



**МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ
ЗАЩИТЫ**

**MATERIALS AND EQUIPMENT
FOR CORROSION PROTECTION**

doi: 10.31615/j.corros.prot.2021.102.4-3.

**Изучение особенностей подбора
эффективных ингибиторов коррозии для различных кислот**

Л.Ф. Давлетшина, Л.И. Толстых, К.А. Потешкина, В.Д. Котехова, А.Н. Галкина✉

Российский государственный университет (национальный исследовательский университет) нефти
и газа имени И.М. Губкина,
РФ, 119991, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 65

e-mail: luchiad@mail.ru

Аннотация. Коррозия является одним из осложнений в процессе кислотной обработки призабойной зоны скважины. Коррозионные разрушения могут приводить к авариям и потере добываемого продукта. Одним из эффективных способов противокоррозионной защиты металлического оборудования является использование ингибиторов коррозии. Преимущественно находят применение катионные поверхностно-активные вещества, поскольку они способны образовывать защитные пленки на поверхности металлов. В данной работе были проведены исследования по определению эффективности промышленных ингибиторов коррозии в соляной и сульфаминовой кислотах в концентрациях 5, 10, 15 (% мас.). В результате установлено, что в соляной кислоте коррозионные разрушения подавляются за счет адсорбции ингибитора на поверхности металла, а в сульфаминовой кислоте протекают конкурирующие процессы адсорбции сульфат-ионов и поверхностно-активных веществ.

Ключевые слова: кислотные обработки, коррозия, ингибиторы коррозии, поверхностно-активные вещества.
Для цитирования: Давлетшина Л.Ф., Толстых Л.И., Потешкина К.А., Котехова В.Д., Галкина А.Н. Изучение особенностей подбора эффективных ингибиторов коррозии для различных кислот // Практика противокоррозионной защиты. – 2021. – Т. 26, № 4. – С. 32-41. doi: 10.31615/j.corros.prot.2021.102.4-3.

Статья получена: 30.09.2021, опубликована 01.12.2021.

Study of the selection of effective corrosion inhibitors for various acids

L.F. Davletshina, L.I. Tolstyh, K.A. Poteshkina, V.D. Kotekhova, A.N. Galkina✉

Russian State University (National Research University) of Oil and Gas named after I.M. Gubkin,
65, Leninsky av., Moscow, 119991, Russian Federation

e-mail: luchiad@mail.ru

Abstract. Corrosion is one of the complications in the acidizing of the bottomhole zone of the well. Corrosion damage can lead to accidents and product loss. One of the most effective ways to protect metal equipment from corrosion is the use of corrosion inhibitors. Cationic surfactants are mainly used because they are capable of forming protective films on the surface of metals. In this work, studies were carried out to determine the effectiveness of industrial corrosion inhibitors in hydrochloric and sulfamic acids in concentrations of 5, 10, 15 (% wt.). As a result, it was found that in hydrochloric acid, corrosion damage is suppressed due to the adsorption of the inhibitor on the metal surface, while in sulfamic acid there are competing processes of adsorption of sulfate ions and surfactants.

Keywords: acid treatments, corrosion, corrosion inhibitors, surfactants.

For citation: Davletshina, L. F., Tolstyh, L. I., Poteshkina, K. A., Kotekhova, V. D., & Galkina, A. N. Study of the selection of effective corrosion inhibitors for various acids. (2021). *Theory and Practice of Corrosion Protection*, 26(4), 32-41. doi:10.31615/j.corros.prot.2021.102.4-3.

Received: September 30, 2021. Published: December 01, 2021.

