

Дурдубаева Р.М.<sup>1</sup>, Бекназаров Х.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Каракалпакский государственный университет им. Бердаха

<sup>2</sup>Ташкентский научно-исследовательский институт химической технологии

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИНГИБИРОВАНИЕ КОРРОЗИИ ОЛИГОМЕРНОГО ИНГИБИТОРА PSK-1

Органические ингибиторы коррозии являются, как правило, веществами смешанного действия: они замедляют и катодную, и анодную реакции коррозионного процесса [1,2].

Как правило, катионоактивные ингибиторы коррозии замедляют активное анодное растворение, т.е. эффективны в области электродных потенциалов, отрицательнее критического потенциала пассивации, или тормозят катодные реакции. [3,4].

Целью данной статьи является исследование фосфорсодержащего олигомера как ингибитора коррозии углеродистой стали в агрессивном растворе (1M HCl). Влияние фосфорсодержащего олигомера на основе фосфор (V)-хлорида с циануровой кислотой (PSK-1) при различных концентрациях оценивали с использованием потенциодинамической поляризации.

В эксперименте были испытаны образцы углеродистой стали следующего химического состава (массовые %): 0,19 углерода, 0,075 марганца, 0,055 фосфора, 0,625 железа, 0,047 серы и 0,008 других. Использованный раствор (1M HCl) исследовали на основе 37%-ой HCl с использованием разбавления бидистиллированной водой. Реализован диапазон концентраций от 100 мг/л до 500 мг/л, а поверхность используемой углеродистой стали составляет 1 см<sup>2</sup>. Структура исследуемого фосфорсодержащего олигомерного ингибитора PSK-1 представлена на схеме 1.

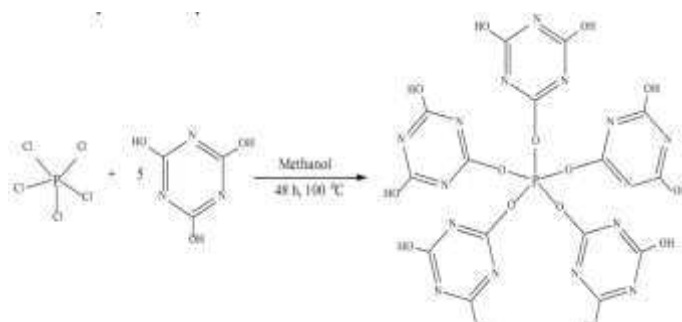
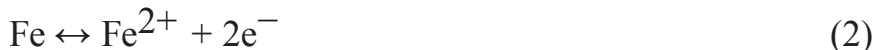


Схема 1. Синтез фосфорсодержащего олигомера PSK-1.

Устройство для электрохимических измерений состоит из трех электродных ячеек, а именно противоэлектрода (платина), электрода сравнения (Ag/AgCl) и рабочего электрода (углеродистая сталь) соответственно. Электрохимическое измерение подключено к аппарату СП-200 с амплитудой сигнала (10 мВ) [5].

Графики Тафеля были составлены для более глубокого понимания кинетики реакций катодной и анодной коррозии. Графики потенциодинамической поляризации образца углеродистой стали в агрессивном растворе (1М HCl) без ингибитора и с различными концентрациями фосфорсодержащего олигомера после 30 минут погружения при 298 К показаны на рис. 1. Соответствующие переменные электрохимической коррозии, такие как плотность тока коррозии ( $i_{\text{corr}}$ ), потенциал коррозии ( $E_{\text{corr}}$ ), эффективность ингибирования ( $\eta_{\text{Тафель}}$  (%)), катодная ( $\beta_c$ ) и анодная ( $\beta_a$ ) постоянные Тафеля определяются по наклону Тафеля и показаны в таблице 1. Известно, что электрохимическая реакция углеродистой стали в 1М растворе HCl без ингибитора - это катодные реакции, связанные с протонным восстановлением (уравнение 1) и реакцией анодного растворения железа (уравнение 2). Эффективность ингибирования коррозии ( $\eta_{\text{тафель}}$  (%)) рассчитывалась по формуле 3.

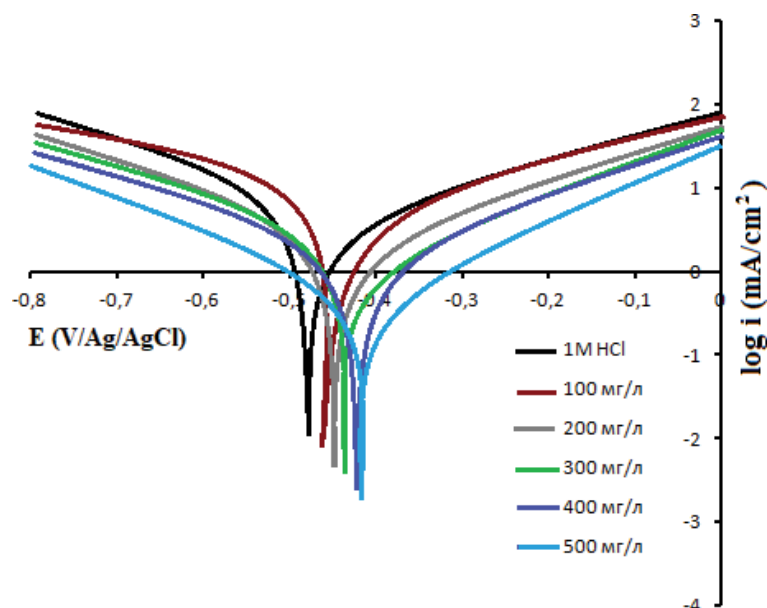


$$\eta_{\text{Тафель}} (\%) = (1 - i_{\text{inh}}/i_0) \times 100 \quad (3)$$

где  $i_0$  и  $i_{\text{inh}}$  - плотность тока коррозии не ингибированная и плотность тока коррозии, подавляемая различными концентрациями PSK-1, соответственно.

