

**Impact Factor:**

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
ПИИЦ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 8.771  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

International Scientific Journal  
**Theoretical & Applied Science**

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2022 Issue: 04 Volume: 108

Published: 15.04.2022 <http://T-Science.org>

Issue

Article



**Roza Durdubaeva**  
Karakalpak State University  
Uzbekistan, Nukus  
+998906503235  
[durdubaevaroza@gmail.com](mailto:durdubaevaroza@gmail.com)

**Khasan Beknazarov**  
Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology  
Technical Sciences Doctor, prof,  
[hasan74@mail.ru](mailto:hasan74@mail.ru)

## STUDY OF A CORROSION INHIBITOR BASED ON MONOETHANOLAMINE AND PHOSPHORUS(V)-CHLORIDE

**Abstract:** In this work, a study was carried out on the synthesis of a corrosion inhibitor of the RMA-1 brand. The effectiveness of corrosion inhibition was analyzed using IES and SEM analysis of the surface.

**Key words:** monoethanolamine, phosphorus(v)-chloride, corrosion inhibitor, IES, SEM

**Language:** Russian

**Citation:** Durdubaeva, R., & Beknazarov, Kh. (2022). Study of a corrosion inhibitor based on monoethanolamine and phosphorus(V)-chloride. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 04 (108), 346-353.

**Soi:** <http://s-o-i.org/1.1/TAS-04-108-43> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2022.04.108.43>

**Scopus ASCC:** 1600.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ИНГИБИТОРА КОРРОЗИИ НА ОСНОВЕ МОНОЭТАНОЛАМИНА И ФОСФОРА(V)-ХЛОРИДА

**Аннотация:** В данной работе проведено исследование по синтезу ингибитора коррозии марки РМА-1. Эффективность ингибирования коррозии анализировали с помощью IES и SEM анализа поверхности.

**Ключевые слова:** моноэтаноламин, фосфора(v)-хлорид, Ингибитор коррозии, IES, SEM.

#### Введение

Различные промышленные оборудование и оборотные системы охлаждения требуют добавления ингибиторов в технологические жидкости и растворы, чтобы снизить скорость коррозии металла. Ингибиторы коррозии особенно важны в связи с обработкой травлением или кислотной очисткой, которое они наносятся на поверхности стали. В качестве промышленного кислотного очистителя и травильной кислоты очень часто используется HCl [1]. Для удаления окислов с поверхности используется травление, которое обычно применяется перед нанесением покрытия методом горячего погружения или гальваники [2]. Менее суровая обработка, чем травление, такая как кислотная очистка,

используется для окончательной отделки металлических поверхностей перед нанесением покрытия, окраской или хранением. Кислые растворы соляной кислоты от 40 до 60 об.% (часто содержащие до 1% ингибитора) используются при комнатной температуре для удаления почвы и легкой ржавчины. Следовательно, большие исследовательские усилия были посвящены поиску новых подходящих соединений для использования в качестве ингибиторов коррозии углеродистой стали в кислых растворах. Эти исследования показали, что существует большое количество органических и неорганических соединений, которые в небольших количествах добавляются в коррозионные среды, что может эффективно снизить скорость коррозии [3–5].

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
РИИЦ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 8.771  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

Было проведено множество работ по оценке некоторых органических соединений в качестве ингибиторов коррозии различных металлов в различных средах [6-8].

Обычно эффективные органические ингибиторы содержат либо атомы азота, серы или кислорода в своей структуре, либо электроотрицательные функциональные группы и  $\pi$ -электроны в тройных или сопряженных двойных связях. Адсорбционные взаимодействия между адсорбатами и поверхностью металла объясняют ингибирующее действие этих органических соединений.

Не смотря на то, что многие органические ингибиторы успешно используются в промышленности и рентабельны, продолжается поиск новых органических ингибиторов на основе местных сырьевых ресурсов, которое может привести к уменьшению цен используемых ингибиторов [9-10].

