

**Разработка и исследование ингибиторов коррозии
на основе таллового масла**

Л. В. Таранова*, А. М. Глазунов, Е. О. Землянский, А. Г. Мозырев

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

**e-mail: taranovalv@tyuiu.ru*

Аннотация. Одна из серьезных проблем нефтегазовой отрасли — коррозионное изнашивание оборудования и трубопроводов. Основная доля отказов нефтепромыслового оборудования и трубопроводов является следствием коррозионных повреждений, поэтому защита оборудования от коррозии является одной из актуальных научно-технических проблем. Один из наиболее распространенных способов борьбы с коррозией — ингибиторная защита. В работе приведены результаты исследований ингибиторов коррозии, синтезированных на основе полиэтиленполиаминов и трех разновидностей легких талловых масел в присутствии спиртовых растворителей с использованием кубового остатка ректификации бутиловых спиртов. Определены оптимальные параметры синтеза, соотношения базовых исходных реагентов и растворителей. Ингибирующие свойства синтезированных образцов оценивали по изменению скорости коррозии и величине их защитной эффективности. Показано, что по эффективности защитного действия лучший из синтезированных образцов не уступает промышленному реагенту Сонкор 9601, а в области малых концентраций (до 40 г/т) превосходит базовый ингибитор.

Ключевые слова: ингибиторы коррозии; талловые масла; полиэтиленполиамины

Development and study of corrosion inhibitors based on tall oil

Lyubov V. Taranova*, Alexander M. Glazunov, Evgeny O. Zemlyanskiy, Andrey G. Mozyrev

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

**e-mail: taranovalv@tyuiu.ru*

Abstract. One of the serious troubles faced by the oil and gas industry is corrosion wear of equipment and pipelines. The major part of failures of the oilfield equipment and pipelines is the result of corrosion damage, so protection of equipment from corrosion is one of the most urgent scientific and technical issues. One of the most common ways to control corrosion is inhibitor protection. The paper presents the results of studies of corrosion inhibitors synthesized on the basis of polyethylene polyamines and three varieties of light tall oil in the presence of alcohol solvents using the stillage residue of butyl alcohols rectification. The optimal parameters of synthesis and the ratio of basic raw reactants and solvents have been determined. The inhibitory properties of the synthesized samples were evaluated by changes in the rate of corrosion and the value of their protective efficiency. It has been shown that the best of the synthesized samples is not inferior to the industrial reactant Sonkor 9601 in terms of the protective effectiveness, and in the area of low concentrations (up to 40 g/t) exceeds the basic inhibitor.

Key words: corrosion inhibitors; tall oils; polyethylene polyamines

Введение

Подавляющее большинство производственных объектов химических, нефтехимических, нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятий представляют собой сложные крупномасштабные металлоемкие комплексы. Это, в частности, различное нефтепромысловое оборудование, системы оборотного водоснабжения и многое другое [1].

Ежегодно на нефтепромысловых трубопроводах происходит около 50–70 тыс. отказов, 90 % из которых являются следствием коррозионных повреждений. В развитых странах ущерб от коррозии оценивается в 2–4 % от объема валового внутреннего продукта (ВВП). В нашей стране нет официальной статистики, которая бы отражала экономический ущерб от коррозии, но, по оценкам экспертов, он составляет не менее 5 % от ВВП [2]. Поэтому во всех развитых странах мира придается огромное значение борьбе с коррозией металла во всех ее проявлениях, и защита оборудования от коррозии является одной из актуальных научно-технических проблем мирового масштаба [3].

Коррозия — это разрушение материалов в результате химического или электрохимического воздействия окружающей среды, рассматривающееся как окислительно-восстановительный гетерогенный процесс, происходящий на поверхности раздела фаз. В результате этих процессов происходит потеря эксплуатационных свойств корродируемых материалов [4].

Практика эксплуатации нефтяного оборудования свидетельствует о сложной зависимости между коррозионной активностью продукции скважин, представляющей собой трехфазные системы (нефть, газ и вода), и фактически наблюдаемой коррозией оборудования [5]. К основным факторам, влияющим на коррозионное изнашивание оборудования и трубопроводов по всей технологической цепочке систем добычи и нефтеподготовки, можно отнести высокую степень обводненности продукции скважин; высокую минерализацию вод, используемых для поддержания пластового давления, и наличие в их составе кислых газов и механических примесей [6–9]; немаловажную роль играет также использование реагентов в процессе добычи нефти, в частности, проведение кислотных обработок для интенсификации нефтедобычи [10].