Таблица 1 Различные поляризационные параметры для углеродистой стали не ингибируются и не ингибируются различными концентрациями PSK-1 при 298 К.

Ингибитор	Концентрация, мг/л	- $E_{\text{corr}}$ (мВ)	$i_{\text{corr}}$ (А/см <sup>2</sup> )	Наклоны Тафеля (мВ дек <sup>-1</sup> )		$\eta$ (%)
				- $\beta_c$	$\beta_a$	
Без ингибитора (1М HCl)	0	439,7	397,3	193,1	94	-
PSK-1	100	451,7	83,1	68,7	59,2	79,08
	200	412,1	41,5	57,9	41,1	89,55
	300	423,3	31,7	60,3	44,9	92,02
	400	416,2	23,1	69	41,3	94,18
	500	21,4 <sup>4</sup>	2,3 <sup>2</sup>	4 <sup>69,</sup>	6 <sup>42,</sup>	7,76 <sup>9</sup>



**Рисунок 1. – Поляризационные кривые углеродистой стали в 1М HCl, не ингибированные и ингибированные различными концентрациями PSK-1 при 298 К.**

Электрохимические параметры могут быть рассчитаны на основе графиков Тафеля [3]. Плотности тока катодной и анодной коррозии значительно уменьшились с увеличением концентрации PSK-1 в 1М HCl, что указывает на то, что фосфорсодержащий олигомерный ингибитор может также влиять на катодные и анодные реакции (уравнения 1 и 2). Как показано в таблице 1, плотности тока коррозии указывают на значительное уменьшение с увеличением концентрации PSK-1. В результате предполагается, что повышение PSK-1 сводит к минимуму растворение железа. Смещение потенциала коррозии ( $E_{\text{corr}}$ ) оценивали согласно формуле 4, значения  $E_{\text{corr}}$  незначительны или равны нулю. Кроме того, вероятность коррозии вызвана геометрическим препятствием на поверхности углеродистой стали при использовании фосфорсодержащего олигомера. Если значения  $E_{\text{corr}}$  ниже 85 мВ, ингибитор можно рассматривать как ингибитор смешанного типа [4]. В случае, когда значение  $E_{\text{corr}}$  было отрицательным ниже -85 мВ, фосфорсодержащий олигомер можно отнести к типу катодного ингибитора, тогда как положительное значение выше +85 мВ можно было бы предположить как тип анодного ингибитора [4]. В этой статье значение  $E_{\text{corr}}$  полимера составляло -451,7 мВ, поэтому он классифицирован как ингибитор смешанного типа. Добавление фосфорсодержащего олигомера PSK-1 к 1М раствору HCl существенно повлияло на наклон катодной ветви,

снижение плотности тока коррозии катодной ветви может указывать на то, что механизм образования водорода был изменен за счет адсорбции PSK-1 на поверхности металла.

$$\Delta E_{\text{corr}} = E_{\text{corr}} - E_0 \quad (4)$$

где  $E_0$  и  $E_{\text{inh}}$  означают, что потенциал коррозии не ингибируется и потенциал коррозии ингибируется различными концентрациями PSK-1, соответственно.

Таким образом, эффективность ингибирования коррозии фосфорсодержащего олигомера (PSK-1) на углеродистой стали была исследована в агрессивном растворе с использованием потенциодинамической поляризации. Поляризационные параметры при 500 мг/л фосфорсодержащего олигомера PSK-1 в 1М HCl имеют значительно более высокую эффективность ингибирования, равную 97,76% соответственно, а также эффективность ингибирования фосфорсодержащего олигомера PSK-1 возрастает с увеличением концентрации ингибитора.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Нуриллов З.И., Бекназаров Х.С., Джалилов А.Т. Исследование ингибирование коррозии стали 20 в 1М растворах  $H_2SO_4$ , исследованных методом атомно-абсорбционной спектроскопии // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. 2019. No 2(59). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/6947>
2. Hsissou R, Benassaoui H, Benhiba F, Hajjaji N, Elharfi A. 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 2017;52:431–8.
3. Mohagheghi A, Arefinia R. Corrosion inhibition of carbon steel by dipotassium hydrogen phosphate in alkaline solutions with low chloride contamination. Constr Build Mater 2018;187:760–72.
4. Киёмов Ш.Н. Джалилов А.Т. Бекназаров Х.С. Нарзуллаев А.Х. Ражабова М.Ф. Ингибиторы коррозии АИК-1 и АИК-2 в агрессивных средах // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2019.
5. Нарзуллаев А.Х. Сирожиддинов И.Л. Мухсинова Н.Э. Бекназаров Х.С. Синтез и использование новых типов ингибиторов коррозии на основе кортональдегида // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2021. 2(83).