## 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.

Синтез ингибитора коррозии проводили на основе моноэтаноламина и фосфор(V)-хлорида (PMA-1).

2.1. Приготовление растворов и образцов стали. Процентный состав испытуемого образца стали ст20: 0,04% P, 0,06% Si, 0,06% Al, 0,20% Mn, 0,05% C, 0,02% S, 0,02% Cr и остальное Fe. Обработка поверхности образцов заключалась в мокром шлифовании наждачной бумагой марок № 400 - № 1200; ополаскивали дистиллированной водой, обезжиривали ацетоном и, перед использованием просушивание проводили теплым воздухом.

Коррозионная среда представляла собой 1M HCl, приготовленная из 37%-ного реагента аналитической чистоты. Из исходного раствора готовили четыре разбавленных раствора с ингибитором в следующих концентрациях: 0,1, 0,3, 0,5 и 1,0 г/л.

2.2. Измерения потери веса. Измерения потери веса проводили в 50 мл 1M растворе HCl, содержащего 0,1, 0,3, 0,5 или 1,0 г/л синтезированного ингибитора. Стальные купоны размером 1,0 см × 4,0 см × 0,1 см погружали полностью. После 3 ч погружения каждый образец извлекали из испытательного раствора и погружали в 20% раствор гидроксида натрия, содержащий 200 г/л мелкий порошок цинка для очистки от продуктов коррозии. Затем купоны несколько раз протирали щеткой из щетины под водой для удаления продуктов коррозии и, наконец, сушили в ацетоне и повторно взвешивали.

Эксперименты проводили в трех экземплярах, и в каждом случае сообщалось среднее значение потери веса (отклонение менее 5% от среднего значения). Измерения потери веса

проводили при температурах 293, 303, 313 и 323 K в отсутствие и в присутствии различных концентраций ингибитора в исследуемом растворе. Данные о потере веса использовали для расчета скорости коррозии (CR), выраженной в единицах  $\text{мг/см}^2\cdot\text{с}$ , и эффективности ингибирования в процентной шкале  $\eta$  (%).

2.3. Электрохимические измерения. Стальные образцы для электрохимических экспериментов были обработаны в цилиндрических образцах и затем погружены в политетрафторэтилене (ПТФЭ) с открытой геометрической круглой площадью 0,16  $\text{см}^2$ . Перед каждым экспериментом поверхность электрода предварительно обрабатывалась, как описано выше. Электрохимические эксперименты проводились в трехэлектродной электрохимической ячейке с использованием электрохимической станции Zahner IM6. Платиновый лист использовался в качестве противоиэлектрода, а насыщенный каломельный электрод (SCE) использовался в качестве электрода сравнения. Все потенциалы в данной работе отнесены к SCE (0,2412 В относительно стандартного водородного электрода). Измерения проводились в растворах с естественной аэрацией и без перемешивания после 1 часа погружения при  $293 \pm 1$  K. Измерения импеданса (EIS) проводились при потенциале коррозии ( $E_{\text{corr}}$ ) в диапазоне частот от 100 кГц до 100 мГц с амплитудой сигнала возмущения 10 мВ. Кривые потенциодинамической поляризации (PP) регистрировали путем изменения приложенного потенциала  $E_{\text{app}}$  со скоростью сканирования 1,0 мВ/с, в то время как регистрировали ток I. Так же, как и гравиметрические измерения, кривые PP были измерены в трех экземплярах, чтобы подтвердить приемлемую воспроизводимость результатов.

2.4. УФ-видимые и ИК-спектрофотометрические измерения. Функциональные группы, ответственные за ингибирование, исследовали с использованием ИК-Фурье спектров. Спектры твердых соединений, образовавшихся на мягкой стали после 3-дневного погружения в 1M HCl без ингибитора и с ингибитором 1,0 г/л. Спектры регистрировали в диапазоне от 4000 до 500  $\text{см}^{-1}$  с разрешением 1  $\text{см}^{-1}$  и 20 сканирований и на инфракрасном спектрофотометре с преобразованием Фурье (FT-IR) SHIMADZU (IRAffinity-1S).

