

части Карского моря // Проблемы ресурсного обеспечения газодобывающих районов России // Вести газовой науки, 2017. – № 3 (31). – С. 29 – 35.

3. Недоливко Н.М., Ежова А.В. Петрографические исследования терригенных и карбонатных пород-коллекторов: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 172 с.

Пэн Лижу (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Лямина Галина Владимировна, канд. хим. наук, доцент  
ТПУ

## ПРИМЕНЕНИЕ «ЗЕЛЕННЫХ» ИНГИБИТОРОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ БРОНЗЫ ОТ КОРРОЗИИ

**Введение.** В настоящее время ингибиторы коррозии на основе растительного сырья и отходов пищевых и химических производств разрабатываются очень активно. Это связано с развитием «зеленых технологий», основной целью которых является улучшение экологической ситуации на планете: разработка безотходных технологий, замена существующих процедур создания и обработки материалов на более безопасные. В частности, такие подходы реализуются при разработке ингибиторов коррозии металлов.

Целью данной работы было провести критериальное сравнение научных работ посвященным ингибиторам коррозии бронзы на основе растительного сырья и представления наших разработок в этой области.

**Ингибиторы коррозии бронзы.** В работе [1] природный ингибитор галлат эпикатехина был выделен из зеленого чая и добавлен к 3% раствору NaCl, в который была погружена бронза. Было показано, что требуется 100 часов для максимальной адсорбции ингибитора при погружении в коррозионный раствор, а устойчивость пленки стабильна до 550 часов.

В работе [2] изучали защитные свойства прополиса, как ингибитора коррозии бронзы в аэрированном слабокислом растворе, содержащем Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и NaHCO<sub>3</sub> (pH 5), имитирующем кислотный дождь в городских условиях. Высокий защитный эффект достигается в присутствии прополиса после нескольких часов погружения и остается стабильным во времени. Максимальная эффективность ингибирования в диапазоне была

получена при добавлении прополиса 100 к 1000000 через 12 часов воздействия электролита.

В работе [3] производные фенотиазина исследованы в качестве ингибиторов коррозии бронзы в таком же растворе, как в работе [2]. На основании данных потенциодинамической поляризации и спектроскопии электрохимического импеданса показано, что защита обусловлена адсорбцией производных фенотиазина на поверхности бронзы с образованием блокирующего барьера для проникновения агрессивных молекул.

В работе [4] исследование посвящено применению спиртового экстракта семян конского каштана в качестве потенциального нетоксичного ингибитора коррозии бронзы в слабокислом растворе, содержащем  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и  $\text{NaHCO}_3$ . Показано, что ингибирующее действие экстракта в основном связано с образованием тонкой защитной пленки за счет адсорбции его компонентов на поверхности бронзы, что в некоторой степени препятствует процессу переноса заряда и стабилизирует продукты коррозии, обеспечивая защиту.

В табл. 1 представлено сравнение описанных ингибиторов. На основании данных эффективности ингибирования самую высокую эффективность обеспечивает прополис.

Таблица 1

*Сравнение зелёных ингибиторов для бронзы*

Ингибитор	Эффективность ингибирования	Тип адсорбции	Раствор, в котором проводят испытания
Галлат эпикатехина [1]	84%	Химическая и физическая	3% NaCl
Прополис [2]	98.9%	Химическая	$\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{NaHCO}_3$
Производные фенотиазины [3]	91.9%	Химическая	$\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{NaHCO}_3$
Экстракта конского каштана [4]	94.1%	Физическая	$\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{NaHCO}_3$

**Применение масла пихты (МП) с наночастицами оксида цинка в качестве ингибитора коррозии.** В составе данного ингибитора два компонента, каждый из которых выполняет свою функцию. Масло создает на поверхности металла защитную пленку, а наночастицы заполняют дефекты и трещины.

Для оценки возможности использования масла пихты нами были получены коррозионные диаграммы латуни без ингибитора и покрытой маслом пихты с наночастицами оксида цинка (рис. 1).