При оценке методов защиты промыслового оборудования необходимо учитывать ряд факторов: простота защиты, удобство обслуживания, доступность материалов и др. [11]. Одним из наиболее распространенных способов борьбы с коррозией на объектах добычи и подготовки нефти является ингибиторная защита с использованием химических реагентов, эффективных против различных видов коррозии — кислотной, сероводородной, углекислотной [12–14]. Защитное действие ингибиторов коррозии связано с изменением в состоянии поверхности защищаемого металла и с влиянием на кинетику реакций, лежащих в основе коррозионного процесса [15].

Несмотря на чрезвычайное разнообразие ингибиторов коррозии [6, 16] можно выделить группу органических реагентов, ингибирующее действие которых связано с адсорбционным взаимодействием реагента с поверхностью металла, чему способствует наличие функциональных групп в их составе. К числу таких групп относятся N-, S-, O- и P-содержащие группы,

способные адсорбироваться на металле благодаря донорно-акцепторным и водородным связям [10].

Широко распространены ингибиторы на основе азотсодержащих соединений, в частности алифатические амины и их соли, аминспирты, аминокислоты, N-содержащие гетероциклические соединения. В нефтяной и газовой промышленности для защиты металла от сероводородной коррозии хорошо себя зарекомендовали ингибирующие добавки на аминной основе [17–19]. Ингибиторы этого типа являются, как правило, поверхностно-активными веществами (ПАВ) и относятся к производным азот-, серо-, кислород- и фосфорорганических соединений. Характерной особенностью этих реагентов является то, что их получают на основе доступного природного и синтетического сырья, зачастую с использованием отходов производства [20], что, безусловно, является их преимуществом. Известно также использование в качестве ингибиторов коррозии N-содержащих реагентов в виде солей и других производных имидазолинов [10, 21].

В цели и задачи данной работы входила разработка ингибиторов коррозии на основе отечественного сырья — на базе продуктов поликонденсации легких талловых масел и полиэтиленполиаминов с определением оптимальных параметров синтеза и оценкой ингибирующей способности полученных образцов.

Объект и методы исследования

Объектами исследования являлись ингибиторы коррозии, синтезированные на основе легких талловых масел (ЛТМ) и полиэтиленполиаминов (ПЭПА), с введением в их структуру кубового остатка бутиловых спиртов и метанола.

Легкие талловые масла представляют собой смесь высших жирных кислот, смоляных кислот и неомыляемых веществ и являются побочным продуктом сульфатной варки древесины; ЛТМ применяются, в частности, в качестве ингибитора коррозии, компонентов промывных жидкостей, предназначенных для бурения и синтеза ПАВ.

В работе использовали три вида ЛТМ со следующими характеристиками (отличающиеся по кислотному числу, плотности, вязкости и другим показателям):

- 1) плотность при 20 °С — не менее 0,920 г/см³; кислотное число — не менее 115 мг КОН/г; массовая доля смоляных кислот — не более 10 %; массовая доля воды — не более 0,5 %;
- 2) плотность при 50 °С — 0,910–0,970 г/см³; кислотное число — не менее 70 мг КОН/г; массовая доля воды — не более 0,2 %;
- 3) плотность при 50 °С — 0,910–0,970 г/см³; массовая доля воды — не более 0,2; кислотное число — не менее 100 мг КОН/г масла.

Полиэтиленполиамины, используемые для синтеза ингибиторов, представляют собой смесь аминов различной молекулярной массы с общей формулой: $\text{NH}_2[\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}]_n\text{H}_2$, где $n = 2–8$. Массовая доля общего азота в ПЭПА — не менее 30 %; массовая доля третичных аминогрупп — в пределах 5–9 %; массовая доля воды — не более 2 %.

В качестве растворителей использовали метанол и кубовый остаток ректификации бутиловых спиртов (КОБС); КОБС получают при производстве бутиловых спиртов методом оксосинтеза. Продукт используют, в частно-

сти, в производстве ингибиторов коррозии, для компаундирования бензина и дизельного топлива, а также для повышения нефтеотдачи пластов.

Синтезы проводили при следующих соотношениях базовых компонентов активного начала ингибитора: массовое соотношение ЛТМ:ПЭПА составляло 6,1:1 и 9,2:1; ряд синтезов проводили с введением в состав ацетона (2 % масс. на загрузку ЛТМ и ПЭПА) с соответствующим снижением доли КОБС в составе спиртов.

Количество растворителей составляло: метанол — 45–55 % масс.; кубовый остаток бутиловых спиртов 7–17 и 9–19 % масс. в опытах с введением 2 % масс. ацетона и в его отсутствии соответственно.

Физико-химические характеристики синтезированных образцов оценивали в соответствии с принятыми стандартными методиками: кислотное число — по ГОСТ 17823.1-72¹; плотность определяли пикнометрическим методом по ГОСТ 3900-85²; кинематическую вязкость — по ГОСТ 33-82³.

