4. Kuz'min V.N., Fedorenko V.F., Mishurov N.P. i dr. Spravochnik fermerov. – M.: Izd-vo «Rosinformagroteh». – 2017. – 708 s.
5. Prohorenkov V.D., Knjazeva L.G., Ivojlav A.A. Bitumnye mastiki dlja protivokorroziionnoj zashhity avtotransporta i sel'skhozajstvennogo oborudovanija // Praktika protivokorroziionnoj zashhity. – 2008. – № 2 (48). – S. 34 – 37.
6. Taha F.Zh.T. Sovershenstvovanie oborudovanija i tehnologii konservacii sel'skhozajstvennoj tehniki ingibirovannyimi bitumnymi sostavami: diss...kand. tehn. nauk: 05.20.03 / Michurinskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet / Taha Firas Zhumaa Taha. – Tambov. – 2017. – 183 s.
7. Bronshtejn I.N., Semendjaev K.A. Spravochnik po matematike. – M.: Izd-vo tehniko-teoreticheskoj literatury. – 1957. – 608 s.
8. Bekin N.G., Zaharov N.D., Peunkov G.K. i dr. Oborudovanie i osnovy proektirovanija zavodov rezinovoj promyshlennosti: Ucheb. posobie dlja vuzov – L.: Himija. – 1985. – 504 s.
9. Rebinder P.A. Izbrannye trudy. Poverhnostnye javlenija v dispersnyh sistemah. Kolloidnaja himija. – M.: Nauka. – 1978. – 371 s.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Петрашев Александр Иванович – доктор технических наук, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: vitin-10.pet@mail.ru.

Таха Фирас – доктор сельскохозяйственных машин и оборудования в Техническом колледже Аль-Муссаиба Технического университета «Аль-Фурат Аль-Авсат», Ирак, г. Вавилон, e-mail: engineer.firas@mail.ru.

Author credentials

Affiliations

Petrashov Alexandr – Full Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: vitin-10.pet@mail.ru.

Firas Taha – Doctor of Agricultural Machinery and equipment at the Technical Collage of Al-Mussaib, “Al-Furat Al-Awsat” Technical University, Iraq, Babylon, e-mail: engineer.firas@mail.ru.

Поступила в редакцию (Received): 16.11.2020 Принята к публикации (Accepted): 18.12.2020

УДК 544.653

DOI: 10.35887/2305-2538-2020-6-110-116

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНГИБИТОРОВ СЕРИИ «ИНКОРГАЗ» МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ИМПЕДАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ В СРЕДАХ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ СЕРОВОДОРОДА

¹Урядникова Марина Николаевна

¹Урядников Александр Алексеевич

¹Родионова Людмила Дмитриевна

¹Брыксина Виктория Александровна

¹Королева Дарья Владимировна

¹ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина»

Реферат. В условиях сельскохозяйственного производства встречаются с повышенными концентрациями сероводорода. Исследовали коррозионные процессы в средах с содержанием сероводорода 1000 мг/л по спектрам импеданса, полученным на анализаторе импеданса SI 1255 с потенциостатом SI 1287 (электрохимический измерительный комплекс фирмы Solartron (Великобритания)). Изучали влияние составов марки «ИНКОРГАЗ» на электрохимические показатели коррозии углеродистой стали посредством импедансной спектроскопии. Получены и проанализированы зависимости сопротивления переноса заряда в анодной реакции и емкости

