, Горбань О.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л.М. Литвиненка НАН України, відділ хімії гетероциклічних сполук, м. Київ, Україна, e-mail: [tatyana-f@ukr.net](mailto:tatyana-f@ukr.net)

<sup>2</sup>Донецький фізико-технічний інститут ім. О.О. Галкіна НАН України, відділ матеріалознавства, м. Київ, Україна, e-mail: [oxanag1@ukr.net](mailto:oxanag1@ukr.net)

---

Проведено аналіз найбільш сучасних розробок «*green inhibitors*» в області протикорозійного захисту металів. Актуальність 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. Ефективність протикорозійного захисту встановлено для екстрактів таких рослин як *Rauvolfia serpentina*, *Flacourti jangomas*, *Piper nigrum*, *Nyctanthes arbortristis*, *Eclipta alba*, *Azadirachta indica*, *Sida rhombifolia L*, *Medicago Sative*, *Cyatopsis tetragonaloba* та інші. Перспективність використання рослинної сировини обумовлена тим, що в світі щорічно переробляються тисячі тонн різних культур і утворюється величезна кількість дешевих відходів.

---

**Ключові слова:** «*green inhibitors*», рослинна сировина, кислотна корозія, протикорозійна активність

## PROSPECTIVENESS OF CREATING EFFECTIVE CORROSION INHIBITORS BASED ON PLANT RAW MATERIALS

Doroshenko T.F.<sup>1</sup>, Skrypnyk Yu.G.<sup>1</sup>, Gorban O.O.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>L.M. Litvinenko Institute of Physical-Organic Chemistry and Coal Chemistry of the NAS of Ukraine, Department of Heterocyclic Compounds, Kyiv, Ukraine, e-mail: [tatyana-f@ukr.net](mailto:tatyana-f@ukr.net)

<sup>2</sup>Donetsk Institute for Physics and Engineering named after O.O. Galkin NAS of Ukraine, Materials Science Department, Nauki av. 46, Kyiv 03028, Ukraine, e-mail: [oxanag1@ukr.net](mailto:oxanag1@ukr.net)

---

The author analyzed the most modern developments of «green inhibitors» in the field of corrosion protection of metals. The relevance of the choice of inhibitors based on plant raw materials is related to the environmental friendliness and availability of raw materials, the presence of *S*-, *O*-, *P*- and *N*-containing compounds in plant raw materials capable of forming complexes with atoms and oxides of iron, which creates conditions for formation of a passive state of the metal surface. The effectiveness of corrosion protection has been established for extracts of such plants as *Rauvolfia serpentina*, *Flacourti jangomas*, *Piper nigrum*, *Nyctanthes arbortristis*, *Eclipta alba*, *Azadirachta indica*, *Sida rhombifolia L*, *Medicago Sativa*, *Cyamopsis tetragonaloba* and others. The prospect for the use of plant raw materials is due to the fact that thousands of tons of different crops are processed annually in the world and a huge amount of cheap waste is generated.

---

**Keywords:** «green inhibitors», plant raw materials, acid corrosion, anticorrosive activity

За міжнародним стандартом ISO 8044 корозія – 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, як одна із найпоширеніших причин передчасного виходу з ладу інженерних комунікацій, промислового обладнання, будівельних конструкцій, транспортної техніки, спричиняє значні матеріальні збитки державі, 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 раціональним та ефективним вирішенням проблем, що 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. Інгібітори корозії - це органічні та неорганічні речовини,

присутність яких в невеликих кількостях різко знижує швидкість розчинення металу та зменшує його можливі шкідливі наслідки. 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.

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 області захисту металів, але й в проблемі утилізації багатотоннажних відходів сільського господарства.

**Мета дослідження:** аналіз «*green inhibitors*» - значущих, найбільш сучасних розробок в області протикорозійного захисту металів на основі рослинної сировини.

#### **Результати дослідження.**

Через зростаючий інтерес та увагу всього світу до захисту навколишнього середовища та небезпечних наслідків використання хімічних речовин в екологічному балансі, традиційний підхід до інгібіторів корозії поступово змінився.

Як інгібітори можливе застосування натуральних продуктів, рослин та їх екстрактів [2]. 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 й ін. В таблиці 1 представлено натуральні продукти, які вивчено як інгібіруючі добавки для захисту металів і сплавів.

