

УДК 620.197.3

Промышленные красители как ингибиторы кислотной коррозии стали

О. В. Бурыкина¹ ✉

¹ Юго-Западный государственный университет
ул. 50 лет Октября 94, г. Курск 305040, Российская Федерация

✉ e-mail: buoksana@yandex.ru

Резюме

Цель. Исследование ингибирующего действия некоторых промышленных красителей при кислотной коррозии стали.

Методы. В качестве ингибиторов кислотной коррозии использовали промышленные красители разных классов: кислотный фиолетовый, активный красный 5СХ, прямой диазобордо С, катионный синий, дисперсный желтый 4С, однохромовый оливковый Ж. Величина ингибирующего действия красителя определялась весовым методом. Для определения возможности взаимодействия ионов железа (III) с красителем использовали спектрофотометрический метод.

Результаты. Все красители обладали защитным действием. Вероятно, органическая пленка красителя изолирует металл от коррозионной среды, кроме того, изменяет строение двойного электрического слоя на границе металл/раствор. Это приводит к замедлению как химической, так и электрохимической коррозии. Найдено, что красители с малым ингибирующим эффектом реагируют с ионами железа, образуя при коррозии с образованием новых соединений, что было подтверждено методом спектрофотометрии.

Заключение. В работе впервые исследованы в качестве ингибиторов такие красители, как кислотный фиолетовый, активный красный 5СХ, прямой диазобордо С, катионный синий, дисперсный желтый 4С, однохромовый оливковый Ж и сопоставлен их ингибирующий эффект со структурой красителя. Выявлено, что красители оказывают ингибирующее действие на кислотную коррозию стали даже при добавлении их в небольших количествах. Наибольшее защитное действие имеют красители, в составе которых присутствует атом азота, соединенный с углеводородными радикалами, а наименьшее – в состав которых входит азогруппа, что подтверждается спектрами поглощения красителей и их смеси с ионами железа. Увеличение концентрации кислоты приводит к снижению защитного действия красителя. С течением времени защитный эффект изменяется неоднозначно. У красителя кислотного фиолетового он снижается на 29,5–37,8%, а у красителя прямого диазобордо С ингибирующее действие, наоборот, с течением времени увеличивается в 1,5–2 раза.

Ключевые слова: коррозия; ингибирование; краситель; гравиметрия; сталь; ингибирующий эффект.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Бурыкина О. В. Промышленные красители как ингибиторы кислотной коррозии стали // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2021. Т. 11, № 2. С. 163–175.

Поступила в редакцию 26.03.2021

Подписана в печать 23.04.2021

Опубликована 16.06.2021

© Бурыкина О. В., 2021

Industrial Dyes as acid Corrosion Inhibitors of Steel

Oksana V. Burykina¹ ✉

¹ Southwest State University
50 Let Oktyabrya str. 94, Kursk 305040, Russian Federation

✉ e-mail: buoksana@yandex.ru

Abstract

Purpose. Study the inhibitory effect of some industrial dyes in the acid corrosion of steel.

Methods. Industrial dyes of different classes were used as acid corrosion inhibitors: acid violet, active red 5CX, direct diazobordo C, cationic blue, dispersed yellow 4C, single-chromium olive Zh. The value of the inhibitory effect of the dye was determined by the weight method. To determine the possibility of interaction of iron (III) ions with the dye, a spectrophotometric method was used.

Results. All the dyes had a protective effect. Probably, the organic dye film isolates the metal from the corrosive environment, and also changes the structure of the double electric layer at the metal / solution interface. This leads to a slowdown in both chemical and electrochemical corrosion. It was found that dyes with a low inhibitory effect react with iron ions formed during corrosion to form new compounds, which was confirmed by spectrophotometry.

Conclusion. For the first time, such dyes as acid violet, active red 5CX, direct diazobordo C, cationic blue, dispersed yellow 4C, and single-chromium olive W were studied as inhibitors, and their inhibitory effect was compared with the structure of the dye. It was found that the dyes have an inhibitory effect on the acid corrosion of steel, even when added in small quantities. The dyes with the nitrogen atom combined with hydrocarbon radicals have the greatest protective effect, and the least protective effect is that of the azo group, which is confirmed by the absorption spectra of the dyes and their mixtures with iron ions. When the acid concentration increases, it reduces the protective effect of the dye. Over time, the protective effect changes ambiguously. In the acid violet dye, it decreases by 29.5% -37.8%, and in the direct diazobordo dye with an inhibitory effect, on the contrary, it increases by 1.5-2 times over time.

Keywords: corrosion; inhibition; dyes; gravimetry; steel; inhibitory effect.

Conflict of interest: The author declare that there are no obvious or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Burykina O. V. Industrial Dyes as acid Corrosion Inhibitors of Steel. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii = Proceedings of the Southwest State University. Series: Engineering and Technologies.* 2021; 11(2): 163–175. (In Russ.)