двойного электрического слоя от времени выдержки электрода в агрессивной среде и концентрации ингибитора. На основе полученных данных рассчитаны значения суммарного защитного эффекта получаемой антикоррозионной системы и вкладов в него отдельных компонентов (пленки продуктов коррозии и ингибитора), а также степень заполнения поверхности металла ингибитором. Показано, что при концентрациях исследуемых составов 100-200 мг/л преимущественный вклад в общий защитный эффект вносит действие ингибитора. При использовании ингибитора ИНКОРГАЗ 21Т-Б сопротивление переносу заряда в анодной реакции увеличивается несколько меньше, чем при тех же концентрациях ИНКОРГАЗ 21Т-А. Емкость двойного электрического слоя у ИНКОРГАЗ 21Т-Б снижается в меньшей степени, по сравнению со значениями для ИНКОРГАЗ 21Т-А. Было установлено, что в среде, насыщен сероводородом, вклад ингибитора превышает вклад пленки коррозии для ИНКОРГАЗ-21Т-А при всех концентрациях ингибитора, начиная с 6-часовой выдержки электродов в растворе при оценке суммарного защитного эффекта, в зависимости от вкладов пленки продуктов (Z_{пл}) и ингибитора (Z_{инг}) коррозии.

Ключевые слова: ингибитор, коррозия, электрохимическая импедансная спектроскопия, адсорбция.

**ESTIMATION OF THE EFFICIENCY OF INKORGAS SERIES INHIBITORS
BY THE METHOD OF ELECTROCHEMICAL IMPEDANCE SPECTROSCOPY
IN MEDIA WITH A HIGH CONTENT OF HYDROGEN SULFUR**

¹*Uryadnikova Marina*

¹*Uryadnikov Alexander*

¹*Rodionova Lyudmila*

¹*Bryksina Viktoriya*

¹*Koroleva Darya*

¹*FSBEI HE "Tambov State University named after G.R. Derzhavin"*

Abstract. In conditions of agricultural production, they are found with increased concentrations of hydrogen sulfide. Corrosion processes in media with a hydrogen sulfide content of 1000 mg / L were investigated using the impedance spectra obtained on an SI 1255 impedance analyzer with an SI 1287 potentiostat (an electrochemical measuring complex from Solartron (Great Britain)). The influence of the "INKORGAS" grade compositions on the electrochemical indicators of corrosion of carbon steel was studied by means of impedance spectroscopy. The dependences of the charge transfer resistance in the anodic reaction and the capacity of the electric double layer on the time of exposure of the electrode in an aggressive environment and the concentration of the inhibitor are obtained and analyzed. The values of the total protective effect of the obtained anticorrosive system and the contributions to it of individual components (films of corrosion products and inhibitor), as well as the degree of filling the metal surface with the inhibitor were calculated on the basis of the data obtained. It has been shown that at concentrations of the studied compositions of 100-200 mg / L, the inhibitor's action makes the predominant contribution to the overall protective effect. When using the inhibitor INKORGAS 21T-B, the charge transfer resistance in the anodic reaction increases slightly less than at the same concentrations of INKORGAS 21T-A. It was found that in an environment saturated with hydrogen sulfide, the contribution of the inhibitor exceeds the contribution of the corrosion film for INKORGAS-21T-A at all concentrations of the inhibitor, starting with 6-hour exposure of the electrodes in solution when assessing the total protective effect, depending on the contributions of the product film (Z_{pl}) and corrosion inhibitor (Z_{ing}).

Keywords: inhibitor, corrosion, electrochemical impedance spectroscopy, adsorption

Введение. В условиях сельскохозяйственного производства с повышенными концентрациями сероводорода встречаются в атмосферах животноводческих помещений. Оборудование животноводческих помещений, трубопроводы, резервуары подвержено к тому же действию биокоррозии, которая в свою очередь приводит к образованию этого газа. В малых дозах сероводород способен заметно ускорить рост растений, как своеобразное удобрение. При достаточно высоких концентрациях в водном растворе его можно использовать для уничтожения сорняков. Этот газ находит применение также при получении биотоплива.