Определение защитной способности полученных ингибиторов коррозии производили электрохимическим методом по ГОСТ 9.514-99⁴. Испытания проводились на электродах, изготовленных из стали марки Carbon Steel (аналог стали 20). В качестве водной среды для экспериментов использовали сенноманские воды Урненского месторождения со следующими характеристиками: pH среды — 6,8; общая минерализация 25,0 г/дм³; содержание основных солеобразующих ионов (мг/дм³) представлено в таблице 1. Испытания проводили при концентрации ингибитора 20 мг/дм³ при температуре 25 °С; продолжительность испытания — 6 ч.

Таблица 1

Содержание солеобразующих ионов

Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	Fe _{общ}
14 697,0	811,3	1,9	1 440,0	132,0	7 919,8	5,6

В процессе испытаний определяли скорость коррозии и рассчитывали защитную эффективность ингибитора (Z, %) на основе скорости коррозии в неингибированных (K₀) и ингибированных (K) растворах:

$$Z = \frac{K_0 - K}{K_0} \cdot 100\%.$$

¹ ГОСТ 17823.1-72. Продукты лесохимические. Метод определения кислотного числа [Электронный ресурс]. – Введ. 1973-07-01. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200017244>.

² ГОСТ 3900-85. Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности [Электронный ресурс]. – Введ. 1987-01-01. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200003577>.

³ ГОСТ 33-82. Нефтепродукты. Метод определения кинематической и расчет динамической вязкости [Электронный ресурс]. – Введ. 1983-01-01. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200005435>.

⁴ ГОСТ 9.514-99. Единая система защиты от коррозии и старения. Ингибиторы коррозии металлов для водных систем. Электрохимический метод определения защитной способности [Электронный ресурс]. – Введ. 2002-01-01. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200010597>.

Результаты

Для получения ингибиторов конденсацию ЛТМ с ПЭПА осуществляли в два этапа.

На первом этапе проводили реакцию между ЛТМ и ПЭПА при их массовом соотношении 6,1:1,0 и 9,2:1,0; температура процесса — 97 °С, продолжительность первой стадии — 1 час. В синтезах с использованием ацетона его вводили в начале процесса при комнатной температуре.

На втором этапе процесс продолжали при температуре 140 °С в течение 2 часов с отгонкой выделяющейся воды с последующим введением в реакционную массу метанола и КОБС при содержании: метанола — 45–55 % масс., КОБС — 7–19 % масс.

В работе были проведены три серии синтезов на основе рассмотренных выше марок легких талловых масел:

- первая серия — 8 синтезов на основе ЛТМ с кислотным числом 133 мг КОН/г;
- вторая серия — 8 синтезов на основе ЛТМ с кислотным числом не менее 70 мг КОН/г;
- третья серия — 10 синтезов на основе ЛТМ с кислотным числом не менее 100 мг КОН/г.

При получении ингибиторов варьировали содержание ЛТМ:ПЭПА; количество метанола и КОБС при общем соотношении: активное начало — 36 % масс.; растворитель — 64 % масс.; при проведении синтезов с добавлением ацетона, соответственно, уменьшали количество спиртового растворителя. При этом добивались удовлетворения технических требований к ингибиторам коррозии по характеристикам: кислотное число — в интервале 20–60 мг КОН/г, плотность — в интервале 0,80–0,92 г/см³ при 20 °С, вязкость кинематическая при 20 °С — не более 6 мм²/с.

Таблица 2

Состав и физико-химические характеристики синтезированных ингибиторов

Номер образца	Отношение ЛТМ/ПЭПА	Количество компонента, % масс.		Кислотное число, мг КОН/г	Вязкость при 20 °С, сСт
		Ацетон	Метанол/ КОБС		
Серия № 1					
4	9,2/1,0	–	55/9	49,0	4,0
6	9,2/1,0	2	45/17	48,0	4,0
7	6,1/1,0	2	55/7	43,0	3,79
Серия № 2					
4	9,2/1,0	–	55/9	23,0	4,32
6	9,2/1,0	2	45/17	22,5	3,02
7	6,1/1,0	2	55/7	20,0	3,20
Серия № 3					
6	9,2/1,0	2	45/17	24,5	4,0
7	9,2/1,0	–	45/19	23,5	3,79
8	9,2/1,0	–	55/9	18,1	3,53
9	6,1/1,0	–	55/9	10,1	3,96

Ингибирующую способность полученных реагентов оценивали по изменению эффективности защитного действия (Z , %), добиваясь удовлетворения требований к ингибиторам по данному показателю — не менее 90 % при расходе реагента 50 мг/л. Эффективность защитного действия оценивали для образцов с наименьшими значениями кислотных чисел.

Данные о составах для ряда синтезированных образцов, показавших впоследствии лучшие результаты по эффективности ингибирующего действия, и их основных характеристиках отображены в таблице 2.