Received 26.03.2021

Accepted 23.04.2021

Published 16.06.2021

Введение

Проблема борьбы с коррозией металлов является одной из актуальных проблем современной химии [1]. Использование в промышленности высоких температур, давлений и агрессивных сред при создании новых технологий и процессов делает невозможным использование традиционных материалов из-за их низкой коррозионной устойчивости в

этих условиях [2]. Коррозионные разрушения оболочек и деталей технологических аппаратов и установок создают серьезную угрозу загрязнения окружающей среды: загрязнение вод, почв, атмосферы различными вредными химическими веществами.

Разработка и внедрение высокоэффективных методов повышения проч-

ностных свойств, коррозионной стойкости, тепло- и холодостойкости металлов, сплавов и других материалов способствует повышению надежности и долговечности машин и оборудования и является источником экономии материальных и трудовых затрат. На первый план выдвигаются вопросы сохранения эксплуатационных свойств, предотвращение потерь металлов в результате коррозии. Борьба с коррозионными потерями – это борьба за эффективность и качество продукции.

Проблеме борьбы с коррозией уделяется большое внимание и в текстильной промышленности [3]. Основным материалом при изготовлении оборудования в текстильной отрасли является сталь. Изучение коррозии стали в производственных условиях и изыскание способов защиты её от коррозии имеют практическую значимость.

Одним из эффективных способов защиты оборудования является ингибированная защита. Она используется в текстильной промышленности, в реакторной технике, летучие ингибиторы используют для защиты от атмосферной коррозии изделий машиностроения, с помощью ингибиторов можно модифицировать полимерные покрытия [4–8].

Существуют технологические среды, которые без использования ингибиторов применять нельзя, например, сильные окислители ракетного топлива, охлаждающие жидкости, применяемые для теплообменной аппаратуры, разработка газовых и нефтяных месторождений, многолетнее хранение техники,

морские перевозки изделий машиностроения на дальние расстояния.

Ингибиторная защита металлов от коррозии базируется на способности некоторых одиночных химических соединений или их смесей при добавлении их в малых количествах в агрессивную среду, вызывающую коррозионные разрушения, резко снижать скорость коррозионного процесса или полностью его замедлять [9–10].

Исследование ингибирующего действия различных химических соединений, в том числе веществ, применяемых в конкретном производстве, является чрезвычайно важной проблемой [11].

Кислоты широко используются при крашении тканей, т. к. входят в состав красильных растворов. В силу своего агрессивного действия они оказывают разрушающее действие на используемое оборудование красильно-отделочных производств. Для защиты металлов от коррозии в кислых растворах применяют органические ингибиторы [12–15]. В последнее время в качестве ингибиторов кислотной стали изучаются красители, которые используются непосредственно в операции крашения [16; 17].

Материалы и методы

Нами исследован ряд красителей в качестве ингибиторов коррозии стали в растворах соляной и серной кислот. Красители являются представителями различных классов: прямые, кислотные, активные, ализариновые. На рисунке 1 приведены структурные формулы исследуемых красителей.