Сероводород (H_2S) обладает агрессивными свойствами, стимулируя парциальные электродные реакции, приводящие к коррозионному повреждению металлических поверхностей, преимущественно к питтингообразованию под слоем продуктов коррозии- сульфидов железа. Защите от сероводородной коррозии посвящены многие работы [1-6]. Отмечена интересная особенность усиления защитного действия ингибиторов, содержащих азот, таких, например, как амины и имидозолины, в присутствии этого стимулятора коррозии. Изучать коррозионные процессы в средах, содержащих сероводород, в данной работе предлагается с помощью спектроскопии электрохимического импеданса (СЭИ) – передового метода оценки коррозионных процессов. Этот метод может применяться как в теоретическом аспекте исследований, связанных с определением механизма растворения металла в коррозионной среде, так и для решения прикладных задач, например, подбора ингибиторов коррозии и оценки их эффективности [7,8]. Большой интерес представляет оценка эффективности ингибиторов коррозии в средах с высоким содержанием сероводорода (100 мг/л и более), поскольку в этом случае высокая агрессивность среды сопровождается ярко выраженным синергетическим действием ингибиторов на основе протонирующихся азотсодержащих соединений и сульфидной пленки продуктов коррозии на поверхности металла.

В данной работе методом СЭИ изучена эффективность защитного действия и адсорбционные характеристики ингибиторов коррозии серии ИНКОРГАЗ (ИНКОРГАЗ-21Т-А и ИНКОРГАЗ-21Т-Б) в модельной среде NACE, насыщенной сероводородом до 1000 мг/л по методике, представленной в [9].

Материалы и методы. Спектры импеданса снимали на электрохимическом оборудовании (анализатор импеданса SI 1255 и потенциостат SI 1287 в составе измерительного комплекса Solartron (Великобритания) по методике, описанной в [9].

К уравнению [10]:

$$Z, \% = 100[(R_{\text{инг}} - R_{\text{фон}})/R_{\text{инг}}] \quad (1)$$

где $R_{1,\text{фон}}$ – сопротивление переноса заряда в анодной реакции в фоновом растворе, а $R_{1,\text{инг}}$ – в присутствии ингибитора обращались для определения защитной эффективности ингибиторов коррозии

При расчетах суммарного защитного эффекта (Z_{Σ}) исследуемой коррозионной системы и вкладов пленки продуктов коррозии ($Z_{\text{пл}}$) и ингибитора ($Z_{\text{инг}}$) использовали следующие формулы [4]:

$$Z_{\text{пл}} (\%) = 100(R_1^{\tau} - R_1^{0,25})/R_1^{\tau} \quad (2)$$

$$Z_{\Sigma} (\%) = 100(R_{1,\text{инг}}^{\tau} - R_{1,\text{инг}}^{0,25})/R_{1,\text{инг}}^{\tau} \quad (3)$$

$$Z_{\text{инг}} = Z_{\Sigma} - Z_{\text{пл}} \quad (4)$$

где R – сопротивление переноса заряда: в фоновом растворе в начальный момент времени $R_1^{0,25}$, через промежуток времени (τ) – R_1^{τ} ; через τ в ингибированном растворе $R_{1,\text{инг}}^{\tau}$.

Формула (5) определяет степень заполнения поверхности металла ингибитором (Θ):

$$\Theta = (C_0 - C)/(C_0 - C_1) \quad (5)$$

где C_0 , C и C_1 – емкости двойного электрического слоя (ДЭС) в фоновом растворе, в ингибированном растворе и при максимальном заполнении электрода частицами ингибитора соответственно.

Результаты и их обсуждение. Анализ спектров импеданса (диаграмм Найквиста), полученных в модельной среде NACE, насыщенной 1000 мг/л H_2S , не позволил выявить четкую зависимость сопротивления переноса заряда (R_1) и емкости ДЭС (C_{dl}) от времени выдержки электрода в растворе. В фоновом растворе R_1 возрастает при увеличении продолжительности эксперимента с 0,25 ч до 4 ч, затем наблюдается некоторое снижение этой величины при 6 - часовой выдержке и последующее увеличение при 8 ч, при 24 ч – незначительное снижение по сравнению с 8 ч. При добавлении 25 мг/л ингибитора ИНКОРГАЗ 21Т-А к среде наблюдается значительное увеличение R_1 и снижение C_{dl} , при этом сопротивление возрастает от 0,25 ч до 6 ч, затем наблюдается снижение значения при 8 ч и последующее увеличение при 24 ч. Емкость также не имеет выраженной зависимости от времени экспозиции электрода в растворе. При добавлении 50 мг/л и 100 мг/л ИНКОРГАЗ 21Т-А к исследуемой среде наблюдается снижение величин R_1 и C_{dl} . При добавлении 200 мг/л ингибитора в целом относительно других концентраций R_1 увеличивается, а C_{dl} уменьшается. В этом случае наблюдается увеличение R_1 во времени от 0,25 ч к 24 ч, C_{dl} , при этом остается постоянным и снижается только при 24 ч выдержки.