Таблиця 1. Натуральні продукти та полімери, які використовуються в якості інгібіторів.

n/n	Натуральний продукт	Метал або сплав, що захищається
1	Кофеїн	Вуглецева сталь, мідь
2	Пурин і аденін	Мідь
3	Вітамін В <sub>1</sub>	Хромомолібденова сталь, мідь, нікель
4	Вітамін В <sub>6</sub>	Нікель
5	Вітамін В <sub>9</sub>	Інгібітор утворення накипу
6	Вітамін С	Сталь, нікель
7	Лимонна кислота	Алюміній
8	Бензойна кислота	Залізо, алюміній
9	Пептін	Алюміній
10	Лігнін	Алюміній
11	Крохмаль маніюки	Алюміній
12	Карагінан	Алюміній
13	Хітозан	Сталь

Природні продукти широко вивчалися і як інгібітори корозії, і як компоненти сумішей, які екстраговані з природних джерел [3].

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 низькою токсичністю. Такі екстракти містять

безліч натуральних продуктів: ефірні масла, таніни, пігменти, стероїди, терпени, флавоноїди та флавоноїди.

В таблиці 2 вказано екстракти рослин, а також метали і сплави, швидкість корозії яких можна зменшити за рахунок використання даних екстрактів.

Таблиця 2. Екстракти природних продуктів, що використовуються як інгібітори корозії.

n/n	Джерело натурального продукту	Метал або сплав, що захищається
1	Екстракт мексиканського чаю, екстракт листя османтуса запашного, водний екстракт китайського гібіскуса, водний екстракт куркуми довгої, водний екстракт лареї тризубої	Вуглецева сталь
2	Спиртовий екстракт насіння гарцинії, екстракт квітів банана загостреного, екстракт рослини мексиканської аргемони, водний екстракт лаванди зубчастої, екстракти мелегетського перцю, екстракти кори та листя кадамби, екстракт листя мурайя Кеніга, берберін з китайського лимонника, екстракт розели, екстракт листя морінди цитрусоливної	Маловуглецева сталь
3	Екстракт рослин коноплі	Мідь
4	Масло полині	Сталь
5	Танін мангрового дерева, вернонія, сік фруктів фініка пальчатого, водний екстракт	Алюміній

	часнику, прозопис, опунція індійська, екстракт тютюну	
6	Цибульний сік	Цинк
7	Екстракт граната звичайного	Латунь
8	Лаванда стегадська	Нержавіюча сталь

Відзначено, що в цих сполуках присутні кон'юговані ароматичні структури, довгі аліфатичні ланцюги, гетероатоми з вільними електронними парами, які доступні для утворення зв'язків з поверхнею металу.

Високу захисну дію з потенційними застосуваннями в нафтовій промисловості можна спостерігати у випадку з *Ginkgo biloba*, в якому основні компоненти (флавоноїди та терпеноїди). Описано інгібуючу дію етанольних екстрактів з листя *Chlomolaena Odorata L.* в якості екологічно чистого інгібітора кислотної корозії алюмінію в 2 М НСІ. Дана оцінка рослинних екстрактів як інгібіторів корозії *Phyllanthus amarus*, *Pachylobus edulis*, *Raphia hookeri*, *Ipomoea invcrata* і *Spondias tombin L.* [4, 5].

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*-триметіламмонійбромід.

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.

Відомо, що антикорозійну дію мають речовини: альдегіди, кетони, аміни, фосфати, нітрати, алкалоїди, глюкозиди, дубильні речовини та ін. [6].

Алкалоїди - азотовмісні токсичні органічні сполуки складного складу, що мають лужну реакцію. У рослинах алкалоїди можна зустріти в клітинному соку різних органів рослин у вигляді солей органічних кислот.

Глікозиди - нелеткі кристалічні речовини горького смаку та складного органічного складу: різні сахара, що з'єднані з агліконами (альдегіди, спирти, алкалоїди, феноли, терпени, органічні кислоти та інші). Більшість глікозидів складаються з елементів кисню, вуглецю, водню, іноді, сірки та залишку синильної кислоти. Глікозиди містяться в клітинному соку деяких органів рослин - алоє, толокнянки, крушини, адоніса, наперстянки, конвалії.

