Тип статьи: научная
УДК 620.193
DOI: 10.35887/2305-2538-2022-6-109-119

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВВЕДЕНИЯ РЯДА ДОБАВОК В ОТРАБОТАННОЕ МОТОРОНОЕ МАСЛО ДЛЯ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ В ПЕРИОД МЕЖСЕЗОННОГО ХРАНЕНИЯ

Александр Алексеевич Урядников[1], Виктория Александровна Брыксина[2], Марина Николаевна Урядникова[3], Галина Геннадьевна Бердникова[4], Ольга Владимировна Алехина[5], Дарья Владимировна Королева[6]

[1,2,3,4,5,6] *Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, г. Тамбов, Россия*
[1] chemisttambov@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-8491-6387,
[2] bryksina_98@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-1264-1310
[3] mn_uryadnikova@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-0292-9027
[4] berdnikova.gg@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-2949-6156
[5] o.alehina@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-7796-1246
[6] koroleva.daria0603@gmail.com

Автор ответственный за переписку: Александр Алексеевич Урядников, chemisttambov@mail.ru
Corresponding author: Alexender Uryadnikov, chemisttambov@mail.ru

Реферат. *Поиск эффективных консервационных материалов для защиты сельскохозяйственной техники от атмосферной коррозии в период межсезонного хранения продолжает оставаться актуальной задачей. Для ее решения исследованы композиции на основе отработанного синтетического моторного масла с добавками эмульгина и парафина в концентрации 1 – 10 масс. %. Консервационные составы готовили растворением полифункциональной присадки в отработанном масле при нагревании. Проводили коррозионные и электрохимические испытания на образцах стали Ст3, защитную пленку исследуемого состава формировали в течение 15 минут. Эффективность антикоррозионной защиты стали данными композициями изучена гравиметрическим (испытания в 0,5 М NaCl и климатической камере) и электрохимическими методами. Показано, что в 0,5 М NaCl состав с парафином при максимальной концентрации присадки 10% обеспечивает защитный эффект более 70%. Добавка эмульгина в той же концентрации менее эффективна. В отсутствие агрессивных хлорид-ионов в условиях климатической камеры составы, содержащие парафин, обеспечивают значения защитного эффекта свыше 90%. Торможение коррозионного процесса под пленками изученных композиций происходит за счет смещения потенциала коррозии в анодную область. Наличие консервационного состава не меняет механизм коррозионного процесса стали в 0,5М NaCl, поскольку не наблюдается резкого изменения тафелевских коэффициентов наклона катодных и анодных участков поляризационных кривых. По данным импедансной спектроскопии установлено, что наличие парафина в пленке отработанного моторного масла в концентрации 5, 10 масс. % вызывает уменьшение емкости двойного электрического слоя, а также увеличение сопротивления переноса заряда как в катодной, так и в анодной реакции. Кроме того, происходит увеличение сопротивления диффузии окислителя деполяризатора, что может свидетельствовать об эффективности экранирования металлической поверхности. Полученные результаты показали перспективы использования композиций с парафином для дальнейших исследований в качестве консервационного материала для защиты сельскохозяйственной техники.*

Ключевые слова: *атмосферная коррозия, отработанное моторное масло, парафин, эмульгин, защитный эффект.*

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF INTRODUCING A SERIES OF ADDITIVES INTO USED ENGINE OIL TO PROTECT AGRICULTURAL MACHINERY DURING OFF-SEASON STORAGE

Alexender Uryadnikov[1], Viktoria Bryksina[2], Marina Uryadnikova[3], Galina Berdnikova[4], Olga Alehin1a[5], Daria Koroveva[6]

[1,2,3.4,5,6] *Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russia*
[1] chemisttambov@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-8491-6387
[2] bryksina_98@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-1264-1310
[3] mn_uryadnikova@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-0292-9027
[4] berdnikova.gg@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-2949-6156
[5] o.alehina@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-7796-1246
[6] koroleva.daria0603@gmail.com