При использовании ингибитора ИНКОРГАЗ 21Т-Б тенденция сохраняется, однако наблюдается несколько меньшее увеличение сопротивления переноса заряда в анодной реакции, чем при тех же концентрациях ИНКОРГАЗ 21Т-А. И емкость C_{dl} в этом случае снижается в меньшей степени, по сравнению со значениями для ИНКОРГАЗ 21Т-А.

В модельной среде NACE, содержащей H_2S и CO_2 совместно, в фоновом растворе также как и в среде, насыщенной H_2S , нет четкой зависимости R_1 и C_{dl} от времени экспозиции электрода. Однако при добавлении к среде ингибитора ИНКОРГАЗ-21Т-А наблюдается повышение значений R_1 при увеличении времени выдержки электрода от 0,25 ч к 24 ч для всех концентраций. При добавлении 25 мг/л ИНКОРГАЗ-21Т-А величина R_1 значительно возрастает. При переходе к более высоким концентрациям ингибитора наблюдается уменьшение R_1 для 0,25 ч и 24 ч. При этом C_{dl} уменьшается с увеличением времени экспозиции электрода в среде от 0,25 ч к 24 ч для концентраций ингибирующей добавки 25, 50 и 100 мг/л. Для концентрации 200 мг/л четкой зависимости нет.

При добавлении в исследуемую среду ингибитора ИНКОРГАЗ-21Т-Б значения R_1 повышаются, а значения C_{dl} уменьшаются в меньшей степени, чем при добавлении ИНКОРГАЗ-21Т-А. При этом четкой зависимости изменения R_1 и C_{dl} от времени и концентрации не наблюдается.

На основе полученных значений R_1 по формуле (1) были рассчитаны защитные эффекты ингибиторов. В среде NACE, насыщенной H_2S , при добавлении ИНКОРГАЗ-21Т-А защитные эффекты превышают 70%, наилучший результат наблюдается при 24 ч выдержке электрода с 200 мг/л ингибитора – 94%. Защитные эффекты при использовании ингибитора ИНКОРГАЗ 21Т-Б значительно ниже полученных для тех же концентраций ИНКОРГАЗ-21Т-А. Максимальный защитный эффект составляет 78% для 200 мг/л ингибирующей добавки при 2 ч экспозиции электрода в среде.

Для среды NACE, насыщенной H_2S и CO_2 , наблюдается рост защитных эффектов с увеличением времени выдержки для всех концентраций ингибитора ИНКОРГАЗ-21Т-А. Значения защитных эффектов больше 90% характерны для всех концентраций при времени выдержки электрода в среде от 6 ч до 24 ч.

В среде с добавлением ИНКОРГАЗ 21Т-Б защитные эффекты превышают 70%, при концентрации 50 мг/л ингибитора наблюдаются самые высокие значения 93%, 92%, 93% соответственно при выдержке 6 ч, 8 ч и 24 ч, что превышает значения для тех же концентраций в среде без CO_2 , что, по-видимому, связано с составом образующихся пленок продуктов коррозии.