По результатам первой серии можно отметить следующее:

- показатели кислотного числа и вязкости образцов находятся в установленных для ингибиторов пределах;
- увеличение доли ЛТМ в составе активного начала ингибитора при прочих равных условиях приводит к некоторому увеличению кислотного числа и снижению вязкости полученных образцов;
- при увеличении доли метанола в составе растворителя отмечено снижение кислотного числа и вязкости;
- введение в состав активного начала ацетона — 2 % масс. взамен соответствующего количества КОБС приводит к снижению вязкости синтезированных образцов.

Для образцов второй серии отмечено:

- увеличение доли ЛТМ, введение ацетона в состав активного начала и увеличение доли метанола в составе растворителя приводят к аналогичным по сравнению с первой серией изменениям кислотного числа и вязкости;
- при использовании ЛТМ второй серии кислотное число полученных ингибиторов было существенно ниже, изменяясь в пределах 20–26 мг КОН/г против 43–50 мг КОН/г в образцах первой серии.

Результаты лабораторных испытаний выбранных образцов первой и второй серий по эффективности ингибирующего действия сведены в таблицу 3.

Таблица 3

Результаты оценки защитного действия синтезированных образцов

Номер образца	Средняя скорость коррозии, мм/год		Снижение скорости коррозии, мм/год	Z _{макс} , %
	V _{до ввода}	V _{сразу после}		
Серия № 1				
4	1,08	0,81	0,27	25,0
6	1,44	1,09	0,35	24,3
7	1,33	0,82	0,51	38,3
Серия № 2				
4	1,20	1,04	0,16	13,3
6	1,20	0,97	0,23	19,1
7	1,07	0,93	0,14	13,1

Анализ данных показал следующее:

- для первой серии опытов по эффективности защитного действия при содержании реагента 20 мг/л лучшие результаты отмечены для образ-

ца, синтезированного при следующих параметрах: соотношение ЛТМ:ПЭПА — 6,1:1, в присутствии 2 % ацетона при содержании метанола и КОБС 55 и 7 % масс. В этом случае наблюдалось снижение скорости коррозии на 0,25 мм/год, а эффективность ингибирующего действия реагента составила 38,3 %;

- по эффективности защитного действия образцы второй серии значительно (почти в два раза) уступают полученным выше образцам: наилучший эффект — снижение скорости коррозии и эффективность ингибирующего действия составили, соответственно, 0,08 мм/год и 19,1 %; эти результаты получены для ингибитора, синтезированного в следующих условиях: отношение ЛТМ:ПЭПА — 9,2:1,0; количество ацетона, метанола и КОБС, соответственно, 2; 45 и 17 % масс.

В качестве отличительных особенностей синтеза образцов третьей серии следует отметить:

- в ряде случаев при проведении реакции без добавки ацетона при температуре 25 °С происходило образование желеобразных образцов с кислотными числами на уровне 42–46 мг КОН/г; при этом состояние образцов и образование суспензии при смешении с водой не позволяет рекомендовать их к использованию в качестве ингибиторов;

- изменение условий синтеза позволило получить жидкие образцы с возможностью их использования как ингибиторов; кислотные числа продуктов синтеза варьировались в пределах 10–24 мг КОН/г, причем с введением ацетона наблюдали некоторое их увеличение без существенного изменения вязкости;

- по эффективности защитного действия ингибиторы этой серии оказались наиболее эффективными по сравнению с предыдущими сериями; лучшие результаты продемонстрировал образец, синтезированный в отсутствии ацетона при следующих условиях: соотношение ЛТМ:ПЭПА — 6,1:1,0; количество метанола и КОБС, соответственно, 55 и 9 % масс.

Обсуждение

Для образца синтезированного ингибитора, показавшего лучшие предварительные результаты — образец № 9/3, провели дополнительные исследования по определению оптимальных расходов в сравнении его эффективности с промышленным ингибитором. При этом исследовали изменение скорости коррозии и эффективность защитного действия ингибитора в диапазоне расходов реагента 25–70 г/т.

В качестве базового реагента выбран промышленный ингибитор коррозии Сонкор 9601 (АО «Опытный завод Нефтехим»), предназначенный для защиты нефтепромыслового оборудования от коррозии, вызываемой действием пластовых и сточных вод. Функции ингибитора — защита от сероводородной и углекислотной коррозии в системах поддержания пластового давления ППД и нефтесбора ⁵.

⁵Ингибиторы коррозии. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ozneftehim.ru/ chemistry/corrosion-inhibitors](https://ozneftehim.ru/chemistry/corrosion-inhibitors).

Результаты эксперимента приведены в таблице 4 и на рисунках 1 и 2.