Спектрофотометрические измерения поглощения в УФ-видимой области проводились для 1M раствора HCl без и с 1,0 г/л ингибитора до и после погружения образцов из мягкой стали при  $293 \pm 1$  K в течение 3 дней. Все спектры записаны на спектрофотометре UV-1900i.

2.5. Анализ поверхности с помощью SEM. Морфологические исследования образцов из

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
ПИИЦ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 8.771  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

мягкой стали проводились с использованием СЭМ-исследования поверхностей, подвергшихся воздействию различных тестовых растворов. Микрофотографии получали с помощью растрового электронного микроскопа Zeiss Supra 55VP, работающего с вольфрамовой нитью в качестве источника электронов. Образцы из низкоуглеродистой стали размерами 2см×1см×0,14см последовательно шлифовали наждачной бумагой различных марок (№ 400 - № 1200). После этого образцы полировали, используя ткань с алмазной пастой 5 мкм, чтобы получить поверхность, близкую к зеркальной. Затем очищенные купоны погружали на 2 часа в контрольный раствор 1М HCl без и с 1,0 г/л ингибитора при 293 ± 1 К, и, наконец, они промывались дистиллированной водой, сушились на теплом воздухе и подвергались анализу. Исследовали поверхности сталей с помощью SEM.

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Измерения потери веса, скорости коррозии и эффективность ингибирования. Коррозию мягкой стали в 1М HCl, содержащей ингибитора коррозии в различных концентрациях 0,005 г/л PMA-1 и Flogart MS6217, изучали путем измерения потери веса, т.е. путем измерения массы металла, превращенного в продукты коррозии, на единицу площади поверхности на единицу время. В этом случае  $\eta$  (%) рассчитывается по следующим уравнениям:

$$C_R = \frac{W_b - W_a}{A \cdot t} \quad (1)$$

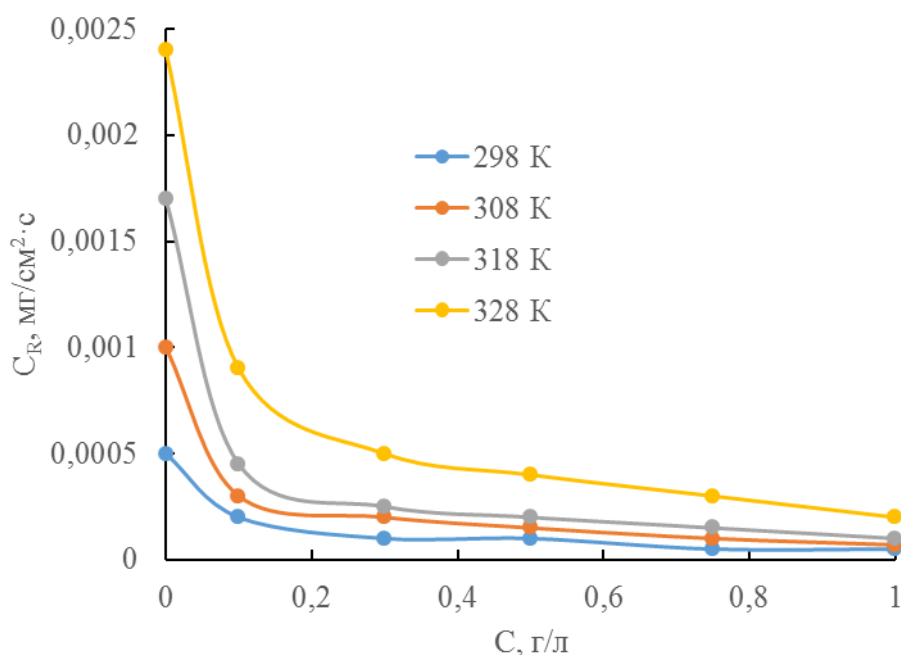


Рисунок 1. Скорость коррозии ( $C_R$ ) мягкой стали в 1М HCl, содержащей различные концентрации (C) PMA-1 при разных температурах.

$$\eta(\%) = \frac{C_{R(blank)} - C_{R(inh)}}{C_{R(blank)}} \times 100 \quad (2)$$

где  $W_b$  и  $W_a$  - массы купонов, измеренные до и после погружения в испытательные растворы,  $A$  - площадь воздействия,  $t = 3$  ч - время воздействия,  $C_R$  - скорость коррозии мягкой стали, а индексы (blank) и (inh) указывают на отсутствие и присутствие ингибитора в соляном растворе соответственно.