Abstract. *The search for effective conservation materials to protect agricultural machinery from atmospheric corrosion during off-season storage continues to be an urgent task. Compositions based on used engine synthetic oil with emulgin and paraffin additives at a concentration of 1–10 wt. % investigated for its solution. Preservative compositions were prepared by dissolving a multifunctional additive in used oil when heated. Corrosion and electrochemical tests were carried out on samples of steel St3, a protective film of the studied composition was formed within 15 minutes. The effectiveness of anti-corrosion protection of steel with these compositions was studied by gravimetric (tests in 0.5 M NaCl and a climatic chamber) and electrochemical methods. It is shown that in 0.5 M NaCl, the composition with paraffin at a maximum additive concentration of 10% provides a protective effect of more than 70%. The addition of emulgin at the same concentration is less effective. Paraffin-containing formulations provide protective effect values of over 90% in the absence of aggressive chloride ions under climate chamber conditions. The inhibition of the corrosion process under the films of the studied compositions occurs due to the shift of the corrosion potential to the anode region. The presence of the conservation composition does not change the mechanism of the corrosion process of steel in 0.5 M NaCl, since there is no sharp change in the Tafel slope coefficients of the cathode and anode sections of the polarization curves. According to impedance spectroscopy, it was found that the presence of paraffin in the film of used motor oil at a concentration of 5, 10 wt. % causes a decrease in the capacitance of the electrical double layer, as well as an increase in the charge transfer resistance in both the cathodic and anodic reactions. In addition, there is an increase in the diffusion resistance of the depolarizer oxidizer, which may indicate the effectiveness of shielding the metal surface. The results obtained showed the prospects for the use of compositions with paraffin for further research as a conservation material for the protection of agricultural machinery.*

Keywords: *atmospheric corrosion, used motor oil, paraffin, emulgin, protective effect.*

Для цитирования: Урядников А.А., Брыксина В.А., Урядникова М.Н., Бердникова Г.Г., Алехина О.В., Королева Д.В. Оценка эффективности введения ряда добавок в отработанное моторное масло для зашиты сельскохозяйственной техники в период межсезонного хранения// Наука в центральной России. 2022. № 6 (60), С. 109-118. https://doi.org/10.35887/2305-2538-2022-6-109-118.

For citation: Uryadnikov A., Bryksina V., Uryadnikova M., Berdnikova G., Alekhina O., Korolev D. Evaluation of the effectiveness of introducing a number of additives into used motor oil for the protection of agricultural machinery during off-season storage. *Nauka v central'noj Rossii* = Science in the Central Russia: 2022; 6(60): 109-118. (In Russ.) https://doi.org/10.35887/2305-2538-2022-6-109-118.

Введение. Проблема защиты сельскохозяйственной техники от коррозии в период межсезонного хранения продолжает оставаться актуальной несмотря на большой ассортимент существующих консервационных материалов. При изготовлении таких антикоррозионных продуктов производителем учитываются не только обеспечиваемый ими защитный эффект, но и

легкость нанесения, адгезионная способность, экологическая чистота предлагаемого состава, возможность использования переработанных материалов.

Учитывая природу растворителя основы, консервационные материалы делят на несколько групп. В первую группу входят консервационные составы на основе нефтяных масел. Сюда можно отнести как свежие, так и отработанные масла. Так в работах [1, 2] авторами показана возможность применения отработанных масел для защиты металлов от атмосферной коррозии.

Ко второй группе относят антикоррозионные композиции, содержащие в качестве растворителя-основы синтетические масла. Изучение подобных консервационных материалов проводилось в работе [3]. Использование свежих синтетических масел может обеспечить лучший контроль состава исходного продукта по сравнению с отработанным маслом, где состав образовавшихся окисленных продуктов в определенной мере зависит от условий эксплуатации. Однако синтетические масла отличает более высокая себестоимость, что приводит к удорожанию консервационного материала на их основе. Поэтому консервационные составы на свежих маслах используются достаточно редко.

Использование в качестве растворителя-основы отработанного машинного масла позволяет хотя бы частично решить проблему его утилизации. При этом в работе [4] показано, что нет оснований беспокоиться о нанесении серьезного ущерба почвенному покрову при использовании таких составов, поскольку количество отработанного моторного масла, попадающего в верхние слои почвы при расконсервации невелико.

Растительные масла в качестве растворителя-основы наиболее перспективны с точки зрения их экологической чистоты, поскольку могут легко перерабатываться почвенными микроорганизмами и получаются из возобновляемого сырья. Изучению консервационных материалов на их основе посвящен целый ряд работ [5]. Несмотря на очевидные плюсы, указанные выше, остается открытым вопрос о целесообразности применения растительного масла именно для консервации с учетом возможных продовольственных кризисов.