Таблица 4

Сравнительная оценка антикоррозионных защитных свойств реагентов

Расход ингибитора, г/т	Скорость коррозии, мм/год		Эффективность защитного действия, %	
	Образец 9/3	Сонкор 9601	Образец 9/3	Сонкор 9601
25	0,071	0,058		
30	0,033	0,036	55,2	51,7
35	0,023	0,038	82,0	70,0
40	0,015	0,013	81,3	84,4
50	0,015	0,015	92,3	92,3
70	0,01	0,01	94,0	94,0

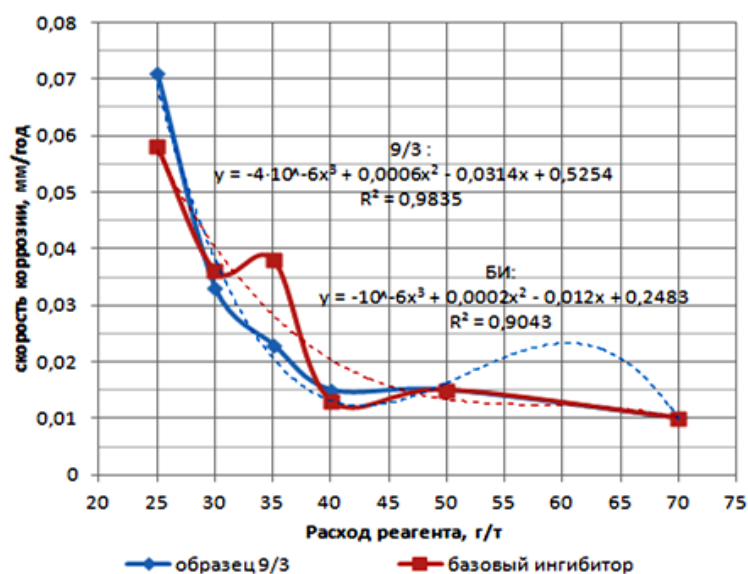


Рис. 1. Изменение скорости коррозии от расхода ингибитора

Характер изменения скорости коррозии и эффективности защитного действия в зависимости от расхода реагентов можно описать уравнениями третьего порядка (пунктирные линии на рисунках 1 и 2) с оптимумом в области концентраций ингибитора 40–45 г/т.

По результатам исследований синтезированного ингибитора коррозии (образец 9/3), проведенных в лабораторных условиях согласно ГОСТ 9.514-99⁶, в сравнении с промышленным реагентом Сонкор 9601, можно отметить высокую ингибирующую способность полученного образца, что обусловлено образованием защитной пленки на поверхности металла.

⁶ ГОСТ 9.514-99...

По скорости образования защитной пленки исследуемый и базовый реагенты демонстрируют сравнимые результаты в области высоких концентраций реагентов (более 40 г/т), а в интервале расходов 30–40 г/т синтезированный ингибитор оказывается более эффективным. Так, при расходе 35 г/т скорость коррозии составила 0,023 и 0,038 мм/год в присутствии образца 9/3 и реагента Сонкор 9601 соответственно.

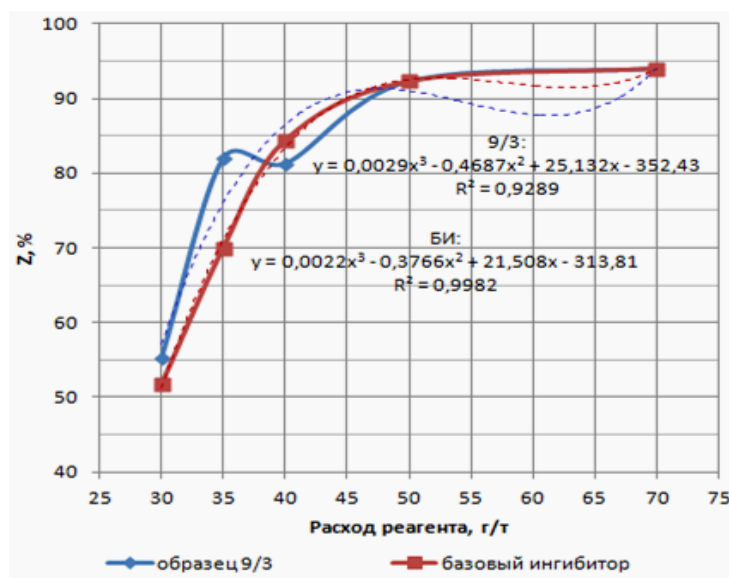


Рис. 2. Зависимость эффективности защитного действия ингибиторов от их расхода

По эффективности защитного действия синтезированного ингибитора следует отметить следующее:

- образец удовлетворяет техническим требованиям к ингибиторам коррозии (Z не менее 90 % при расходе 50 мг/л) — фактическое значение показателя Z при данном расходе синтезированного реагента составило 92,3 %;
- исследуемый и базовый реагенты показывают одинаковые результаты в области высоких концентраций: 92,3 и 94 % при расходах 50 и 70 г/т; а в области концентраций до 40 г/т образец 9/3 превосходит базовый реагент по эффективности защитного действия; так, при расходе 35 г/т показатель Z составил 82 % против 70 % в присутствии ингибитора Сонкор 9601.