Введение

Одним из методов интенсификации нефтегазодобычи являются кислотные обработки. С этой целью возможно применение соляной, сульфаминовой, уксусной, лимонной, грязевой и других органических и не-

органических кислот. К достоинствам соляной кислоты можно отнести ее доступность и невысокую стоимость, однако она имеет ряд недостатков, одним из которых является высокая скорость коррозии стали. Использование сульфаминовой кислоты для

проведения кислотных обработок в отечественной практике впервые запатентовал В.А. Амиян в 1971 году [1]. Ее применение позволяет повышать эффективность обработки призабойной зоны пласта за счет меньшей растворяющей способности, при этом скорость коррозии стали при использовании кислотных составов на основе сульфаминовой кислоты в несколько раз ниже, чем для составов на основе соляной кислоты [2].

Существенным фактором, влияющим на работоспособность нефтепромыслового оборудования, является коррозия. Коррозионные повреждения часто являются главными причинами выхода из строя нефтегазового оборудования на объектах транспортировки и хранения составов, используемых для проведения кислотных обработок. В ходе образования продуктов коррозии и их дальнейшей диссоциации в системе появляются ионы железа, что может приводить к образованию стойких эмульсий, осадков и выпадению солей [3].

Существует большое количество различных методов по предотвращению возникновения коррозии, в частности, применение защитных покрытий, изготовление специальных сплавов, а также электрохимические методы защиты, однако наибольшее применение в промышленности находят ингибиторы коррозии [4]. Широкое применение ингибиторов коррозии в нефтяной и газовой промышленности объясняется тем, что при небольших затратах возможно замедлить коррозионное разрушение эксплуатационного оборудования [5]. Ингибиторы коррозии должны отвечать целому ряду специфических требований, к которым относятся высокий защитный эффект, сохранение высокой эффективности действия в кислотных составах не менее 30 суток, способность не осаждаться в призабойной зоне пласта, хорошая совместимость с другими используемыми реагентами, отсутствие негативного влияния на человека и окружающую среду, а также на дальнейший процесс подготовки и переработки нефти.

Наиболее распространено применение органических ингибиторов кислотной коррозии, так как за счет своих донорно-акцепторных свойств они способны образовывать защитные пленки на поверхности металлов.

В качестве ингибиторов коррозии возможно эффективное использование уротропина или мочевины с аминотриазолом [6], продукта конденсации глиоксаля и тиомочевины [7], продуктов конденсации амина и альдегида с уротропином [8] или тиазолом [9], ингибиторов на основе циклических аминоксидов, тиомочевины и карбамида [10].

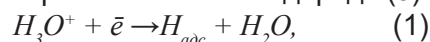
Результаты исследований промышленных ингибиторов коррозии для соляной и сульфаминовой кислоты, проведенных в НОЦ «Промысловая химия», показали, что только одна марка ингибитора (Инвол-2Б) эффективно работала в 5 и 15 (% мас.) растворах сульфаминовой кислоты [11].

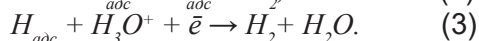
В нашей работе было решено расширить диапазон концентраций кислот, а также более детально изучить процесс протекания коррозии во времени и особенности поведения ингибиторов в кислотных средах.

В качестве образцов металла для проведения коррозионных экспериментов использовались пластины, изготовленные из стали Ст3 [12]. В качестве агрессивной среды были выбраны соляная и сульфаминовая кислоты в концентрациях 5, 10 и 15 (% мас.). Для выполнения исследования использовались шесть промышленных ингибиторов кислотной коррозии: Инвол-2А, Инвол-2Б, Напор КБ, Сонкор-9510К, NJ-100 и ИКУ-128. Все исследуемые ингибиторы являются жидкими водорастворимыми поверхностно-активными веществами катионного типа.