Помимо растворителя основы консервационные материалы для межсезонного хранения содержат присадку-загуститель, повышающий вязкость и обеспечивающий удержание состава на поверхности защищаемой конструкции. Наиболее перспективны присадки, которые обладают полифункциональными свойствами, т.е. проявляют, например, достаточно хорошо выраженный ингибирующий или гидрофобизирующий эффект.

В качестве таких присадок активно используют как отходы различных химических производств, например КОСЖК (кубовые остатки синтетических жирных кислот), так и специальным образом синтезированные составы (эмульгин [6], ИФХАН-29А). В патенте [7] авторами изучена возможность создания антикоррозионного покрытия на стали марки Ст20, состоящего из 7-% керосина и 30% парафина, которое наносили на поверхность днища автомобиля. Полученные данные свидетельствуют о высоком защитной эффекте полученной композиции, которая сохраняла металл от коррозии на протяжении 4 лет и выдержала действие атмосферных осадков и перепады температур.

Принципиально важно оценивать класс опасности вводимых в состав присадок, поскольку использование загустителей высокого класса опасности может нивелировать исходную экологическую чистоту растворителя-основы, если говорить, например, о растительных маслах. С этой целью в качестве подобных присадок выбираются либо химически инертные продукты (парафин, воск), либо отходы пищевых производств, в частности отходы и отстои, образующиеся при получении растительных масел. Данной категории присадок посвящена, например, работа [8], где показана достаточна высокая эффективность фосфолипидов, продуктов рафинации рапсового масла, для торможения коррозионного процесса.

Стоит отметить, что среди всех перечисленных групп антикоррозионных консервационных материалов имеются составы, обладающие достаточным защитным эффектом для использования в период межсезонного хранения. Поэтому при производстве консервационных материалов целесообразно ориентироваться прежде всего на сырьевую базу региона, чтобы сократить возможные транспортные расходы.

Таким образом, данная работа направлена на решение актуальной задачи - изучения возможности использования новых консервационных материалов, состоящего из отработанного

моторного масла с добавкой парафина или эмульгина в концентрации 1-10 масс. % для временной защиты металлов от атмосферной коррозии на период межсезонного хранения.

Материалы и методы.

Коррозионные испытания, электрохимические и емкостные измерения проводились на образцах стали Ст3 с составом, масс. %: C – 0,2; Mn – 0,5; Si – 0,15; P – 0,04; S – 0,05; Cr – 0,30; Ni – 0,20; Cu – 0,20; Fe – 98,36.

Консервационные составы готовили растворением полифункциональной присадки в отработанном масле при нагревании.

В исследованиях был использован парафин марки «Т».

Методика коррозионных испытаний не отличалась от общепринятой [3]. Продолжительность экспозиции электродов в солевом растворе составляла 14 суток.

Гравиметрические испытания в климатической камере проведены при температуре 40 ^{o}C и относительной влажности 100%. Климатическая камера работала в заданном режиме 8 часов, остальные 16 часов выключенной с закрытой дверью.

Скорость коррозии оценивали по потерям массы образцов по данным параллельных опытов. Защитный эффект ингибитора (Z) рассчитывался по формуле:

$$Z, \% = \frac{(K_0 - K_{инг})}{K_0} \cdot 100,$$

где K_0 и $K_{инг}$ – скорость коррозии в неингибированном и ингибированном растворах соответственно.

Потенциодинамические поляризационные измерения в 0,5 М растворе NaCl проводили при комнатной температуре со скоростью развертки 1 мВ/с в трехэлектродной ячейке из стекла «Пирекс» с разделенными анодным и катодным пространствами, контактирующими через шлиф (потенциостат IPC-Pro MF (рисунок 1)).

Рисунок 1 - Потенциостат IPC-Pro.

Защитную пленку исследуемого состава формировали в течение 15 минут, как и в коррозионных испытаниях. Защитную эффективность покрытия Z определяли по формуле:

$$Z, \% = \frac{(i_0 - i_1)}{i_0} \cdot 100,$$

где i_0 и i_1 – токи коррозии, полученные путем экстраполяции линейных участков анодных поляризационных кривых на линию потенциала коррозии соответственно в отсутствие защитного покрытия и при его наличии.