Далее оценивали парциальные вклады пленки продуктов коррозии ($Z_{пл}$) и ингибитора ($Z_{инг}$) в суммарный защитный эффект. Установили, что в среде, насыщенной сероводородом, и сероводородом совместно с углекислым газом вклад ингибитора ИНКОРГАЗ-21Т-А превышает вклад пленки продуктов коррозии (таблица 1) при всех концентрациях ингибитора, начиная с 6-часовой выдержки электродов в растворе.

Таблица 1 – Защитная эффективность $Z_{пл}$ и $Z_{инг}$ в среде NACE, насыщенной 1000 мг/л H_2S или сероводородом (1000 мг/л) с углекислым газом CO_2 (P=1 атм) по результатам импедансной спектроскопии через 2 ч

Состав среды	$C_{инг}$, мг/л	$Z_{пл}$, %	ИНКОРГАЗ-21Т-А		ИНКОРГАЗ-21Т-Б	
			Z_{Σ} , %	$Z_{инг}$, %	Z_{Σ} , %	$Z_{инг}$, %
H_2S	25	36	92	56	55	19
	50		90	54	59	23
	100		82	46	72	36
	200		91	55	86	50
H_2S+CO_2	25	16	90	74	88	72
	50		89	73	89	73
	100		88	72	85	69
	200		86	70	88	72

В модельной среде NACE, насыщенной H_2S и CO_2 , при внесении ИНКОРГАЗ-21Т-А наибольший вклад вносит ингибитор для всех концентраций и времени выдержки электрода от

0,25ч до 24ч. При этом наблюдается снижение суммарного защитного эффекта при увеличении концентрации ингибитора для выдержки 2ч.

Для той же среды при использовании ингибитора ИНКОРГАЗ-21Т-Б защитный эффект ингибитора имеет большее значение, однако нет четкой зависимости изменения суммарного защитного эффекта от времени и концентрации.

Расчет степеней заполнения поверхности ингибитором показывает, что для всех исследованных случаев в среде NACE, насыщенной H_2S (1000 мг/л), наблюдается рост степени заполнения поверхности при увеличении концентрации ингибиторов для времени экспозиции электродов в растворе 0,25 ч. При дальнейшем увеличении продолжительности эксперимента, значения Θ для ингибиторов несколько увеличиваются, а при переходе к испытаниям в течение суток – уменьшаются (таблица 2). Наблюдаемые эффекты можно связать с конкурентной адсорбцией частиц ингибитора и продуктов коррозии на поверхности металла.

При исследовании рассмотренных составов в среде NACE насыщенной сероводородом и углекислым газом, было установлено, что через 0,25 ч от начала эксперимента степени заполнения поверхности имеют меньшие значения, чем в чисто сероводородной среде. Однако уже при переходе к 4-х часовым испытаниям значения Θ приближаются к 0,9 – 1, причем для концентраций 50 – 200 мг/л наблюдаются практически одинаковые величины.

Таблица 2 – Значения Θ ингибиторов в среде NACE, содержащей H_2S (1000 мг/л).

Концентрация ингибитора Синг, мг/л	Время экспозиции, ч							
	ИНКОРГАЗ-21Т-А				ИНКОРГАЗ-21Т-Б			
	0,25	2	4	24	0,25	2	4	24
25	0,92	1,03	1,03	0,82	0,60	0,78	0,80	0,65
50	0,95	1,16	1,10	0,89	0,79	0,92	0,86	0,8
100	0,98	0,86	0,93	0,93	0,83	0,85	0,95	0,94
200	0,98	1,07	1,03	1,00	0,99	1,07	1,00	0,94

Следует отметить, что при расчете степени заполнения поверхности ингибитором в некоторых случаях были получены величины больше 1. Данный эффект может быть связан с полислойной адсорбцией частиц ингибитора на поверхности металла или с возникновением особых условий адсорбции в условиях формирования пленки продуктов коррозии.

Выводы. 1. Наибольшим защитным эффектом в модельной среде NACE, насыщенной 1000 мг/л H_2S обладает ингибитор ИНКОРГАЗ-21Т-А. Для среды, насыщенной 1000 мг/л H_2S и CO_2 ($P=1$ атм.) совместно значения Z обоих ингибиторов сопоставимы, что, по-видимому, связано с составом образующихся пленок продуктов коррозии.