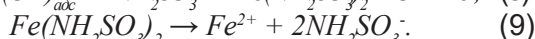
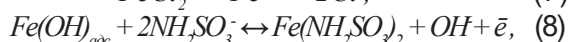
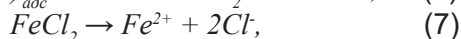
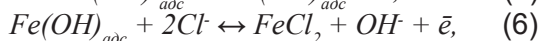
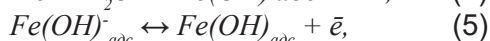
Скорость растворения стали определялась при 21 ± 3 °С гравиметрическим методом согласно ГОСТ 9.506-87. Время выдержки составило 3, 6, 18 и 24 часа. На основании технических положений компаний, работающих в сфере нефтегазодобывающей промышленности, считается, что предельно допустимый уровень коррозии стали Ст3 в ингибированной кислоте при испытании в течение 24 часов и 21 ± 3 °С составляет $0,2 \text{ г/(м}^2 \cdot \text{ч)}$.

Процесс коррозии железа в кислых средах складывается из нескольких параллельно протекающих реакций: катодное выделение водорода и анодное растворение железа. Восстановление водорода состоит из реакции разряда (1), рекомбинации (2) и разряда гидратированного иона водорода (3):





В реакции анодного растворения металлов непосредственное влияние вносят и присутствующие в среде анионы. Так, в соляной и сульфаминовой кислотах, анодная реакция может происходить по следующему механизму (4-9):



Для последующей оценки эффективности действия ингибиторов исследовалась скорость коррозии стали в водных растворах соляной и сульфаминовой кислот в концентрациях 5, 10 и 15 (% мас.) без добавления ингибиторов.

Результаты исследований скорости коррозии стали в соляной кислоте в концентрациях 5, 10 и 15 (% мас.) во времени представлены на рис. 1.

Согласно полученным результатам (рис. 1), скорость коррозии стали растет с повышением концентрации кислоты, что связано с увеличением количества ионов водорода, которые играют роль активаторов коррозионных процессов. Для всех растворов соляной кислоты после 6 часов характерна стабилизация коррозионной активности, что объясняется возможным образованием вторичных труднорастворимых продуктов коррозии, которые защищают поверхность и, соответственно, выравнивают коррозионную активность кислоты [13].

На рис. 2 представлены результаты исследований скорости коррозии стали в водных растворах сульфаминовой кислоты в концентрациях 5, 10 и 15 (% мас.) во времени.

Представленные результаты свидетельствуют, что изменение концентрации сульфаминовой кислоты в пределах 5...15 (% мас.) не влияет на скорость процесса коррозии, что согласуется с данными работы [14]. Также подтверждаются данные о пониженной