Спектры импеданса изучали в диапазоне частот (ω/2π) 10 кГц - 0,05 Гц с амплитудой переменного напряжения 10 мВ, используя электрохимический измерительный комплекс фирмы Solartron (Великобритания), состоящий из анализатора импеданса SI 1255 и потенциостата SI 1287 [43]. Рабочий (Ст3, S = 0,42 см^2) и вспомогательный платиновый электроды располагали в трехэлектродной ячейке. В качестве электрода сравнения использовали хлоридсеребряный. Измерения частотных спектров импеданса проводили через 15 минут после погружения электрода в рабочий раствор.

Обработку результатов измерения импеданса проводили по программе ZView 3.0, позволяющей проводить расчеты по любым эквивалентным схемам с числом элементов до 20. Во

избежание ситуации нахождения локального минимума функции расчет повторяли несколько раз с различными начальными значениями элементов схемы. Критерием оценки схем является среднее квадратичное отклонение s; эквивалентная схема считается удовлетворительной при $s \leq 5$ %.

Анализ годографов импеданса на стальном электроде проводили с помощью эквивалентных схем, представленных на рисунке 2.

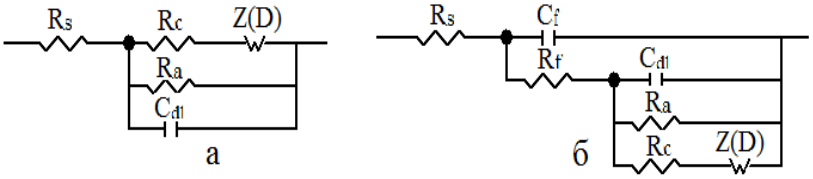

Рисунок 2 – Эквивалентные схемы стального электрода без покрытия (а) и с покрытием (б) пленкой масляной композиции

В них R_S – сопротивление раствора, C_{dl} – емкость двойного электрического слоя, R_1 – сопротивление переноса заряда в анодном процессе, C_a, R_a – емкость и сопротивление адсорбции промежуточных соединений анодной реакции. Катодному процессу отвечает последовательное соединение сопротивления переноса заряда R_c и диффузионного импеданса Z_D, C_f – емкость пленки, R_f – сопротивление раствора в порах пленки.

Результаты и их обсуждение.

Были проведены сравнительные коррозионные испытания составов с двумя разными добавками. В таблице 1 приведены данные по оценке защитной эффективности отработанного масла с добавкой эмульгина в концентрации 1 и 10 масс.%.

Таблица 1 – Защитный эффект композиций на основе отработанного моторного масла с эмульгином в 0,5 М NaCl.

Состав покрытия	Z, %
ММО	21
ММО + 1% эмульгина	27
ММО+5% эмульгина	32
ММО+10% эмульгина	47

Как видно из таблицы 1, без эмульгина отработанное моторное масло проявляет низкий защитный эффект, равный 21%. Наличие в составе ММО эмульгина в концентрации 1 масс.% не вызывает значительного увеличения защитной эффективности. При увеличении концентрации эмульгина в консервационном составе до 5% антикоррозионная способность композиции становится равна 32 %. Максимальная эффективность композиции достигает 47% при содержании эмульгина в концентрации 10 масс. %.

Помимо эмульгина в качестве многофункциональной добавки, способной повысить защитную эффективность композиции на основе отработанного моторного масла, был изучен парафин, который представляет собой смесь предельных углеводородов C_{18}-C_{35}.

Данные по определению защитного эффекта отработанного моторного масла с добавлением парафина, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – защитный эффект композиций на основе отработанного моторного масла с парафином в 0,5 М NaCl.

Состав покрытия	$Z_{ср}$, %
ММО	21
ММО + 1% парафина	29
ММО +3% парафина	35
ММО +5% парафина	57
ММО +10% парафина	76

Введение парафина в малых концентрациях (1, 3 масс. %) в отработанное моторное масло приводит к незначительному увеличению защитного эффекта по сравнению с чистым маслом. При сравнении композиций ММО с эмульгином и парафином можно сделать вывод об отсутствии зависимости защитного эффекта антикоррозионной композиции от природы присадки. Лишь при увеличении концентрации парафина в ММО до 5 и 10 масс. %, защитный эффект увеличивается до 57 и 76 % соответственно.