Экспериментальные результаты, полученные при измерении потери веса мягкой стали в 1М растворе HCl без ингибитора и с различными концентрациями ингибитора коррозии PMA-1, представлены на рисунках 2 и 3. На рисунке 2 показаны графики зависимости скорости коррозии ( $C_R$ ) от концентрации ингибитора (C), при разных температурах. Эти графики показывают, что скорость коррозии снизилась в ответ на добавление увеличивающихся количеств ингибитора коррозии PMA-1 в коррозионную среду. В частности, скорость коррозии стальных образцов после добавления PMA-1 заметно снижается по мере увеличения концентрации PMA-1 до 0,3 г/л, а после этой концентрации снижение становится менее заметным. Это указывает на то, что PMA-1 действует как ингибитор, который эффективно снижает воздействие коррозионного раствора. Дальнейшее проведение эксперимента рисунка 1 показывает, что скорость коррозии мягкой стали в отсутствие и в присутствии ингибитора увеличивается с повышением температуры.

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
РИИЦ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 8.771  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

На рис. 3 показан график зависимости  $\eta(\%)$  от концентрации ингибитора при различных температурах. Изучение графиков показывает начальное быстрое увеличение  $\eta(\%)$ , при увеличении концентрации РМА-1 до 0,3 г/л, но эффективность ингибирования увеличивается лишь незначительно при дальнейшем увеличении концентрации ингибитора. Это указывает на то, что РМА-1 действует как эффективный ингибитор

даже при низких концентрациях. Более того, эффективность ингибирования снижается с повышением температуры. Тот факт, что эффективность ингибирования снижается с повышением температуры, можно понять с точки зрения усиления процесса растворения металла, в то время как скорость десорбции молекул ингибитора увеличивается при более высокой температуре [18,19].

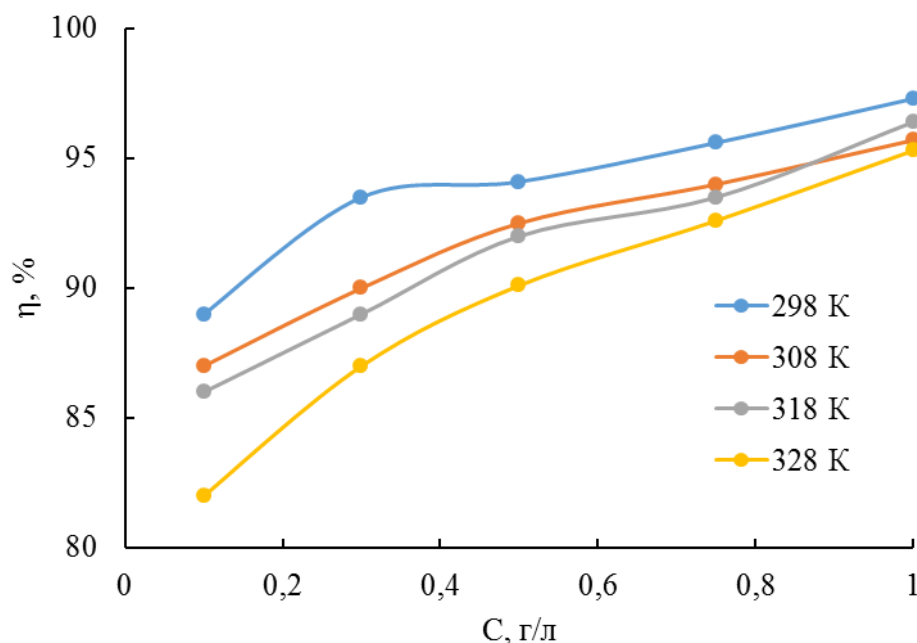


Рисунок 2. Эффективность ингибирования коррозии в процентах  $\eta$  (%) стали Ст20 от концентрации (С) РМА-1 в 1М НСl при различных температурах.