Дубильні речовини - безазотні органічні сполуки, вміст яких можна виявити в корі дуба, суниці, траві звіробою, корневиче перстачу, плодах черемухі, терну, чернікі, шишках вільхи.

Ефірні масла - летучі органічні речовини досить різноманітного хімічного складу з відмітним, найчастіше, приємним ароматичним запахом і гострим вкусом.

Слизи - безазотисті речовини, які схожі з полісахарідами. Модифікуються або клітини епідерміса, або спеціальні слизисті клітини; іноді слиз утворюється з міжклітинної речовини. Також слизи виділяються деякими рослинами при кип'яченні з водою. Слизом володіють: коріння хатьми та алтея, листя просвірни́ка, насіння льону та інші рослини.

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

Інгібітори на основі рослинної сировини (кісточкові відходи плодово-ягідних культур, насіння рослин, гірчичне масло, екстракти) запропоновані в роботах [2-6]. Ефективність протикорозійного захисту встановлено для екстрактів таких рослин як *Rauvolfia serpentina*, *Flacourti jangomas*, *Piper nigrum*, *Nyctanthes arbortristis*, *Eclipta alba*, *Azadirachta indica*, *Sida rhombifolia L.*, *Medicago Sative*, *Cyamopsis tetragonaloba* та ін. [2-7].

Наразі в Україні дуже стрімко розвивається тенденція щодо виробництва інгібіторів корозії з відновлюваної оліє-жирової сировини (для нафтогазового комплексу, систем водопостачання, захисту металевих напівфабрикатів) [7].

Проведено дослідження з визначення захисного ефекту продуктів на різних стадіях синтезу реакції амідуювання соєвої олії моноетаноламіном [8]. Встановлено тенденцію змінення захисних властивостей продуктів реакції в залежності від часу і температури синтезу. Визначено, що в сумішах середовища *NACE* з вуглеводнями газового конденсату захисний ефект досягає 87 %.

Як інгібітор корозії камелієве масло використовується для захисту леза японських кухонних ножів і холодної зброї з вуглецевої сталі. Камелієве масло містить: в основному тригліцериди олеїнової кислоти (70-80 %), пальмітинової (6-11 %), лінолевої (5-10 %) і стеаринової (1,5-3 %) кислот, а також трітерпени, сквален, поліфеноли та біофлавоноїди; присутня незначна кількість міристинової 0,3 %, арахідонової 1,5 %, ліноленової 1,0 %, бегенової 0,5 %, ерукової 0,5 %, лігноцеринової 0,5 %, ейкозанової 0,8 %, пальмітолеїнової 0,5 % та інших кислот. Оскільки камелієве масло не шкодить їжі, то перед використанням ножів очистка від масла не потрібна [4].

Наведено [9] результати експериментальних досліджень збереження захисного протикорозійного ефекту сталі Ст3 в робочих середовищах харчових виробництв після попередньої обробки поверхні металу дезінфікуючими розчинами соляної кислоти з добавками екологічно чистих інгібіторів корозії на основі рослинної сировини - ГС-1 (на основі гірчиці) і РС-ЧДТУ (на основі ріпаку). Відомо, що в багатьох випадках використання індивідуальних інгібіруючих домішок менш ефективно, ніж застосування синергічних інгібіруючих композицій. Виходячи з цього, розроблено інгібітор ГС-2 на основі інгібіторів ГС-1 і МГ-ЧДТУ (4:1). Цей інгібітор - модифіковане рослинне масло, яке забезпечує високу ефективність протикорозійного захисту конструкційних сталей в нейтральних і кислих середовищах ( $Z = 93,0-99,8$  %), має найбільший ефект «післядії» в харчових середовищах після витримки зразків у інгібованому розчині соляної кислоти протягом 20 хвилин (відповідність технологічному регламенту), володіє

біоцидними та бактерицидними властивостями, що дозволяє рекомендувати його для захисту обладнання підприємств харчової промисловості від корозії шляхом введення в розчин дезінфектора.

На особливу увагу заслуговують водні екстракти плодів кінського каштана, які мають складний склад: флавоноїди, каротиноїди, вуглеводи (гексози і пентози) і продукти їх поліконденсації та розпаду (уронови кислоти, гемміцеллюлози, фурфурол та ін.), глікозид, ескулін і трітерпенсапоніни під загальною назвою есцин, а також дубильні речовини (таніни) [10]. Азоту, зазвичай, 0,2-0,5 % від усіх танінів. Білка в їх складі немає. Співвідношення компонентів у витяжці залежить від ступеня подрібнення матеріалу, температури та часу екстрагування. Екстракти характеризуються високим вмістом дубильних речовин.