Выводы

Разработаны и синтезированы ингибиторы коррозии с использованием отечественного сырья, основу которых составляют полиэтиленполиамин и три образца легких талловых масел, отличающихся по свойствам, в частности по кислотному числу, и спиртовые растворители.

Изучено влияние соотношения легких талловых масел и полиэтиленполиаминов и соотношение компонентов спиртовой смеси на свойства получаемых ингибиторов коррозии. Установлено оптимальное соотношение

реагентов — для наиболее эффективного ингибитора коррозии ЛТМ:ПЭПА = 6,1:1; количество метанола и КОБС, соответственно, 55 и 9 % масс.

Проведены испытания образцов ингибиторов коррозии на предмет антикоррозионных защитных свойств. Установлено, что максимальной эффективностью защиты — 94 % обладает образец 9/3 синтезированный на легком талловом масле с кислотным числом не менее 100 мг КОН/г при расходе 70 г/т, что сопоставимо с эффективностью промышленного ингибитора марки Сонкор 9601.

Показано, что в области малых концентраций синтезированный образец превосходит базовый ингибитор по изменению скорости коррозии и эффективности защитного действия.

Библиографический список

1. Семенов, И. В. Коррозия и защита от коррозии : учебное пособие для студентов вузов / И. В. Семенова, Г. М. Флорианович, А. В. Хорошилов ; под ред. И. В. Семеновой. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Физматлит, 2010. — 416 с. — Текст : непосредственный.
2. Кузнецов, Ю. И. Возможности защиты ингибиторами коррозии оборудования и трубопроводов в нефтегазовой промышленности / Ю. И. Кузнецов, Р. К. Вагапов, Р. В. Игошин. — Текст : непосредственный // Территория Нефтегаз. — 2010. — № 1. — С. 34–42.
3. Ингибиторы коррозии. Том 3. Основы технологии производства отечественных ингибиторов коррозии : монография / Д. Л. Рахманкулов, В. Н. Зенцов, Н. А. Гафаров [и др.]. — Москва : Интер, 2005. — 346 с. — Текст : непосредственный.
4. Ивановский, В. Н. Теоретические основы процесса коррозии нефтепромыслового оборудования / В. Н. Ивановский. — Текст : непосредственный // Инженерная практика. — 2010. — № 6. — С. 4–14.
5. Будкевич, Р. Л. Защита оборудования от коррозии : учебное пособие для студентов вузов / Р. Л. Будкевич. — Альметьевск : АГНИ, 2007. — 56 с. — Текст : непосредственный.
6. Рахманкулов, Д. Л. Ингибиторы коррозии. Том 4. Теория и практика противокоррозионной защиты нефтепромыслового оборудования и трубопроводов / Д. Л. Рахманкулов, Д. Е. Бугай, А. И. Габитов. — Москва : Химия, 2007. — 300 с. — Текст : непосредственный.
7. Гареев, А. Г. Коррозия и защита металлов в нефтегазовой отрасли / А. Г. Гареев, Р. Г. Ризванов, О. А. Насибуллина. — Уфа : Гилем, 2016. — 352 с. — Текст : непосредственный.
8. Подопригора, А. А. Исследование коррозионного разрушения поверхностей нефтепроводов после длительной эксплуатации / А. А. Подопригора. — Текст : непосредственный // Вестник Югорского государственного университета. — 2011. — Вып. 4 (23). — С. 105–112.
9. Серебряков, А. Н. Коррозия нефтепромыслового оборудования и мероприятия по противокоррозионной защите на нефтяном месторождении Каракудук (Западный Казахстан) / А. Н. Серебряков, И. С. Мотузов. — Текст : непосредственный // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Инженерные исследования». — 2017. — Т. 18, № 2. — С. 174–181.
10. Хайдарова Г. Р. Ингибиторы коррозии для защиты нефтепромыслового оборудования. — Текст : электронный // Современные проблемы науки и образования : электронный научный журнал. — 2014. — № 6. — URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=16733>. — Дата публикации: 29 декабря 2014.
11. Кравцов, В. В. Коррозия и защита конструкционных материалов / В. В. Кравцов. — Уфа : УГНТУ, 1999. — 157 с. — Текст : непосредственный.
12. Ерошев, С. А. Противокоррозионные свойства водорастворимых полимеров в кислых средах / С. А. Ерошев, В. А. Козловцев, А. В. Навроцкий. — Текст : непосредственный // Известия Волгоградского государственного технического университета. — 2010. — № 2 (62), Вып. 7. — С. 159–163.