Изучение данных, представленных на рисунках 1 и 2, показывает, что скорость коррозии увеличивается с повышением температуры как в незащищенных, так и в ингибированных условиях.

Измерения потери веса, проведенные при  $293 \pm 1$  К в 1 М растворах НСl с концентрацией 0,005 г/л РМА-1, позволили определить эффективность ингибирования  $\eta$  (%) 87,8 % для РМА-1 и 84,7 % для Flogart MS6217.

Для расчета энергии активации реакции коррозии использовалось уравнение Аррениуса (3):

$$C_R = A_{exp} \left( -\frac{E_a}{RT} \right) \quad (3)$$

где  $C_R$  - скорость коррозии,  $R$  - газовая постоянная,  $T$  - абсолютная температура,  $A$  - предэкспоненциальный множитель,

Энергию активации ( $E_a$ ) при различных концентрациях РМА-1 в соляном растворе определяли линейной регрессией  $\ln C_{RVS}$  от  $1/T$  (Рис. 3) и результаты показаны в таблице 1.

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 1.582	РИИЦ (Russia) = 3.939	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.771	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

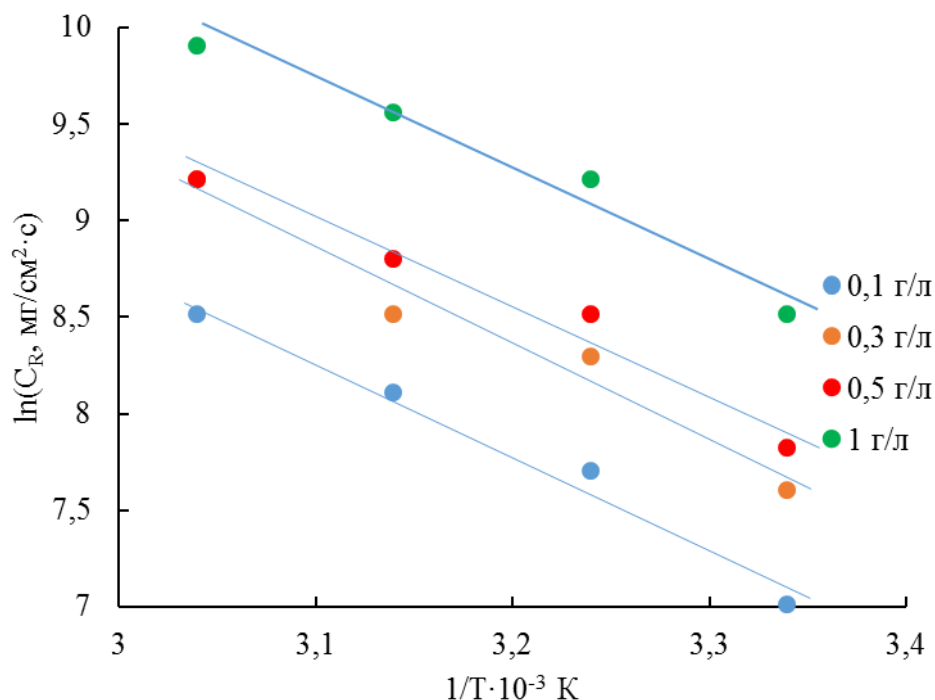


Рисунок 3. Графики Аррениуса скорости коррозии стали в 1М НСl в отсутствие и в присутствии экстракта РМА-1 при различных концентрациях.