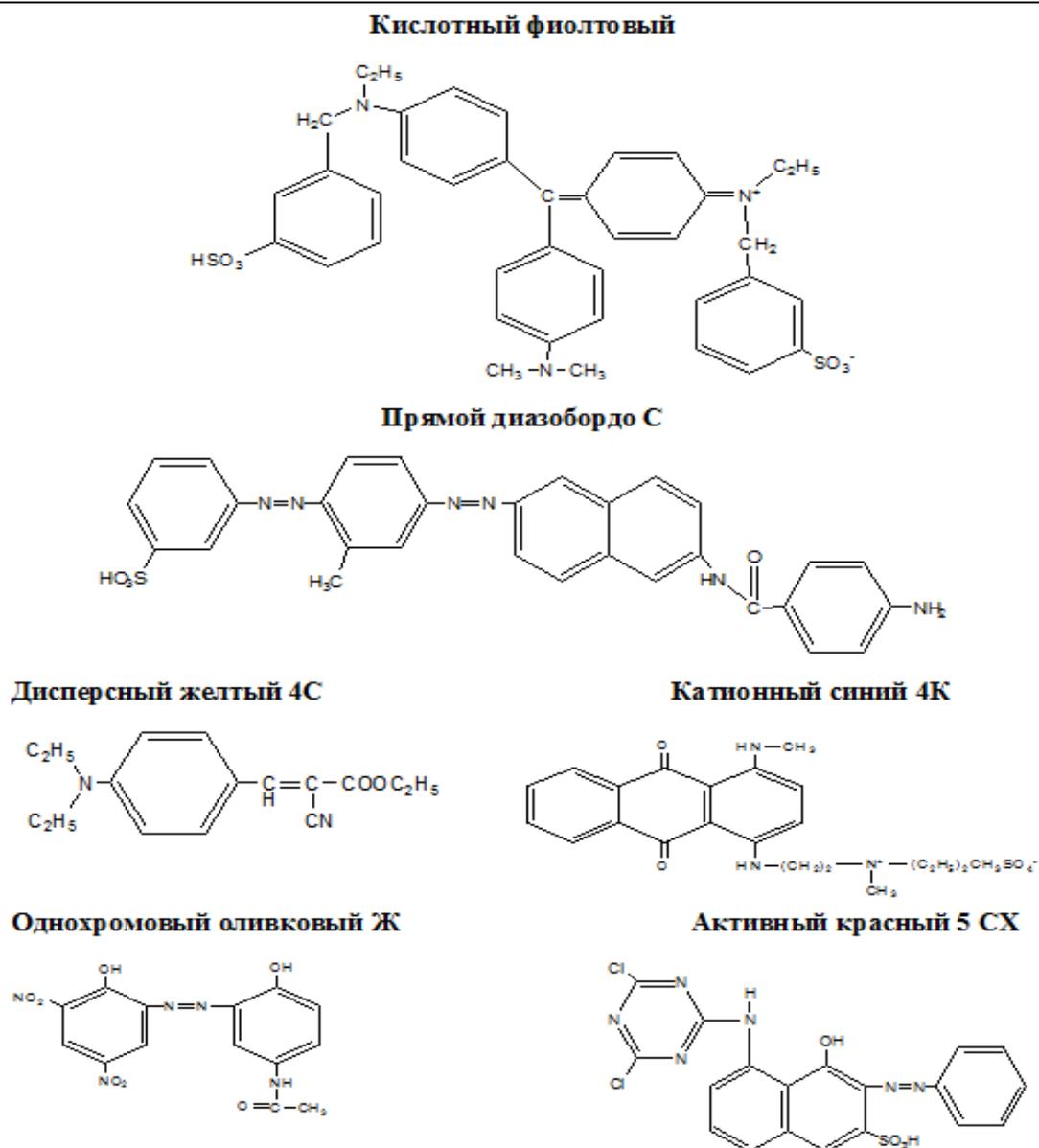


Рис. 1. Структурные формулы исследуемых промышленных красителей

Fig. 1. Structural formulas of the studied industrial dyes

В качестве образцов использовали пластины стали 3 ГОСТ 380-2005, размером $2,0 \times 5,5$ см, площадью поверхности 11 см^2 . Поверхность пластины зачищалась наждачной бумагой, обезжреживалась этиловым спиртом и помещалась в эксикатор на 24 ч. Площадь поверхности определялась путем геометрических измерений.

Исследования проводились на стали 3 в 1 н. растворах соляной и серной кислот, приготовленных из фиксоналов. Для приготовления раствора красителя в мерную колбу объемом 1 л помещалось 100 мл дистиллированной воды, в которую при перемешивании помещался краситель массой 0,1 г. После растворения красителя содержимое колбы разбавлялось водой до метки.

Пластины помещались в 50 мл раствора кислоты без добавки красителя и с добавлением 1 мл раствора красителя приготовленной концентрации. Пластинки металла выдерживались в коррозионной среде в течение 24 ч при температуре 23–25°C. Далее пластины извлекались, промывались водой и высушивались фильтровальной бумагой.

С помощью гравиметрического метода определяли ингибирующий эффект красителей. Для определения потери массы металла вследствие коррозии исследуемые образцы металла взвешивались до и после контакта с агрессивной средой. Скорость коррозии ($\text{г}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$) рассчитывалась по методике, описанной в [18]:

$$V = \Delta m / S \cdot \tau, \quad (1)$$

где Δm – потеря массы образца, г; S – площадь пластинки, см^2 ; τ – время коррозии, мин.

Величина защитного действия определялась по формуле

$$Z = (V_0 - V) / V_0, \quad (2)$$

где V_0 – скорость коррозии в чистой кислоте, $\text{г}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$; V – скорость коррозии в кислоте с добавкой красителя, $\text{г}/\text{см}^2 \cdot \text{мин}$

Ингибирующий эффект рассчитывали по

$$\gamma = V_0 / V. \quad (3)$$

Для выяснения механизма защитного действия красителей по отношению к стали было изучено их взаимодействие с ионами железа (III). Для этого на спектрофотометре УФ-спектрометр "Shimadzu UV-1800" были сняты спектры поглощения растворов красителей, солей железа (III) и их смеси. Исследование взаимодействия красителя с ионами железа проводилось в солянокислой среде. Использованы 0,1 М раствор соляной кислоты, растворы красителей однохромового оливкового Ж и дисперсного желтого 4С с концентрацией 10^{-2} г/л и 0,01 М FeCl_3 .