Помимо испытаний в солевом растворе NaCl были проведены коррозионные исследования в климатической камере, моделирующей атмосферные процессы при отсутствии активных стимуляторов коррозии (таблица 3). При отсутствии в агрессивной среде активных стимуляторов коррозии в виде хлорид-ионов, защитный эффект консервационных составов с парафином превышает 90 %. Рост содержания парафина в составе антикоррозионной композиции с 3 до 10 % приводит к некоторому увеличению Z с 91 до 95%.

В целом, следует отметить, при отсутствии хлорид-ионов в растворе, возможно использование отработанного моторного масла для защиты металлоизделий от атмосферной коррозии без различных присадок, поскольку увеличение защитного эффекта от наличия в составе полифункциональной присадки составляет всего 7%. Однако наличие присадки может сказаться положительным образом при более длительном, чем в условиях эксперимента, времени выдержки, что необходимо установить дополнительно в ходе натурно-стендовых испытаний.

Таблица 3 - Защитный эффект композиций на основе отработанного моторного масла с парафином в климатической камере.

Состав покрытия	$Z_{ср}$, %
ММО	88
ММО + 1% парафина	85
ММО +3% парафина	91
ММО +5% парафина	92
ММО +10% парафина	95

Помимо гравиметрических испытаний, для оценки кинетики протекания коррозионного процесса и определения его лимитирующей стадии, были проведены электрохимические исследования в 0,5 М NaCl.

На рисунке 3 приведены поляризационные кривые на стали Ст3 в 0,5 М растворе NaCl под пленками отработанного моторного масла с добавкой эмульгина.

Анализ поляризационных кривых показывает, что нанесение покрытий вызывает смещение равновесного потенциала в анодную область. Увеличение концентрации эмульгина приводит к усилению облагораживания электродного потенциала.

В таблице 4 приведены параметры, характеризующие процесс электрохимической коррозии, стали Ст3 под пленками композиций с эмульгином.

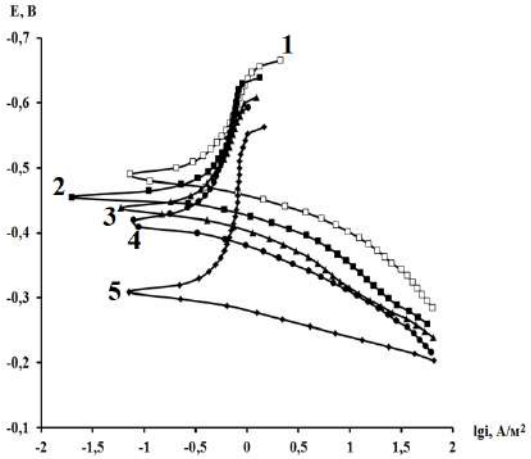

Рисунок 3 - Поляризационные кривые под пленками отработанного синтетического масла в 0,5 М NaCl с эмульгином. 1 – Без покрытия, 2 – ММО, 3 – ММО+1% эмульгина, 4 - ММО+5% эмульгина, 5 - ММО+10% эмульгина

Таблица 4 - Параметры электрохимической коррозии стали Ст3 под пленками отработанного моторного масла с добавкой эмульгина в 0,5 М растворе NaCl.

	E, B	b_k, B	b_a, B	i, A/м^2	Z, %
фон	-0,48	0,104	0,040	0,31	-
ММО	-0,45	0,108	0,038	0,29	4
ММО + 1% эмульгина	-0,42	0,119	0,046	0,30	36
ММО + 5% эмульгина	-0,41	0,117	0,062	0,20	39
ММО + 10% эмульгина	-0,3	0,121	0,044	0,14	53

Нанесение антикоррозионной композиции ММО с эмульгином не оказывает влияния на механизм катодной и анодной реакций. Защитная способность покрытий обусловлена смещением коррозионного потенциала в положительную область. Следует отметить, что на поляризационной кривой на стали Ст3 под масляной композиции ММО с эмульгином в концентрации 10 масс. % наблюдается предельный катодный ток.

Далее были проведены исследования по изучению кинетики парциальных электродных реакций на Ст3 под пленками отработанного моторного масла с содержанием парафина в концентрации 1 – 10 масс % (рис. 4).

Как и в случае композиций ММО с эмульгином, добавление парафина к отработанному моторному маслу приводит к смещению потенциала коррозии в положительную область.