13. Защитные свойства ряда ингибиторов сероводородной и углекислотной коррозии стали / Л. Е. Цыганкова, О. А. Фоменков, О. В. Комарова, Абубакер Сакаф Омер. – Текст : непосредственный // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2008. – Т. 14, № 2. – С. 353–363.
14. Киченко, С. Б. Об ингибиторах сероводородной коррозии, обладающих и не обладающих защитным действием в паровой фазе / С. Б. Киченко, А. Б. Киченко. – Текст : непосредственный // Практика противокоррозионной защиты. – 2007. – № 1 (43). – С. 12–17.
15. Разработка высокоэффективных ингибиторов коррозии комплексного действия как одно из приоритетных направлений мирового научно-технического прогресса / А. И. Габитов, Д. Е. Бугай, Л. З. Рольник, Л. К. Кузнецов // Башкирский химический журнал. – 2009. – Т. 16, № 2. – С. 190–192.
16. Составы ингибиторов коррозии для различных сред / А. Р. Фархутдинова, Н. И. Мукаддисов, А. А. Елпидинский, А. А. Гречухина. – Текст : непосредственный // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16, № 4. – С. 272–276.
17. Кашковский, Р. В. Летучие амины — эффективные ингибиторы сероводородной коррозии стали / Р. В. Кашковский – DOI 10.5510/OGP20110200066. – Текст : непосредственный // Научные труды НИПИ Нефтегаз. – 2011. – Т. 2, № 2. – С. 48–54.
18. Кашковский, Р. В. О роли летучих аминов в замедлении сероводородной коррозии стали / Р. В. Кашковский, Ю. И. Кузнецов, Р. К. Вагапов. – Текст : непосредственный // Коррозия : материалы, защита. – 2010. – № 6. – С. 18–22.
19. Кашковский, Р. В. Об особенностях ингибирования летучими аминами сероводородной коррозии стали / Р. В. Кашковский, Ю. И. Кузнецов, Р. К. Вагапов. – Текст : непосредственный // Коррозия : материалы, защита. – 2010. – № 4. – С. 13–18.
20. Промысловые трубопроводы и оборудование : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Ф. М. Мустафин, Л. И. Быков, А. Г. Гумеров [и др.]. – Москва : Недра, 2004. – 662 с. – Текст : непосредственный.
21. Насибуллина, О. А. Ингибиторная защита от коррозии в нефтяной промышленности / О. А. Насибуллина. – DOI 10.17122/ngdelo-2019-1-120-123. – Текст : непосредственный // Нефтегазовое дело. – 2019. – Т. 17, № 1. – С. 120–123.

References

1. Semenov, I. V., Florianovich, G. M., & Khoroshilov, A. V. (2010). *Korroziya i zashchita ot korrozii*. 3rd edition, revised and expanded. Moscow, Fizmatlit Publ., 416 p. (In Russian).
2. Kuznetsov, Yu. I., Vagapov, R. K., & Igoshin, R. V. (2010). *Vozmozhnosti zashchity ingibitorami korrozii oborudovaniya i truboprovodov v neftegazovoy promyshlennosti*. Oil and Gas Territory, (1), pp. 34-42. (In Russian).
3. Rakhmankulov, D. L., Zentsov, V. N., Gafarov, N. A., Bugay, D. E., & Gabitov, A. I. (2005). *Ingibitory korrozii. Tom 3. Osnovy tekhnologii proizvodstva otechestvennykh ingibitorov korrozii*. Moscow, Inter Publ., 346 p. (In Russian).
4. Ivanovskiy, V. N. (2010). *Teoreticheskie osnovy protsessov korrozii neftepromyslovogo oborudovaniya. Inzhenernaya praktika*, (6), pp. 4-14. (In Russian).
5. Budkevich, R. L. (2007). *Zashchita oborudovaniya ot korrozii*. Almet'yevsk, Almet'yevsk State Oil Institute Publ., 56 p. (In Russian).
6. Rakhmankulov, D. L., Bugay D. E., & Gabitov A. I. (2007). *Ingibitory korrozii. Tom 4. Teoriya i praktika protivokorroziionnoy zashchity neftepromyslovogo oborudovaniya i truboprovodov*. Moscow, Khimiya Publ., 300 p. (In Russian).
7. Gareev, A. G., Rizvanov, R. G., & Nasibullina, O. A. (2016). *Korroziya i zashchita metallov v neftegazovoy otrasli*. Ufa, Gilem Publ., 352 p. (In Russian).
8. Podoprigora, A. A. (2011). *Issledovanie korrozionnogo razrusheniya poverkhnostey nefteprovodov posle dlitel'noy ekspluatatsii*. Vestnik Yugorskogo gosudarstvennogo universiteta, (4(23)), pp. 105-112. (In Russian).
9. Serebryakov, A. N., & Motuzov, I. S. (2017). Corrosion of oilfield equipment and anti-corrosion techniques applied on the karakuduk oilfield (Western Kazakhstan). *RUDN journal of engineering researches*, 18(2), pp. 174-181. (In Russian).
10. Khaidarova, G. R. (2014). *Ingibitory korrozii dlya zashchity neftepromyslovogo oborudovaniya*. Modern Problems of Science and Education. Surgery, (6). (In Russian). Available at: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=16733>