Результаты и их обсуждение

В таблице 1 приведены величины ингибирующего эффекта использованных промышленных красителей.

Таблица 1. Величина ингибирующего эффекта исследованных промышленных красителей

Table 1. The value of the inhibitory effect of the investigated industrial dyes

Ингибитор / Inhibitor	HCl		H ₂ SO ₄	
	Z, %	γ	Z, %	γ
Кислотный фиолетовый	61,8	2,60	55,3	1,93
Активный красный 5СХ	25,2	1,67	12,9	1,15
Прямой диазобордо С	18,5	3,43	10,3	1,00
Катионный синий 4К	96,6	6,77	91,8	6,55
Дисперсный желтый 4С	87,3	5,67	76,8	5,21
Однохромовый оливковый Ж	36,7	2,23	25,7	1,12

Анализ данных таблицы 1 показал, что при введении небольших количеств красителя они оказывают ингибирующее действие на коррозию стали в кислой среде.

Выявлено, что ингибирующее действие красителя катионного синего 4К в 4 раза превышает этот эффект у красителя активного красного 5СХ в солянокислой среде и в 5,7 раз в сернокислой среде.

Ингибирующее действие красителей можно объяснить тем, что на поверхности металла возникает тонкая пленка органического происхождения, которая изменяет строение двойного слоя и, как

следствие, кинетику электрохимических реакций. Кроме того, частичная изоляция металла от соприкосновения с коррозионной средой затрудняет переход ионов металла из кристаллической решетки в раствор.

Защитный эффект красителей наиболее выражен в растворе соляной кислоты.

Используя методику, описанную выше, было проведено исследование влияния концентрации кислоты на ингибирующее действие красителя. В таблице 2 приведены результаты проведенных исследований.

Таблица 2. Влияние концентрации кислоты на защитное действие красителя (Z)

Table 2. Influence of acid concentration on the protective action of the dye (Z)

Ингибитор / Inhibitor	Величина защитного действия красителя Z, % / The value of the protective action of the dye Z, %			
	Концентрация HCl / concentration HCl		Концентрация H ₂ SO ₄ / Concentration H ₂ SO ₄	
	1 н.	2 н.	1 н.	2 н.
Кислотный фиолетовый	61,8	60,1	55,3	51,1
Активный красный 5СХ	25,2	22,2	12,9	6,2
Прямой диазобордо С	18,5	14,9	10,3	8,7
Катионный синий 4К	96,6	92,4	91,8	84,6
Дисперсный желтый 4С	87,3	77,7	76,8	44,0
Однохромовый оливковый Ж	36,7	20,5	25,7	10,1

Анализ результатов показал, что при увеличении концентрации кислоты защитное действие красителя уменьшается. В кислой области катодным процессом при коррозии железа является восстановление ионов водорода, поэтому увеличение концентрации ионов

водорода будет сильно влиять на скорость коррозии, т. к. в кислой среде процесс коррозии контролируется не диффузионными стадиями, а процессом разряда ионов водорода, т. е. при увеличении концентрации ионов водорода ско-

рость коррозии будет замедляться. Анализ результатов таблицы 2 показывает, что концентрации ионов водорода в изучаемых кислотах соотносятся как $\text{СН}^+(1 \text{ н.}) < \text{СН}^+(2 \text{ н.})$, поэтому коррозия быстрее протекает в 1 н. растворах кислот. Такая же закономерность наблюдается при сравнении данных, полученных в соляной и серной кислоте при равных концентрациях.

Исследования зависимости величины защитного действия от времени контакта с агрессивной средой проводились весовым методом в среде соляной

кислоты. Время контакта стальной пластинки и кислоты составляло 24, 144, 288 часа. В таблице 3 приведены результаты проведенных исследований.

Анализ результатов таблицы 3 показал, что защитный эффект красителей изменяется при увеличении времени контакта стали с коррозионной средой.

У красителя кислотного фиолетового после 144 часов происходит снижение ингибирующего эффекта на 29,5%, а после 288 часа – на 37,8%.

Таблица 3. Влияние времени коррозии на защитное действие красителя-ингибитора

Table 3. Influence of corrosion time on the protective action of an inhibitor dye

Ингибитор / Inhibitor	Величина защитного действия красителя Z, % / The value of the protective action of the dye Z, %		
	Время контакта / Contacttime		
	24 часа / 24 hours	144 часа / 144 hours	288 часа / 288 hours
Кислотный фиолетовый	61,8	32,3	24,0
Активный красный 5СХ	25,2	28,9	27,4
Прямой диазобордо С	18,5	25,5	32,7
Катионный синий 4К	96,6	24,1	26,7
Дисперсный желтый 4С	87,3	32,2	31,1
Однохромовый оливковый Ж	36,7	11,1	8,2

Изменение защитного эффекта у исследованных красителей неоднозначно: например, у прямого диазобордо С защитный эффект, наоборот, увеличивается (по сравнению с кислотным фиолетовым) в 1,5–2 раза при увеличении времени контакта с агрессивной средой.