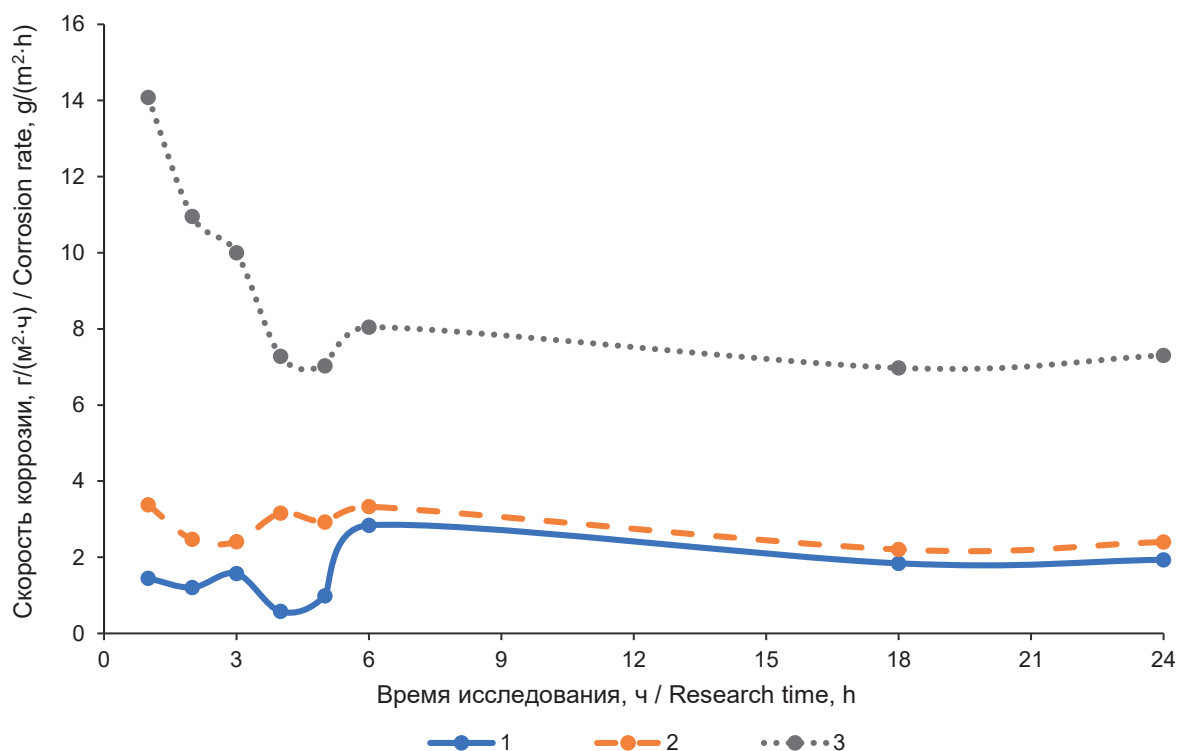


Рис. 1. Скорость коррозии стали в водных растворах соляной кислоты различной концентрации, $t = 21 \pm 3$ °C: 1 – 5% HCl; 2 – 10% HCl; 3 – 15% HCl

Fig. 1. The corrosion rate of steel in aqueous solutions of hydrochloric acid of various concentrations, $t = 21 \pm 3$ °C: 1 – 5% HCl; 2 – 10% HCl; 3 – 15% HCl