11. Kravtsov, V. V. (1999). Korroziya i zashchita konstruktsionnykh materialov. Ufa, Ufa State Petroleum Technological University Publ., 157 p. (In Russian).
12. Eroshchev, S. A., & Kozlov, V. A. & Navrotsky, A. V. (2010). Anticorrosive properties of water-soluble polymers in sour environments. Izvestia Volgograd state technical university, (2(62)), Vypusk 7, pp. 159-163. (In Russian).
13. Tsygankova, L. Ye., Fomenkov, O. A., Komarova, O. V., & Abubaker, Saqqaf Omer (2008). Protective Properties of Some Inhibitors Against Hydrogen Sulfide and Carbonic Acid Steel Corrosion. Transactions of the TSTU, 14(2), pp. 353-363. (In Russian).
14. Kichenko, S. B., & Kichenko, A. B. (2007). About H₂S-corrosion inhibitors having and not having a protective effect in vapor phase. Practice corrosion protection, 1(43), pp. 12-17. (In Russian).
15. Gabitov, A. I., Bugay D. Ye., Rolnik, L. Z., & Kuznetsov L. K. (2009). Development highly effective corrosion inhibitors of complex action as one of priority directions of global scientific and technical progress. Bashkir chemistry journal (Bashkirskii khimicheskii zhurnal), 16(2), pp. 190-192. (In Russian).
16. Farkhutdinova, A. R., Mukatdisov, N. I., Elpidinskiy, A. A., & Grechukhina, A. A. (2013). Sostavy ingibitorov korrozii dlya razlichnykh sred. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta, 16(4), pp. 272-276. (In Russian).
17. Kashkovskiy, R. V. (2011). Volatile amine-efficient inhibitors of hydrogen sulphide corrosion of steel. Proceedings of "OilGasScientificResearchProjects" Institute, SOCAR, 2(2), pp. 48-54. (In Russian). DOI: 10.5510/OGP20110200066
18. Kashkovskiy, R. V., Kuznetsov, Yu. I., Vagapov, R. K. (2010). O roli letuchikh aminov v zamedlenii serovodorodnoy korrozii stali. Korroziya: materialy, zashchita, (6), pp. 18-22. (In Russian).
19. Kashkovskiy, R. V., Kuznetsov, Yu. I., Vagapov, R. K. (2010). Ob osobennostyakh ingibirovaniya letuchimi aminami serovodorodnoy korrozii stali. Korroziya: materialy, zashchita, (4), pp. 13-18. (In Russian).
20. Mustafin, F. M., Bykov, L. I., Gumerov, A. G. Vasil'ev, G. G., Prokhorov, A. D., Kvyatkovskiy, O. P.,... & Mustafin, F. M. (2004). Promyslovyye truboprovody i oborudovaniye. Moscow, Nedra Publ., 662 p. (In Russian).
21. Nasibullina, O. A. (2019). Inhibitor protection in oil industry. Petroleum Engineering, 17(1), pp. 120-123. (In Russian). DOI: 10.17122/ngdelo-2019-1-120-123

Сведения об авторах

Таранова Любовь Викторовна, к. т. н., доцент кафедры переработки нефти и газа, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, e-mail: taranova@tyuiu.ru

Глазунов Александр Михайлович, к. т. н., доцент кафедры переработки нефти и газа, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Землянский Евгений Олегович, к. х. н., доцент кафедры переработки нефти и газа, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень,

Мозырев Андрей Геннадьевич, к. т. н., заведующий кафедрой переработки нефти и газа, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Information about the authors

Lyubov V. Taranova, Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Oil and Gas Processing, Industrial University of Tyumen, e-mail: taranova@tyuiu.ru

Alexander M. Glazunov, Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Oil and Gas Processing, Industrial University of Tyumen

Evgeny O. Zemlyanskiy, Candidate of Chemistry, Associate Professor at the Department of Oil and Gas Processing, Industrial University of Tyumen

Andrey G. Mozyrev, Candidate of Engineering, Head of the Department of Oil and Gas Processing, Industrial University of Tyumen