Защитное действие добавки связано с её строением [19]. Сопоставление данных ингибирующего эффекта и структурных формул красителя показывает, что вещества, содержащие азогруппу, оказывают меньшее ингибирующее действие, чем вещества, не имеющие её в своем составе. Не поделённые электрон-

ные пары атомов азота азогруппы красителя способны образовывать с ионом железа (III) прочное комплексное соединение хелатного типа. Красители, не имеющие такой группы в своем составе, либо не взаимодействуют с ионом железа, либо образуются неустойчивые комплексные соединения.

Ранее [20] было выяснено, что краситель прямой диазобордо С реагирует с ионами железа (III) с образованием нового соединения, что приводит к изменению интенсивности и характера светопоглощения. При сливании растворов цвет красителя менялся с розового на синий. Защитное действие этого красителя

невелико. Аналогично краситель прямой диазобордо С вел себя при смешивании его раствора с раствором соли железа (II).

Краситель однохромовый оливковый Ж взаимодействует в кислой среде с ионами железа (III) с образованием нового соединения, что подтверждается изменением спектра поглощения красителя.

На рисунке 2 показаны спектры поглощения красителя однохромового оливкового Ж и его смеси с ионами железа (III) в солянокислом растворе. Защитное действие красителя невелико.

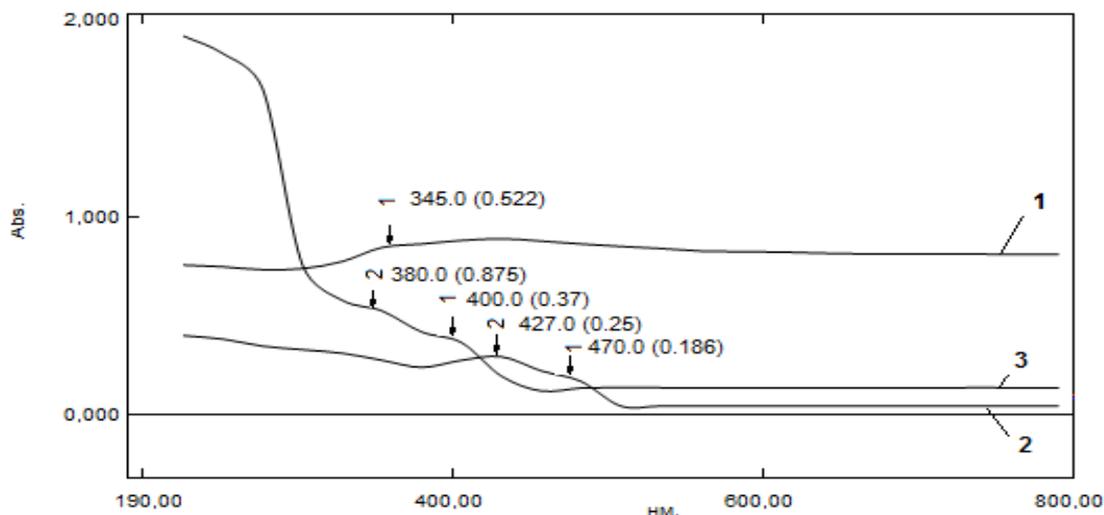


Рис. 2. Спектры поглощения соли FeCl_3 (1), однохромового оливкового Ж (2) и их смеси в 0,1 н. растворе HCl (3)

Fig. 2. Absorption spectra of the salt FeCl_3 (1), single-chromium olive oil (2), and their mixtures in a 0.1 n solution of HCl (3)

Краситель дисперсный желтый не взаимодействует с ионами железа. При сливании растворов красителя и соли Fe^{3+} цвет красителя не меняется. Это подтверждается спектрами поглощения красителя и смеси его с солями железа.

На рисунке 3 приведены спектры поглощения красителя дисперсного желтого и смеси его с солями железа (II) и (III).

Ингибирующий эффект у данного красителя высок.