2. Оценка парциальных вкладов пленки и ингибитора показывает, что преимущественный вклад в общий защитный эффект при содержании ИНКОРГАЗ-21Т-А и ИНКОРГАЗ-21Т-Б в растворе в 100-200 мг/л вносит действие ингибитора.

3. Степень заполнения поверхности ингибиторами составляет более 80 % при экспозиции в растворе свыше 2 часов, а в некоторых случаях характеризуется значениями больше 1, что может быть связано с полислойной адсорбцией частиц ингибитора или конкурентной адсорбцией частиц ингибитора и продуктов коррозии.

Список литературы.

1. Иофа З.А. О механизме действия сероводорода и ингибиторов на коррозию железа в кислых растворах // Защита металлов. – 1980. – Т.16. – № 3. – С.275 – 280.
2. Кузнецов Ю.И., Фролова Л.В. Ингибиторы сероводородной коррозии и наводороживания сталей. // Коррозия: материалы, защита. – 2004. – №8. – С.11 – 16.
3. Цыганкова Л.Е., Ким Я.Р., Кичигин В.И., Вигдорович В.И. Исследование ингибирования коррозии и проникновения водорода в сталь в имитатах пластовых вод. // Практика противокоррозионной защиты. – 2005. – № 4 (38). – С. 29 – 38.
4. Цыганкова Л.Е., Вигдорович В.И., Ким Я.Р., Кичигин В.И., Болдырев А.В. Торможение коррозии и наводороживания углеродистой стали рядом ингибиторов в слабокислых средах, содержащих H_2S и CO_2 . // Журнал прикладной химии. – 2005. – Т. 78. – № 12. – С.1993 – 2001.
5. Кузнецов Ю.И., Фролова Л.В., Томина Е.В. Об ингибировании сероводородной коррозии стали четвертичными аммонийными солями. // Защита металлов. – 2006. – Т. 42. – №3. – С.233 – 238.

6. Vigdorovich V.I., Shel N.V., Tsygankova L.E., Tanygina E.D., Esina M.N., Uryadnikov A.A. Universalism of hydrogen sulfide and carbon dioxide corrosion inhibitors in conditions of oil production and processing. // Chemical and Petroleum Engineering. – 2018. – Т. 54. – № 3 – 4. – С. 202 – 210.

7. Кичигин В.И., Шерстобитова И.Н., Шеин А.Б. Импеданс электрохимических и коррозионных систем. – Пермь. – 2009. – 196 с.

8. Ключенко Т.В. Актуальность метода измерения электрохимического импеданса при подборе ингибиторов коррозии для различных сред // Практика противокоррозионной защиты. – 2012. – № 3 (65). – С. 56 – 62.

9. Tsygankova L.E., Esina M.N., Vigdorovich V.I., Shel N.V. Study of steel corrosion inhibition in media containing H₂S and CO₂ by impedance spectroscopy and polarization resistance methods. // International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. – 2014. – V.3. – № 1. – Pp. 48 – 58.

10. Есина М.Н. Применение спектроскопии электрохимического импеданса для оценки ингибиторной защиты стали от коррозии в углекислотной среде // Практика противокоррозионной защиты. – 2017. – № 3 (85). – С. 39 – 44.

References

1. Iofa Z.A. O mehanizme dejstvija serovodoroda i ingibitorov na korroziju zheleza v kislyh rastvorah // Zashhita metallov. – 1980. – Т.16. – № 3. – С.275 – 280.

2. Kuznecov Ju.I., Frolova L.V. Ingibitory serovodorodnoj korrozii i navodorozhivaniya stalej. // Korrozija: materialy, zashhita. – 2004. – №8. – С.11 – 16.