Коэффициенты линейной регрессии близки к 1, что указывает на то, что коррозию стали в 1М НСl кислоте можно объяснить с помощью кинетической молекулярной теории. Изучение таблицы 1 показывает, что значения  $E_a$ ,

определенные в 1М НСl, содержащей различные концентрации РМА-1, больше, чем значение, полученное для неингибированного холостого раствора.

Таблица 1. Расчетные значения доля покрытой поверхности  $\theta$ , степень защиты ( $\eta$ ) и энергии активации  $E_a$  для скорости коррозии мягкой стали в 1М НСl в отсутствие и в присутствии различных концентраций РМА-1.

C	$\theta$	$\eta$ , %	$E_a$ , J/mol
0.0	–	–	44,6
0.1	0,897	89,7	49,4
0.3	0,935	93,5	51,8
0.5	0,941	94,1	53,9
1.0	0,973	97,3	55,7

Снижение эффективности ингибирования с повышением температуры в сочетании с более низкой энергией активации скорости коррозии в неингибированном растворе, чем в ингибированном растворе, может быть связано с физической адсорбцией между поверхностью железа и ингибитором [20].

### 3.2. Электрохимические измерения

#### 3.2.1. Кривые потенциодинамической поляризации (ПП)

Кривые потенциодинамической поляризации (ПП), показанные на рисунке 4, были измерены для стали Ст20 в 1М холостом растворе НСl и в том же растворе, содержащем различные концентрации ингибитора коррозии РМА-1.

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 1.582	ПИИЦ (Russia) = 3.939	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.771	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

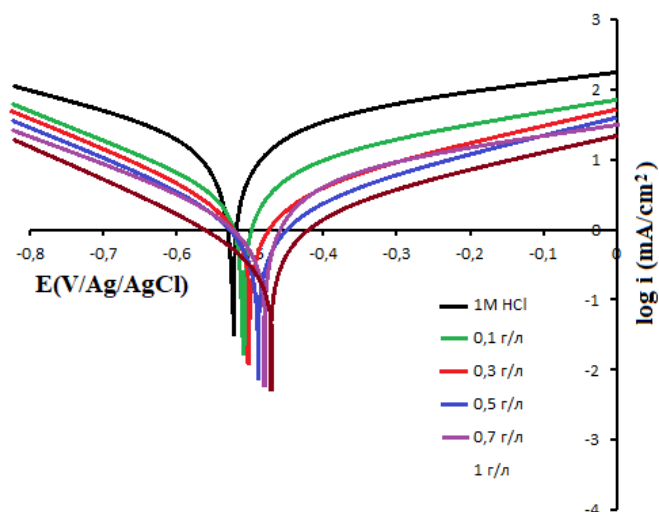


Рис. 4. Поляризационные кривые для стали Ст20, записанные после 1 ч погружения при  $293 \pm 1$  К в 1 М НСl, содержащую различные концентрации РМА-1.

Каждое увеличение концентрации РМА-1 приводит к уменьшению плотности тока как на анодной, так и на катодной ветвях кривых ПП. Однако наклоны Тафеля и потенциал коррозии практически не изменились. Очевидно, что РМА-1 действует как ингибитор смешанного типа, одновременно уменьшая анодный вклад (растворение металла) и катодный вклад (выделение водорода) в процесс коррозии. Эти результаты совместимы с режимом ингибирования, характеризующимся геометрическим блокированием поверхности металла адсорбированными ингибирующими частицами. Эффект геометрической блокировки в основном приводит к уменьшению площади реакции.

Мансфельд [21,22] предложил точную процедуру анализа для определения

поляризационного сопротивления  $R_p$  и тафелевских наклонов по поляризационным данным ( $E_{app}$ ), измеренным в небольшом потенциальном окне вокруг  $E_{corr}$ . Во-первых,  $R_p$  было получено, как обычно, до тафелевских областей поляризационной кривой из наклона касательной в точке  $E_{corr}$ . Во-вторых, используя подход Мансфельда, анодные (ba) и катодные (bc) тафелевские наклоны были рассчитаны посредством нелинейной аппроксимации методом наименьших квадратов данных поляризации в форме  $2.3IR_{pvs} \cdot (E_{app} - E_{corr})$  к соответствующему теоретическому выражению в пределах потенциального окна ( $E_{corr} \pm 30$  мВ). Таблица 2 содержит результаты этого анализа данных поляризации вместе со значениями  $E_{corr}$  и плотности тока коррозии  $j_{corr}$ .