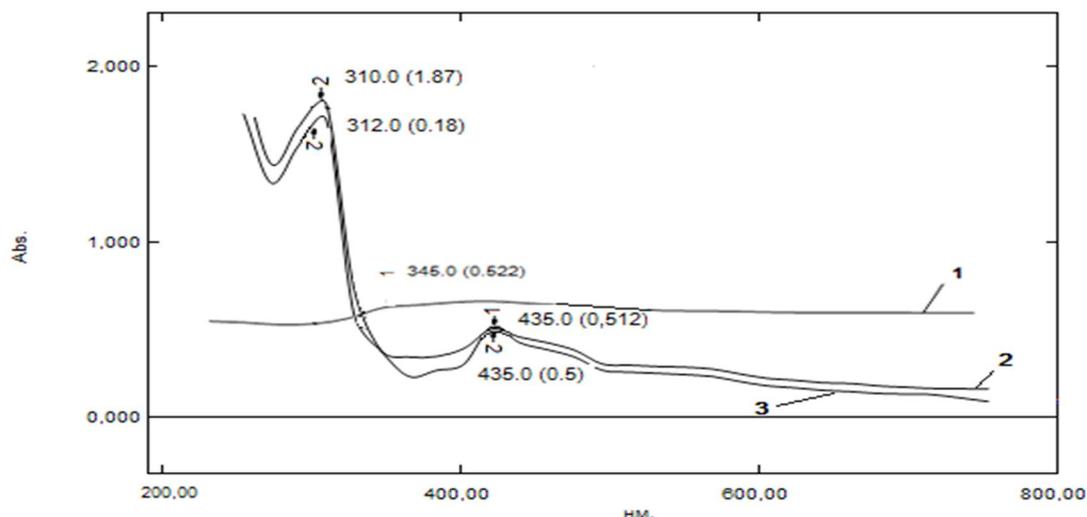


Рис. 3. Спектры поглощения соли с FeCl_3 (1), красителя дисперсного желтого (2) и их смеси в 0,1 н. растворе HCl (3)

Fig. 3. Absorption spectra of the salt with FeCl_3 (1), the dispersed yellow dye (2) and their mixture in a 0.1 n solution of HCl (3)

Выводы

Результаты проведенных исследований показали, что исследуемые промышленные красители являются ингибиторами кислотной коррозии стали 3.

Наибольшее защитное действие имеют красители, в составе которых присутствует атом азота, соединенный с углеводородными радикалами, а наименьшее – в состав которых входит азогруппа, что подтверждается спектрами

поглощения красителей и их смеси с ионами железа. Увеличение концентрации кислоты приводит к снижению защитного действия красителя. С течением времени защитный эффект изменяется неоднозначно. У красителя кислотного фиолетового он снижается на 29,5–37,8%, а у красителя прямого диазобордо С ингибирующее действие, наоборот, с течением времени увеличивается в 1,5–2 раза.

Список литературы

1. Синявский В. С. Новые направления в науке о коррозии // Технология легких сплавов. 2014. № 1. С. 113–117.
2. Косачев В. Б., Гулидов А. П. Коррозия металлов // Новости теплоснабжения. 2002. № 1 (17). С. 34–39.
3. Ингибиторы коррозии (обзор) / Л. А. Козлова, С. В. Сибилева, Д. В. Чесноков, А. Е. Кутырев // Авиационные материалы и технологии. 2015. № 5. С. 67–75.

4. Пат. 2296815 Российская Федерация, МПК С 23 F11/04. Способ ингибиторной защиты нефтепромысловых трубопроводов / Бикчурин И. И., Николаев Е. В., Рамазанов Р. Р. № 2006110601/02; заявл. 04.04.2006; опубл. 10.04.2007.
5. Семенова И. В. Коррозия и защита от коррозии. М.: Физматлит, 2002. 232 с.
6. Коррозионная стойкость оборудования химических производств // Нефтеперерабатывающая промышленность: справочное руководство / А. М. Сухотин, Ю. И. Арчаков [и др.]; под ред. Ю. И. Арчакова. Л.: Химия, Ленингр. отд-ние, 1990. 398 с.
7. Пат. 2452794 Российская Федерация, МПК В 65 D 65/42, С 23 F 11/02. Полимерное ингибированное изделие многоразового применения / Нагиев Э. Х., Трусов В. И. № 2007142916/02; заявл. 22.11.2007; опубл. 10.06.2012.
8. Пат. 2019550 Российская Федерация, МПК С 09 D 5/08, С 23 F 11/14. Способ получения ингибирующего коррозию лакокрасочного материала / Адальберт Б. № 4203177/05; заявл. 26.08.1987; опубл. 15.09.1994.
9. Получение и испытание покрытий на основе олигомеравинилового типа для защиты скважинного оборудования от коррозии / Ю. И. Дивоняк, В. М. Светлицкий, О. А. Иванкив, Ю. Б. Никозять // Техника и технология бурения. 2012. № 10. С. 28–30.
10. Thiophene derivatives as effective inhibitors for the corrosion of steel in 0.5 M H₂SO₄ / М. Bouklah, В. Hammouti, А. Aouniti, Т. Benhadda // Progress in organic coatings. 2004. Vol. 49, no. 3. P. 225–228.
11. Решетников С. М. Ингибиторы. Л.: Химия, Ленингр. отд-ние, 1986. 144 с.
12. The inhibitive effect of some pyridines towards the corrosion of iron in hydrochloric acid solution / А. Aouniti, В. Hammouti, S. Kertit, М. Brighli // Bulletin of electrochemistry. 1998. Vol. 14, no. 6. P. 193–198.
13. New pyrazole derivatives as effective Inhibitors for the corrosion of mild steel in HCl medium / М. Elouafi, В. Hammouti, Н. Oudda, S. Kertit, R. Touzani, А. Ramdani // Anti-corrosion methods and materials. 2002. Vol. 49, no. 3. P. 199–204.
14. Пат. 2487193 Российская Федерация, МПК С 23 F11/04. Ингибитор коррозии металлов в серной и соляной кислотах / Кравцов Е. Е., Вострикова Д. А., Исмаилова Ф. Г., Гибадуллин Р. Ф., Китаева Э. Б., Сычев М. А., Калиев С. Г., Огородникова Н. П., Старкова Н. Н., Кондратенко Т. С. № 2011151252/02; заявл. 14.12.2011; опубл. 10.07.2013.
15. Patent US 6056896, IPC С 09 K8/54, С 09 K8/74, С 23 F 11/04. Metal corrosion inhibitor for use in aqueous acid solutions / М. Brezinski. No. 09/087112; Publication date: 13.05.1997.
16. Авдеев Я. Г., Макарычев Ю. Б., Юрасова Е. Н. Особенности защиты низкоуглеродистой стали в растворах минеральных кислот триаминотрифенилметановыми красителями // Коррозия: материалы, защита. 2020. № 3. С. 23–31. <http://doi.org/10.31044/1813-7016-2020-0-3-23-31>.