Аналізуючи літературні дані, можна висловити деякі припущення щодо механізму інгібування корозії сталі в 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 окислення 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. При наявності в розчині продуктів корозії швидкість окислення танідів киснем повітря збільшується. Відбуваються окислення 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 підкислення приелектродного шару, що, в свою чергу, покращує розчинність продуктів корозії та їх перетворення в танати.

Останніми роками в практиці протикорозійного захисту нерідко використовуються листя, колючки, коріння, квіти, кора, лушпиння, солома, відходи лісового та харчового комплексу для створення нових протикорозійних препаратів. Встановлено [11], що перспективною (за виробництвом цієї технічної культури Україна займає п'яте місце у світі) рослинною сировиною для створення легких інгібіторів промислового значення є шишки хмелю. Після збирання урожаю в господарствах накопичуються відходи ручної і машинної зборки хмелю, які зараз не використовуються (листя, стебла) і є цінним джерелом поліфенолів. Протикорозійні властивості хмелю забезпечуються його багатим хімічним складом: 0,2-1,8 % ефірних олій, 2-5 % поліфенольних сполук, 5-26 % гірких речовин, а також мінеральні речовини, вітаміни, пектин та ліпіди. Дубильні речовини, які входять до складу хмелю, здатні зв'язувати комплексні білкові речовини. Квантово-хімічними розрахунками показано, що ряд хімічних сполук хмелю (фарнезол, лейкоціанідин, катехін, кемпферол і лейкопеларгонідин) мають більш слабку адсорбційну здатність на поверхні за рахунок утворення м'яких комплексів. Галова кислота, кетони та ефіри хмелю, утворюючи більш жорсткі комплекси, здатні краще адсорбуватися на поверхні заліза.

Аналіз публікацій показує зацікавленість до дослідження протикорозійних властивостей *Aloe Vera* [12]. До його складу входять органічні кислоти (яблучна, лимонна, ізолімонна, фумарова, малонова, щавлева) - 4,92 мг/мл; амінокислоти (аспарагін, аланін, глутамін, лейцин, орнітин, фенілаланін, пролін, серин, триптофан, валін) - 0,36 мг/мл; вуглеводи (глюкоза та сахароза) - 11,62 мг/мл; піронові сполуки - 1,05 мг/мл; вміст сухих речовин - 2,4 %. Показано, що водний екстракт листя *Aloe Vera*

забезпечує до 88 % захисту - при корозії алюмінію в 0,5М НСІ при 30 °С, до 80 % - при корозії цинку в 2 М НСІ і до 71 % - при корозії міді в 2 М НСІ. Дослідження екстракту *Aloe Vera* на вуглецевій сталі також проведено в морській воді та виявлено високий захисний ефект - до 98 % при використанні 4 мл екстракту на 100 мл корозійного середовища.

Розроблено методика синтезу та отримано екологічно чисті інгібітори на основі екстрактів зі стружки дуба. Встановлено [13], що ефективність захисту сталі 20 у воді екстрактом дубової стружки та інгібіторами на його основі зростає зі збільшенням часу експозиції. Найефективнішою є композиція ПІС-4, яка містить органічний та неорганічний синергісти. Електрохімічними дослідженнями показано, що захисна дія екстрактів та інгібіторів на їх основі полягає у формуванні на поверхні сталі хемосорбційної плівки, що забезпечує гальмування обох електродних реакцій.

Також встановлено [14], що фосфорвмісні продукти, які виділено з відходів виробництва рису (лушпиння та рисової мучки), за своїм складом близькі до похідних пентафосфоінозита і є інгібіторами корозії в водно-сольовому середовищі з захисним ефектом 62,5-86,6 %, що перевищує дію стандартних інгібіторів корозії (триазолів).

### **Висновки.**

Перспективність використання рослинної сировини в якості інгібіторів корозії обумовлена тим, що в світі щорічно переробляються тисячі тонн різних культур і утворюється величезна кількість дешевих відходів. Найчастіше природні речовини використовуються для інгібірування корозії металів і сплавів у розчинах з низьким вмістом кислот (1-2 моль/л). Застосування «*green inhibitors*» дозволяє виключити або значно знизити екологічне навантаження на навколишнє середовище.