Таблица 2. Результаты анализа потенциодинамических поляризационных кривых для стали Ст20 в 1М НСl с различными концентрациями РМА-1 при  $293 \pm 1$  К.

C, г/л	$E_{corr}$ (mV)	$J_{corr}$ ( $\mu A cm^2$ )	-bc (mV/dec)	ba (mV/dec)	$R_p$ $\Omega cm^2$	$\eta$ %
0,0	-559	918	164	141	37,4	-
0,1	-567	396	163	134	82,6	90,3
0,3	-571	187	162	129	173,1	92,4
0,5	-573	139	163	131	224,9	95,1
1,0	-570	114	146	136	267,5	96,8

На рис. 6 сопоставлены кривые ПП, измеренные для мягкой стали в 1М

неингибированном растворе НСl и в присутствии 0,007 г/л РМА-1 и Flogart MS6217.

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 1.582	РИИЦ (Russia) = 3.939	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.771	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

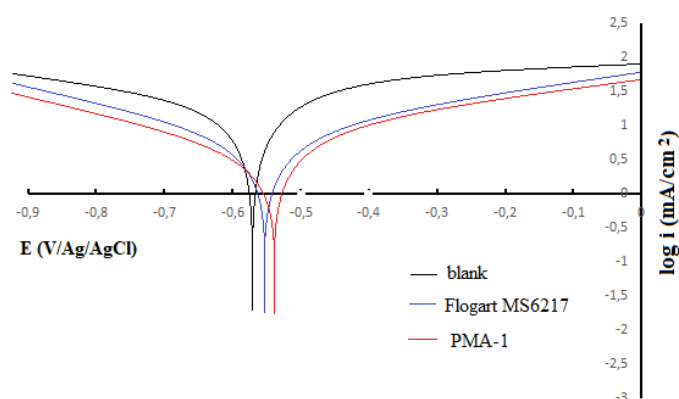


Рис. 5. Поляризационные кривые, записанные после 1 ч погружения для стали Ст20 при  $293 \pm 1$  К в 1М не ингибированный раствор HCl и 1М раствор HCl, содержащий 0,007 г/л Flogart MS6217 и 0,007 г/л PMA-1.

Добавление обоих ингибиторов коррозии к раствору HCl приводит к меньшим плотностям тока как для анодной, так и для катодной ветвей кривых ПП по сравнению с кривой для неингибированного раствора. Уклоны Тафеля и потенциал коррозии практически не изменились. Оба ингибитора коррозии, PMA-1 и Flogart MS6217, действуют как ингибиторы смешанного типа, одновременно уменьшая анодный и

катодный вклад в процесс коррозии. Также из рис. 5 видно, что синтезированный нами ингибитор коррозии PMA-1 не уступает промышленному ингибитору коррозии Flogart MS6217.

Таблица 3 содержит результаты, полученные из анализа данных поляризации, вместе со значениями для  $E_{\text{corr}}$  и плотности тока коррозии  $j_{\text{corr}}$ .

Таблица 3. Результаты анализа кривых ПП стали Ст20 в 1М растворе HCl, содержащем 0,007 г/л Flogart MS6217 и 0,007 г/л PMA-1 при  $293 \pm 1$  К.

Ингибиторы коррозии	$E_{\text{corr}}$ (mV)	$J_{\text{corr}}$ ( $\mu\text{A cm}^2$ )	$-bc$ (mV/dec)	$ba$ (mV/dec)	$R_p$ $\Omega\text{cm}^2$	$\eta$ %
PMA-1	-0,578	143,2	164	135	254,3	95,7
Flogart MS6217	-0,567	256,3	164	135	231,8	92,5

Эффективность ингибирования промышленного ингибитора коррозии сравнима со значением, полученным с использованием синтезированного ингибитора коррозии PMA-1 при его самой низкой проверенной концентрации. Эти данные предполагают, что сильное ингибирующее действие PMA-1 в основном связано с присутствием фосфора и азота в этих соединениях.