17. Авдеев Я. Г., Юрасова Е. Н., Ваграмян Т. А. Защита низкоуглеродистой стали в растворах минеральных кислот кислотными красителями // *Коррозия: материалы, защита*. 2018. № 10. С. 29–37. doi: 10.31044/1813-7016-2018-0-10-29-37.

18. Цзю К. И., Бурыкина О. В. Исследование защитного действия некоторых промышленных красителей в качестве ингибиторов кислотной коррозии стали // *Будущее науки – 2019: сборник научных статей 7-й Международной молодежной научной конференции*. Курск: ЗАО «Университетская книга», 2019. С. 296–299.

19. Вигдорович В. И., Стрельникова К. О. Критерии оценки защитной эффективности ингибиторов коррозии // *Конденсированные среды и межфазные границы*. 2011. Т. 13. № 1. С. 24–28.

20. Бурыкина О. В., Иванов С. А., Кашин Д. Г. Спектрофотометрическое исследование взаимодействия ионов железа (III) с красителем диазбордо С // *Научные исследования, открытия и развитие технологий в современной науке: материалы XX Международной очно-заочной научно-практической конференции*. М.: Империя, 2019. С. 245–247.

References

1. Sinyavsky V. S. *Novye napravleniya v nauke o korrozii* [New directions in the science of corrosion]. *Tekhnologiya legkikh splavov = Light Alloy Technology*, 2014, no. 1, pp. 113–117.

2. Kosachev V. B., Gulidov A. P. *Korroziya metallov* [Corrosion of metals]. *Novosti teplosnabzheniya = News of Heat Supply*, 2002, no. 1, (17). pp. 34–39.

3. Kozlova L. A., Sibileva S. V., Chesnokov D. V., Kutyrev A. E. *Ingibitory korrozii (obzor)* [Corrosion Inhibitors (Overview)]. *Aviatsionnye materialy i tekhnologii = Aviation Materials and Technologies*, 2015, no. 5, pp. 67–75.

4. Bikchurin I. I., Nikolaev E. V., Ramazanov R. R. *Sposobingibitornoj zashchity neftepromyslovykh truboprovodov* [Method of inhibitory protection of oil field pipelines]. Patent RF, no. 2296815, 2007.

5. Semenova I. V. *Korroziya i zashchita ot korrozii* [Corrosion and corrosion protection]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2002. 232 p.

6. Sukhotin A. M., Archakov Yu. I., eds. *Korroziyonnaya stoikost' oborudovaniya khimicheskikh proizvodstv* [Corrosion Resistance of Chemical Equipment]. *Neftepererabatyvayushchaya promyshlennost* [Oil Refining Industry]; ed. by Yu. I. Archakov. Leningrad, Khimiya Publ., Leningr. otd-nie, 1990. 398 p.

7. Nagiev E. Kh., Trusov V. I. *Polimernoe ingibirovannoe izdelie mnogorazovogo primeneniya* [Inhibited polymeric reusable product]. Patent RF, no. 2452794, 2007.