Кинетические параметры парциальных электродных реакций под пленками отработанного моторного масла с парафином приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Параметры электрохимической коррозии стали под пленками ММО с добавкой парафина в 0,5 М растворе NaCl.

Состав	$E_{кор}$, B	$b_к$ B	b_a, B	$i_{кор}$, A/м^2	$Z_{кор}$, %
Без покрытия	-0,49	0,086	0,056	0,056	-
ММО	-0,27	0,108	0,037	0,042	14
ММО + 1 % парафина	-0,21	0,108	0,037	0,038	39
ММО + 3-5% парафина	-0,20	0,108	0,037	0,031	51
ММО + 10 % парафина	-0,18	0,119	0,037	0,015	73

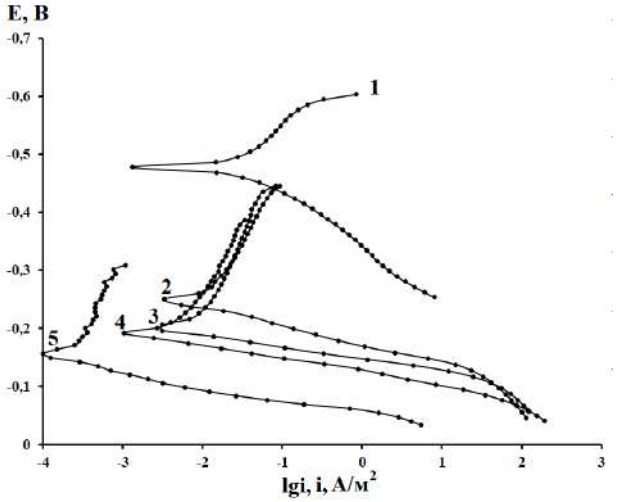

Рисунок 4 - Поляризационные кривые под пленками отработанного синтетического масла в 0,5 М NaCl с парафином. 1 – Без покрытия, 2 – ММО, 3 – ММО+1% парафина, 4 - ММО+(3-5%) парафина, 5 - ММО+10% парафина

Нанесение антикоррозионной композиции ММО с парафином приводит к незначительному облегчению анодного и торможению катодного процесса. Существенного влияния увеличения концентрации парафина на характер протекания парциальных электродных процессов не отмечается.

Величины защитного эффекта, рассчитанные по результатам экстраполяции тафелевских участков поляризационных кривых, удовлетворительно коррелируют с данными, полученными посредством гравиметрических испытаний в 0,5 М NaCl.

Также были проведены исследования по оценке электрохимического импеданса на электродах Ст3 под пленками ММО с добавкой парафина. Годографы импеданса приведены на рисунке 5. Используемые эквивалентные схемы удовлетворительно описывают экспериментальные спектры импеданса стального электрода, покрытого пленками изученных составов. Рассчитанные параметры эквивалентных схем представлены в таблице 6.

Нанесение масляной пленки отработанного моторного масла на стальной электрод вызывает увеличение сопротивления переноса заряда как в катодной, так и в анодной реакции. Емкость двойного слоя при этом уменьшается с 32 мкФ до 16 мкФ. Емкость ДЭС в порах пленки равна 6 мкФ. Добавление парафина в ММО в концентрации 10% приводит к дальнейшему увеличению R_c и R_a до величин 249,7 и 10494 Ом/см^2 соответственно. Емкость двойного электрического слоя при наличии парафина уменьшается как в порах пленки, так и на всей поверхности стального электрода. Величина C_{dl}, достигает величины 0,82 мФ/см^2.

Увеличение радиуса годографов при наличии на Ст3 пленок ММО, содержащих парафин, свидетельствует о повышении общего сопротивления системы и, следовательно, торможении коррозионного процесса.

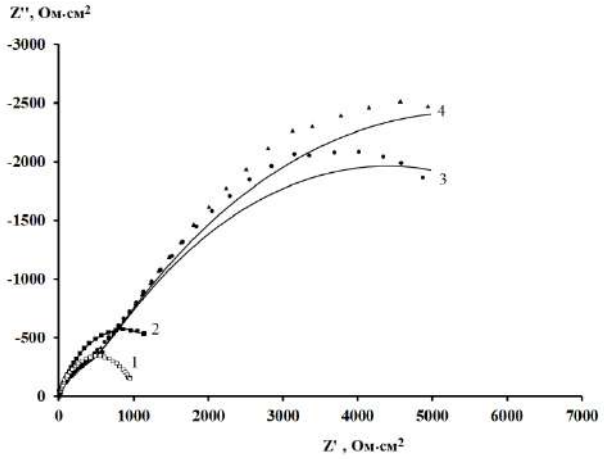

Рисунок 5 - Диаграммы Найквиста для стали Ст3, покрытой пленками отработанного синтетического масла в 0,5 М NaCl с добавлением парафина. 1 – Без покрытия, 2 – ММО, 3 – ММО+5% парафина, 4 - ММО+10% парафина