3. Cygankova L.E., Kim Ja.R., Kichigin V.I., Vigdorovich V.I. Issledovanie ingibirovaniya korrozii i proniknoveniya vodoroda v stal' v imitatah plastovyh vod. // Praktika protivokorroziionnoj zashhity. – 2005. – № 4 (38). – С. 29 – 38.

4. Cygankova L.E., Vigdorovich V.I., Kim Ja.R., Kichigin V.I., Boldyrev A.V. Tormozhenie korrozii i navodorozhivaniya uglerodistoj stali rjadam ingibitorov v slabokislyh sredah, sodержashhih H₂S i CO₂. // Zhurnal prikladnoj himii. – 2005. – Т. 78. – № 12. – С.1993 – 2001.

5. Kuznecov Ju.I., Frolova L.V., Tomina E.V. Ob ingibirovanii serovodorodnoj korrozii stali chetvertichnymi ammonijnymi soljami. // Zashhita metallov. – 2006. – Т. 42. – №3. – С.233 – 238.

6. Vigdorovich V.I., Shel N.V., Tsygankova L.E., Tanygina E.D., Esina M.N., Uryadnikov A.A. Universalism of hydrogen sulfide and carbon dioxide corrosion inhibitors in conditions of oil production and processing. // Chemical and Petroleum Engineering. – 2018. – Т. 54. – № 3 – 4. – С. 202 – 210.

7. Kichigin V.I., Sherstobitova I.N., Shein A.B. Impedans jelektrohimicheskix i korroziionnyh sistem. – Perm'. – 2009. – 196 s.

8. Kljuchenok T.V. Aktual'nost' metoda izmerenija jelektrohimicheskogo impedansa pri podbore ingibitorov korrozii dlja razlichnyh sred // Praktika protivokorroziionnoj zashhity. – 2012. – № 3 (65). – С. 56 – 62.

9. Tsygankova L.E., Esina M.N., Vigdorovich V.I., Shel N.V. Study of steel corrosion inhibition in media containing H₂S and CO₂ by impedance spectroscopy and polarization resistance methods. // International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. – 2014. – V.3. – № 1. – Pp. 48 – 58.

10. Esina M.N. Primenenie spektroskopii jelektrohimicheskogo impedansa dlja ocenki ingibitornoj zashhity stali ot korrozii v uglekislotnoj srede // Praktika protivokorroziionnoj zashhity. – 2017. – № 3 (85). – С. 39 – 44.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Урядникова Марина Николаевна – кандидат химических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина», Россия, г. Тамбов, e-mail: mn_uryadnikova@mail.ru.

Урядников Александр Алексеевич – кандидат химических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина», Россия, г. Тамбов, e-mail: chemisttambov@mail.ru.

Родионова Людмила Дмитриевна – магистрант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина», Россия, г. Тамбов, e-mail: rld1349@gmail.com.

Брыксина Виктория Александровна – магистрант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина», Россия, г. Тамбов, e-mail: Bryksina_98@mail.ru.

Королева Дарья Владимировна – студент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный университет им Г.Р. Державина», Россия, г. Тамбов, e-mail: koroleva.daria0603@gmail.com.

Author credentials

Affiliations

Uryadnikova Marina – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Tambov State University named after G.R. Derzhavin”, Russia, Tambov, e-mail: mn_uryadnikova@mail.ru.

Uryadnikov Alexander – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Tambov State University named after G.R. Derzhavin”, Russia, Tambov, e-mail: chemisttambov@mail.ru.

Rodionova Lyudmila – master student of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Tambov State University named after G.R. Derzhavin”, Russia, Tambov, e-mail: rld1349@gmail.com.

Bryksina Viktoriya – master student of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Tambov State University named after G.R. Derzhavin”, Russia, Tambov, e-mail: Bryksina_98@mail.ru.

Koroleva Darya – student of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Tambov State University named after G.R. Derzhavin”, Russia, Tambov, e-mail: koroleva.daria0603@gmail.com.

Поступила в редакцию (Received): 16.11.2020 Принята к публикации (Accepted): 18.12.2020