**Заключение.** эффективность ингибирования коррозии азот- и фосфорсодержащего ингибитора коррозии (PMA-1) на стали Ст20 была

исследована в агрессивном растворе хлористого водорода с использованием потенциодинамической поляризации. Поляризационные параметры при 1 г/л фосфорсодержащего ингибитора коррозии PSK-1 в 1М HCl имеют значительно более высокую эффективность ингибирования, равную 96,8 % соответственно, а также эффективность ингибирования фосфорсодержащего олигомера PSK-1 возрастает с увеличением концентрации ингибитора.

## References:

- Nurilloev, Z.I., Beknazarov, H.S., & Dzhililov, A.T. (2019). Issledovanie ingibirovanie korrozii stali 20 v 1M rastvorah H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, issledovannyh metodom atomno-absorbicijonnoj spektrometrii. *Universum: Tehnicheskie nauki: jelektron. nauchn. zhurn.* No2(59).

**Impact Factor:**

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
ПИИИ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 8.771  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

- <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/6947>
- Hsissou, R., Benassaoui, H., Benhiba, F., Hajjaji, N., & Elharfi, A. (2017). Application of a new tri functional epoxy prepolymer: triglycidyl Ether Ethylen of Bisphenol A (TGEEBA) in the coating of E24 steel in NaCl 3.5%. *J. Chem. Tech. Metall*;52:431–8.
  - Mohagheghi, A., & Arefinia, R. (2018). Corrosion inhibition of carbon steel by dipotassium hydrogen phosphate in alkaline solutions with low chloride contamination. *Constr Build Mater* 187:760–72.
  - Kijomov, Sh.N., Dzhililov, A.T. Beknazarov, H.S., Narzullaev, A.H., & Razhabova, M.F. (2019). Ingibitory korrozii AIK-1 i AIK-2 v agressivnyh sredah. *Universum: tehnicheckie nauki : jelektron. nauchn. zhurn.* № 7 (64). <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/7608>
  - Narzullaev, A.H., Sirozhiddinov, I.L., Muhsinova, N.Je., & Beknazarov, H.S. (2021). Sintez i ispol'zovanie novyh tipov ingibitorov korrozii na osnove kortonal`degida. *Universum: tehnicheckie nauki: jelektron. nauchn. zhurn.* 2(83). <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11272>
  - Athira, R., Poongothai, N., Neena, P.K., Babu, T.G.S., & Stanley, J. (2018). Study of corrosion protection effect of low cost bio extractpolymer coating material for mild steel in acidic and marine Environments-a cost effective approach. *Int J Eng Technol*;7:315–21.
  - El-Sonbati, A.Z., et al. (2021). Synthesis, characterization, electrochemical studies and antimicrobial activities of metal complexes. *J. Iran. Chem. Soc. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH*, Vol. 19, № 3, pp. 979–1002.
  - Du, T., Chen, J., & Cao, D. (2001). N,N-Dipropynoxy methyl amine trimethyl phosphonate as corrosion inhibitor for iron in sulfuric acid. *J. Mater. Sci.* 2001 3616. *Springer*, Vol. 36, № 16, pp. 3903–3907.
  - Rihan, R., Shawabkeh, R., & Al-Bakr, N. (2014). The effect of two amine-based corrosion inhibitors in improving the corrosion resistance of carbon steel in sea water. *J. Mater. Eng. Perform. Springer*, Vol. 23, № 3, pp. 693–699.
  - Beknazarov, K.S., & Dzhililov, A.T. (2016). The synthesis of oligomeric derivatives of gossypol and the study of their antioxidative properties. *International Polymer Science and Technology*, N 43(3), p.T25–T30.