8. Adalbert B. Sposob polucheniya ingibiruyushchego korroziyu lakokrasochnogo materiala [Method for obtaining corrosion-inhibiting paint and varnish material]. Patent RF, no. 2019550, 1987.
9. Divonyak Yu. I., Svetlitsky V. M., Ivankiv O. A., Nikozyat Yu. B. Poluchenie i ispytanie pokrytii na osnove oligomeravinilovogo tipa dlya zashchity skvazhinnogo oborudovaniya ot korrozii [Obtaining and testing a coating based on oligomeravinyl type for protection of downhole equipment against corrosion]. *Tekhnika i tekhnologiya bureniya = Technique and Technology of Drilling*, 2012, no. 10, pp. 28–30.
10. Bouklah M., Hammouti B., Aouniti A., Benhadda T. Thiophene derivatives as effective inhibitors for the corrosion of steel in 0.5M H₂SO₄. *Progress in Organic Coatings*, 2004, vol. 49, no. 3, pp. 225–228.
11. Reshetnikov S. M. Ingibitory [Acid corrosion inhibitors]. Leningrad, Khimiya Publ., Leningr. otd-nie, 1986. 144 p.
12. Aouniti A., Hammouti B., Kertit S., Brighli M. The inhibitive effect of some pyridines towards the corrosion of iron in hydrochloric acid solution. *Bulletin of electrochemistry = Bulletin of Electrochemistry*, 1998, vol. 14, no. 6, pp. 193–198.
13. Elouafi M., Hammouti B., Oudda H., Kertit S., Touzani R., Ramdani A. New pyrazole derivatives as effective Inhibitors for the corrosion of mild steel in HCl medium. *Anti-Corrosion Methods and Materials*, 2002, vol. 49, no. 3, pp. 199–204.
14. Kravtsov E. E., Vostrikova D. A., Ismailova F. G., Gibadullin R. F., Kitaeva E. B., Sychev M. A., Kaliev S. G., Ogorodnikova N. P., Starkova N. N., Kondratenko T. S. Ingibitor korrozii metallov vsenoi i solyanoi kislotakh [Inhibitor of metal corrosion in sulfuric and hydrochloric acids]. Patent RF, no. 2487193, 2013.
15. Brezinski M. Metal corrosion inhibitor for use in aqueous acid solutions. Patent US, no. 6056896, 1997.
16. Avdeev Ya. G., Makarychev Yu. B., Yurasova E. N. Osobennosti zashchity nizkouglerodistoi stali v rastvorakh mineral'nykh kislot triaminotrifenilmetanovymi krasitelyam [Features of protection of low-carbon steel in solutions of mineral acids by triaminotrifenylnmethanedyes]. *Korroziya: materialy, zashchita = Corrosion: Materials, Protection*, 2020, no. 3, pp. 23–31. <http://doi.org/10.31044/1813-7016-2020-0-3-23-31>.
17. Avdeev Ya. G., Yurasova E. N., Vahramyan T. A. Zashchita nizkouglerodistoi stali v rastvorakh mineral'nykh kislot kislotnymi krasitelyami [Protection of low-carbon steel in solutions of mineral acids with acid dyes]. *Korroziya: materialy, zashchita = Corrosion: materials, protection*, 2018, no. 10, pp. 29–37. <http://doi.org/10.31044/1813-7016-2018-0-10-29-37>.
18. Tszyu K. I., Burykina O. V. [The study of the protective effect of some industrial dyes as inhibitors of acid corrosion of steel]. *Budushchee nauki – 2019. Sbornik nauchnykh statei*

7-й Международной молодежной научной конференции [The Future of Science – 2019. Collection of scientific articles of the 7th International Youth Scientific Conference]. Kursk, ZAO "Universitetskaya kniga", 2019, pp. 296–299. (In Russ.)

19. Vigdorovich V. I., Strelnikova K. O. Kriteria otsenki zashchitnoi effektivnosti ingibitorov korrozii [Criteria for assessing the protective effectiveness of corrosion inhibitors]. *Kondensirovannyye sredy i mezhfaznye granitsy = Condensed media and interfaces*, 2011, vol. 13, no. 1, pp. 24–28.

20. Burykina O. V., Ivanov S. A., Kashin D. G. [Spectrophotometric study of the interaction of iron (III) ions with the dye Diazo-Bordeaux]. *Nauchnye issledovaniya, otkrytiya i razvitiye tekhnologii v sovremennoi nauke. Materialy XX Mezhdunarodnoi ochno-zaochnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Scientific research, discoveries and technology development in modern science: materials of the XX international in-person academic workshop]. Moscow, 2019, Imperiya Publ., pp. 245–247. (In Russ.)

Информация об авторе / Information about the Author

Бурькина Оксана Владимировна, кандидат химических наук, доцент кафедры фундаментальной химии и химической технологии, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация,
e-mail: buoksana@yandex.ru
ORCID: 0000-0003-3023-8207

Oksana V. Burykina, Cand. of Sci. (Chemical), Associate Professor of the Department of Fundamental Chemistry and Chemical Technology, Southwest State University Kursk, Russian Federation,
e-mail: buoksana@yandex.ru
ORCID: 0000-0003-3023-8207