## Список літератури.

1. Сахненко М.Д., Ведь М.В., Ярошок Т.П. Основы теории коррозии та захисту металів: Навч. посібник. – Харків: НТУ «ХПІ», 2005. – 240 с.
2. Шипигузов, И.А., Колесова, О.В., Вахрушев, В.В., Казанцев, А.Л., Пойлов, В.З., Лановецкий, С.В., Черезова, Л.А.. Современные ингибиторы коррозии [Текст] / И.А. Шипигузов, О.В. Колесова, В.В. Вахрушев, А.Л. Казанцев, В.З. Пойлов, С.В. Лановецкий, Л.А. Черезова // Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология. - 2016. - № 1 - С. 114-129.
3. A.M. Abdel-Gaber, B.A. Abd-El-Nabej, E. Khamis, D.E. Abd-El-Khalek. The natural extract as scale and corrosion inhibitor for steel surface in brine solution // Desalination. – 2011. – № 278. – P. 337-342.
4. Amitha B.E. Rani, Bharathi Bai J. Basu. Green Inhibitors for Corrosion Protection of Metals and Alloys: An Overview // Int. J. of Corrosion. – 2012. - P. 1-15.
5. Emeka E. Oquzie. Evaluation of the inhibitive effect of some plant extracts on the acid corrosion of mild steel // Corros. Sci. – 2008. – № 50. – P. 2993-2998.
6. Zucchi F. and Omar I. H. Plant extracts as corrosion inhibitors of mild steel in HCl solution // Surface Technol. – 1985. – 24, № 4. – P. 391–399.
7. M. Behpour, S. Ghoreishi, M. Rhayatkashani. Green approach to corrosion inhibition of mild steel in two acidic solutions by extract of Punica granatum peel and main constituent / // Materials Chem. and Phys. – 2012. – № 131. – P. 621-633.
8. Уварова, Н.Н. Амиды высших карбоновых кислот как полифункциональная добавка к минеральному маслу И-20А [Текст] / Н.Н. Уварова // Вестник ТГУ. - 1997. - Т.2, вып. 1. - С. 70-75.
9. Савченко, О.Н., Сизая, О.И. Использование модифицированных растительных масел в противокоррозионной защите стали [Текст] /

- О.Н. Савченко, О.И. Сизая // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2004. – № 4. – С. 14-18.
10. Паршутин, В.В., Шолтоян, Н.С., Сидельникова, С.П., Коваль, А.В., Булхак, И.И., Болога, О.А., Шофранский, В.Н. Влияние водного экстракта плодов конского каштана на коррозию стали ст. 3 в воде [Текст] / В.В. Паршутин, Н.С. Шолтоян, С.П. Сидельникова, А.В. Коваль, И.И. Булхак, О.А. Болога, В.Н. Шофранский // Электронная обработка материалов. - 2011. - № 47(3). - С. 90–99.
11. Raja P. V. and Seturaman M. G. Natural products as corrosion inhibitors for metals in corrosive media // Materials Letters. – 2008. – № 62. – P. 113-116.
12. Hart K. The Inhibitive Effect of Aloe Vera Barbadensis Gel on Copper in Hydrochloric Acid Medium / K. Hart, A.O. James // Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences. – 2014. – Vol. 5(1). – P. 24–29.
13. Слободян, З.В., Маглатюк, Л.А., Купович, Р.Б., Хабурський Я.М. Композиції на основі екстрактів з кори та стружки дуба – інгібітори корозії середньовуглецевих сталей у воді [Текст] / З.В. Слободян, Л.А. Маглатюк, Р.Б. Купович, Я.М. Хабурський // Фізико-хімічна механіка матеріалів. - 2014. - № 5. - С. 58-66.
14. Макаренко, Н.В., Харченко, У.В., Слободюк, А.Б., Земнухова, Л.А. Фосфорсодержащие продукты из отходов производства риса и их антикоррозионные свойства [Текст] / Н.В. Макаренко, У.В. Харченко, А.Б. Слободюк, Л.А. Земнухова // Химия растительного сырья. - 2013. - № 3.- С. 255-260.