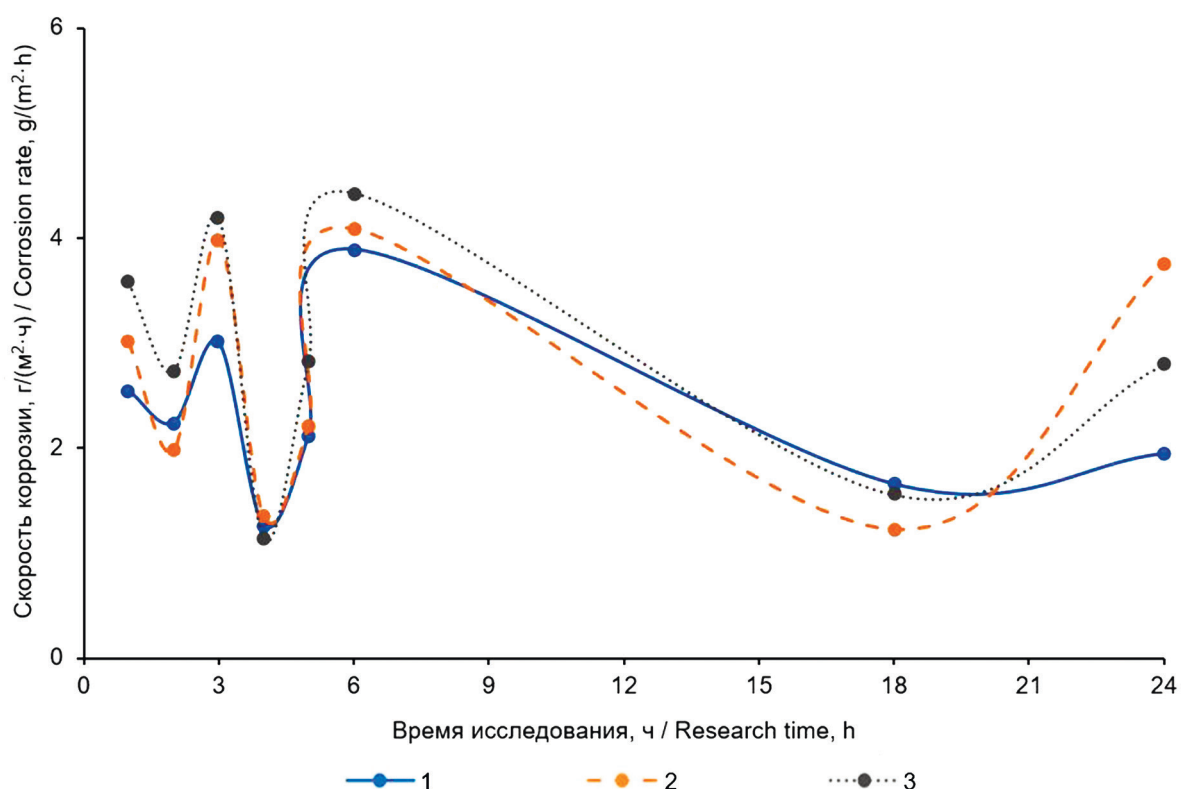


Рис. 2. Скорость коррозии стали в водных растворах сульфаминовой кислоты различной концентрации, $t = 21 \pm 3$ °C: 1 – 5% $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$; 2 – 10% $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$; 3 – 15% $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$

Fig. 2. The corrosion rate of steel in aqueous solutions of sulfamic acid of various concentrations, $t = 21 \pm 3$ °C: 1 – 5% $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$; 2 – 10% $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$; 3 – 15% $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$

коррозионной активности кислоты: скорость коррозии стали в растворах 15% мас. сульфаминовой кислоты (рис. 2) в несколько раз меньше, чем в 15% мас. соляной (рис. 1). Характер протекания процесса может быть также обусловлен присутствием продуктов коррозии и специфическими свойствами сульфаминовой кислоты. Процессы адсорбции и десорбции продуктов коррозии, происходящие во времени, приводят к постоянному изменению значений скорости коррозии стальных образцов (прослеживается на рис. 2 в диапазоне 1...6 часа исследований). Сульфамат-ионы, за счет неподеленной электронной пары у атома азота, образуют донорно-акцепторные связи с железом [15], способны адсорбироваться на поверхности металла и проявлять анодный эффект снижения скорости коррозии, что соответствует данным, представленным в материалах [16].

Для анализа влияния поверхностно-ак-

тивных ингибиторов на скорость коррозии, исследуемые ингибиторы были добавлены в кислотные растворы в концентрациях, рекомендованных производителями. Время исследований для данной серии экспериментов составило 24 часа. На рис. 3 представлены полученные результаты при добавлении ингибиторов в соляную кислоту.

Результаты, представленные на рис. 3 показали, что все выбранные промышленные ингибиторы снижают скорость коррозии стали во всех концентрациях соляной кислоты до предельно допустимого значения (0,2 г/м²·ч). Для Инвол-2А, Инвол-2Б, Напор-КБ и Сонкор-9510К наблюдается снижение ингибирующего действия с ростом концентрации кислоты. Защитный эффект исследуемых ингибиторов представлен в табл. 1.

Известно [17], что одним из требований к ингибиторам коррозии является обеспечение защитного эффекта не ниже 94%. Полу-