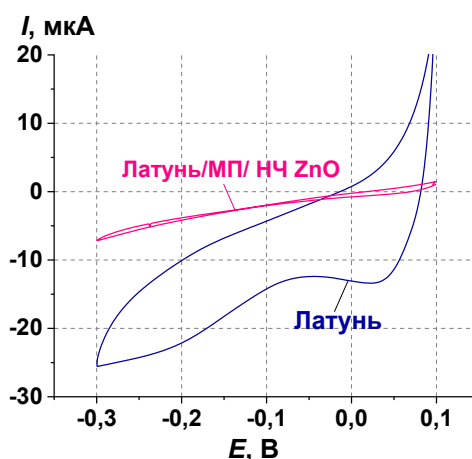


Рис. 1. Потенциодинамические кривые латуни до и после обработки ингибитором в 0,1 М КСl

Латунь:  $E_{корр} = 62$  мВ;  $I_{корр} = 16$  мкА

Латунь, обработанная МП с НЧ ZnO:  $E_{корр} = 44$  мВ;  $I_{корр} = 0,71$  мкА

Коррозионные диаграммы регистрировали с трехэлектродной ячейкой на потенциостате CorrTest CS310. В качестве фонового электролита использовали 0,1 М раствор хлорида калия, приготовленный с использованием деионизованной воды, объем электролита в ячейке – 40 мл. В качестве рабочего электрода использовали латунь ( $d = 5$  мм); в качестве вспомогательного и электрода сравнения – насыщенные хлоридсеребряные электроды. Потенциодинамическую кривую регистрировали в интервале от минус 0,3 до 0,3 В, скорость развертки – 10 мВ/сек.

Видно, что ток коррозии для металла, покрытого ингибитором в 100 раз ниже, чем для обычной латуни. Это свидетельствует об очень эффективной защите поверхности с помощью нашего ингибитора. Потенциал коррозии имеет примерно равные значения для обоих случаев.

Разработанный в нашей работе ингибитор можно применять для изделий из меди и бронзы, например, для объектов декоративно-прикладной культуры, артефактов, музейных экспонатов, городской скульптуры.

*В работе применялось оборудование ЦКП НОИЦ НМНТ ТПУ, поддержанного проектом Минобрнауки России № 075-15-2021-710*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. A.Espinoza Vázquez, I. A. Figueroa, F. J. Rodríguez Gómez, A. Pérez Vázquez, R. Mata, D. Ángeles Beltrán, A. Miralrio, M. Castro. Epicatechin gallate as a corrosion inhibitor for bronze in a saline medium and

- theoretical study // Journal of Molecular Structure. – 2021. – V. 1227. – P. 129 – 140.
2. Simona Varvara, Roxana Bostan, Otilia Bobis, Luiza Gaină, Florin Popa, Vicente Mena, Ricardo M. Souto. Propolis as a green corrosion inhibitor for bronze in weakly acidic solution // Applied Surface Science. – 2017. – V. 20. – P. 100 – 112.
  3. Roxana Bostan, Simona Varvara, Luiza Găina, Liana Maria Mures. Evaluation of some phenothiazine derivatives as corrosion inhibitors for bronze in weakly acidic solution // Corrosion Science. – 2012. – V. 63. – P. 275 – 286.
  4. Simona Varvara, Giada Canigliab, Javier Izquierdob, Roxana Bostana, Luiza Găinăd, Otilia Bobise, Ricardo M. Souto. Multiscale electrochemical analysis of the corrosion control of bronze in simulated acid rain by horse-chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) extract as green inhibitor // Corrosion Science. – 2020. – V. 165. – P. 108 – 127.

Сюй Фаньцзе (Китай),  
Юдникова Арина (Россия)

Томский политехнический университет, г.Томск

Научный руководитель: Годымчук Анна Юрьевна,  
канд. техн. наук, доцент

## **ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА НАНОЧАСТИЦ НИКЕЛЯ НА ИХ АГРЕГАЦИЮ В ПОЧВЕННОМ БУФЕРЕ**

### Введение

Наночастицы никеля применяются в биомедицине, металлургии, сельском хозяйстве и электронике [1], поэтому их производство будет расти. Чем больше производство, тем больше шансов наночастицам попасть в окружающую среду. Согласно литературе, при накоплении в почве наночастицы никеля могут быть токсичными для бактерий [2] и растений [3]. При этом на токсичность большое влияние оказывает размер частиц [4]. Например, что при уменьшении размера от 62 до 100 нм усиливается фитотоксичность наночастиц Ni/NiO [4]. Можно предположить, что на информацию о размере частиц при их попадании в почвенную среду может быть полезна с точки зрения прогнозирования их биологических свойств. Поэтому изучение агрегации наночастиц в жидких средах, включая поверхностные воды и почвенные среды является важной задачей в нанотоксикологии.