Таблица 6 - Численные значения параметров эквивалентных схем стали Ст3, покрытой пленками отработанного синтетического масла в 0,5 М NaCl с добавлением парафина.

Параметры	Покрытие			
	Без покрытия	ММО	ММО + 5% парафина	ММО + 10% парафина
R_s, Ом/см^2	3,4	6,3	5	5
R_f, Ом/см^2	-	6	195	180
C_f, мФ	-	13,78	0,35	0,25
C_{dl}, мФ/см^2	32	16	1	0,82
R_a, Ом/см^2	1820	2771	8352	10494
R_c, Ом/см^2	23	22,09	253	249,7
Z(D)-R	11036	20510	54919	66187
Z(D)-T	10,48	10,55	13,37	17,47
Z(D)-P	0,67	0,69	0,56	0,55

В целом, данные, полученные по результатам измерения электрохимического импеданса качественно согласуются с поляризационными потенциодинамическими измерениями.

Заключение.

В результате проведенных исследований показана принципиальная возможность использования антикоррозионных композиций на основе отработанного моторного масла с эмульгином и парафином в качестве средств для защиты металлоконструкций на небольшой период времени или на время межсезонного хранения сельскохозяйственной техники.

Данные, полученные в результате гравиметрических и электрохимических испытаний в 0,5 М NaCl, удовлетворительно коррелируют друг с другом. При этом максимальные защитные эффекты, превышающие 70%, наблюдаются при использования консервационного состава на основе ММО с добавкой 10% парафина.

В отсутствие агрессивных хлорид-ионов, составы, содержащие парафин проявляют более высокую эффективность. Наблюдаемые значения защитного эффекта в условиях климатической камере превышают 90%, что делает данную композицию перспективным продуктом для дальнейших исследований, прежде всего в натурно-стендовых испытаниях.

Торможение коррозионного процесса под пленками изученных композиций происходит за счет смещения потенциала коррозии в анодную область. При этом в присутствии консервационных составов не наблюдается резкого изменения тафелевских коэффициентов наклона катодных и анодных участков поляризационных кривых, что говорит о совпадении механизма коррозии стали под масляной пленкой и без нее.

По данным импедансной спектроскопии установлено, что наличие парафина в пленке отработанного моторного масла в концентрации 5, 10 масс. % взывает уменьшение емкости двойного электрического слоя, а также увеличение сопротивления переноса заряда как в катодной, так и в анодной реакции. Кроме того, происходит увеличение сопротивления диффузии окислителя деполяризатора, что может свидетельствовать об эффективности экранирования металлической поверхности.

Полученные результаты позволяют считать исследованные композиции на основе ММО и парафина перспективным продуктом для дальнейших исследований, прежде всего в натурно-стендовых испытаниях.

Список источников

1. Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е., Шель Н.В., Таныгин А.Ю. Антикоррозионные составы на базе ингибированных товарных и отработанных нефтяных и рапсовых масел. Научные основы и практика разработки // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2008. Т14. №3. С. 517-529. - URL https://elibrary.ru/item.asp?id=12959004

2. Князева Л.Г. Научные основы создания антикоррозионных консервационных материалов на базе отработавших нефтяных масел и растительного сырья: дис. д-ра хим. наук: 05.17.03 / Князева Лариса Геннадьевна. - Т., 2008. - 367 с.

3. Князева Л.Г., Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е., Шель Н.В., Кузнецова Е.Г., Прохоренков В.Д. Антикоррозионная эффективность поверхностных защитных пленок товарных и отработанных синтетических масел на примере продукта МОБИЛ-1 // Практика противокоррозионной защиты. 2014. № 2(72). С. 58-65. - URL https://elibrary.ru/item.asp?id=23650859

4. Способ получения антикоррозионной композиции: пат. 2227176 Рос. Федерация. № 99117870/02; заявл. 12.08.99 ; опубл. 20.04.04, Бюл. № C23F 11/14.

5. Урядников А.А, Беленова С.В., Есина М.Н. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии консервационными материалами на основе растительного сырья // Наука в центральной России. 2014. № 5 (11). С. 55-65. – URL https://elibrary.ru/item.asp?id=22600331

6. Шель Н.В., Синютина С.Е., Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е., Чивилева Л.В., Крылова А.Г. Эмульгин - полифункциональный ингибитор коррозии углеродистой стали // Практика противокоррозионной защиты. 2000. №1 (15). С. 21-31. – URL https://elibrary.ru/item.asp?id=9141811

7. Композиция для антикоррозионного и гидроизоляционного покрытия: пат. 2281985 Рос. Федерация. № 2005120192/02; заявл. 29.06.2005; опубл. 20.08.2006, Бюл. № C23. – URL https://fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=6206be6c0003c91a6f364105eeb86848

8. Таныгина Е.Д., Прусаков А.В., Урядников А.А. Перспективы использования отходов рапсового масла // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2010. Т. 15. № 1. С. 122-125. URL - https://elibrary.ru/item.asp?id=14805072.

References

1. Vigdorovich V.I., Tsygankova L.E., Shel N.V., Tanygin A.Yu. Anticorrosion compositions based on inhibited commercial and waste oil and rapeseed oils. Scientific foundations and practice of development // Bulletin of the Tambov State Technical University. 2008. T14. Number 3. pp. 517-529. - URL https://elibrary.ru/item.asp?id=12959004

2. Knyazeva L.G. Scientific basis for the creation of anti-corrosion conservation materials based on spent petroleum oils and vegetable raw materials: dis. dr. chem. Sciences: 05.17.03 / Knyazeva Larisa Gennadievna. - T., 2008. - 367 p.

3. Knyazeva L.G., Vigdorovich V.I., Tsygankova L.E., Shel N.V., Kuznetsova E.G., Prokhorenkov V.D. Anticorrosion efficiency of surface protective films of commercial and used synthetic oils on the example of the product MOBIL-1 // Practice of anti-corrosion protection. 2014. No. 2(72). pp. 58-65. - URL https://elibrary.ru/item.asp?id=23650859

4. Method for obtaining an anticorrosive composition: Pat. 2227176 Ros. Federation. No. 99117870/02; dec. 08/12/99; publ. 20.04.04, Bull. No. C23F 11/14.

5. Uryadnikov A.A., Belenova S.V., Esina M.N. Protection of agricultural machinery from corrosion with conservation materials based on vegetable raw materials // Science in Central Russia. 2014. No. 5 (11). pp. 55-65. – URL https://elibrary.ru/item.asp?id=22600331

6. Shel N.V., Sinyutina C.E., Vigdorovich V.I., Tsygankova L.E., Chivileva L.V., Krylova A.G. Emulgin - a polyfunctional carbon steel corrosion inhibitor // Practice of anti-corrosion protection. 2000. No. 1 (15). 21-31. – URL https://elibrary.ru/item.asp?id=9141811

7. Composition for anticorrosive and waterproofing coating: Pat. 2281985 Ros. Federation. No. 2005120192/02; dec. 06/29/2005; publ. 20.08.2006, Bull. No. C23. – URL https://fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=6206be6c0003c91a6f364105eeb86848

8. Tanygina E.D., Prusakov A.V., Uryadnikov A.A. Prospects for the use of rapeseed oil waste // Bulletin of the Tambov University. Series: Natural and technical sciences. 2010. V. 15. No. 1. S. 122-125. URL - https://elibrary.ru/item.asp?id=14805072.

Информация об авторах

А.А. Урядников — кандидат химических наук; В.А. Брыксина – аспирант; М.Н. Урядникова - кандидат химических наук; Г.Г. Бердникова - кандидат химических наук, доцент; О.В. Алехина - кандидат химических наук; Д.В. Королева – студент.

Author credentials
Affiliations

A. Uryadnikov - candidate of chemical sciences; V. Bryksina - postgraduate student; M. Uryadnikova - candidate of chemical sciences; G. Berdnikova - Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor; O. Alekhina - candidate of chemical sciences; D. Koroleva - a student.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: all authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию (Received): 22.10.2022 Принята к публикации (Accepted): 15.12.2022