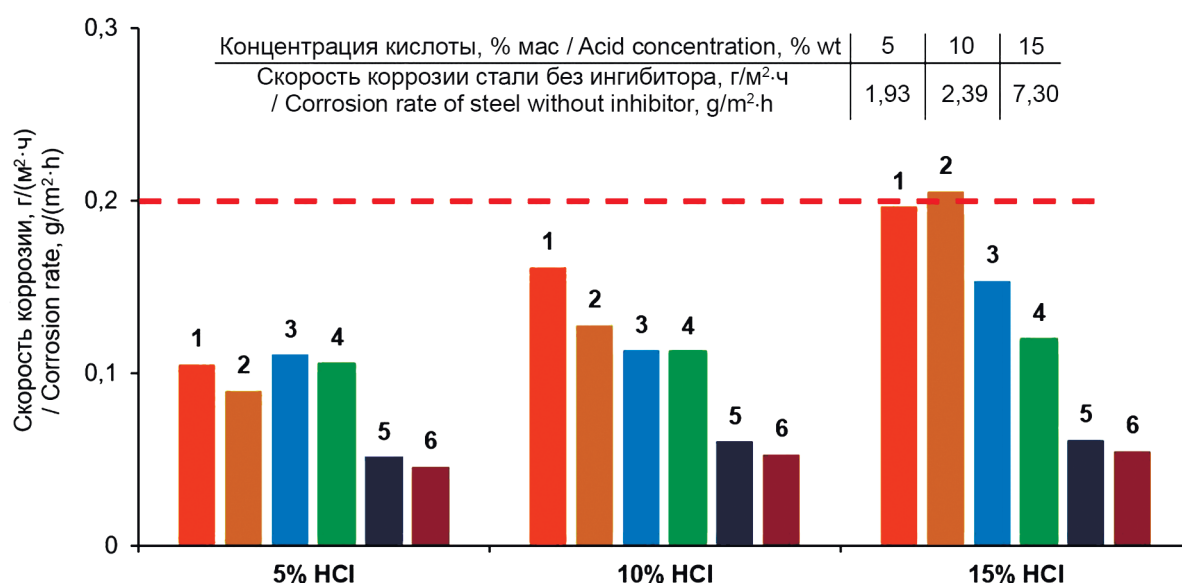


Рис. 3. Скорость коррозии стали Ст3 в водных растворах HCl различной концентрации в присутствии ингибиторов, $\tau = 24$ часа, $t = 21 \pm 3$ °C: 1 – 1% Инвол-2А; 2 – 0,5% Инвол-2Б; 3 – 0,5% Напор-КБ; 4 – 0,3% Сонкор-9510К; 5 – 0,5% NJ-100; 6 – 0,5% ИКУ-128

Fig. 3. Corrosion rate of St3 steel in HCl solutions of various concentrations in the presence of inhibitors, $\tau = 24$ hours, $t = 21 \pm 3$ °C: 1 – 1% Invol-2A; 2 – 0,5% Invol-2B; 3 – 0,5% Napor-KB; 4 – 0,3% Sonkor-9510K; 5 – 0,5% NJ-100; 6 – 0,5% IKU-128

Таблица 1. Защитный эффект ингибиторов в соляной кислоте ($\tau = 24$ часа, $t = 21 \pm 3$ °C)

Table 1. Protective effect of inhibitors in hydrochloric acid ($\tau = 24$ hours, $t = 21 \pm 3$ °C)

Ингибитор / Inhibitor	Защитный эффект, % / Protective effect, %		
	5% HCl	10% HCl	15% HCl
Инвол-2А / Invol-2A	95,62	96,08	97,31
Инвол-2Б / Invol-2B	91,77	91,65	93,94
Напор-КБ / Napor-KB	95,39	94,14	97,9
Сонкор 9510К / Sonkor 9510K	96,64	95,23	95,51
NJ-100	97,86	96,88	99,16
ИКУ-128 / IKU-128	98,09	97,26	99,25

ченные результаты свидетельствуют, что все исследуемые ингибиторы, кроме Инвол-2Б, обеспечивают требуемую эффективность.

На рис. 4 представлены полученные результаты определения скорости коррозии стали Ст3 в присутствии ингибиторов в

сульфаминовой кислоте.

Защитный эффект исследованных ингибиторов представлен в табл. 2. В сульфаминовой кислоте (рис. 4, табл. 2) положительный результат во всех концентрациях показал, как и ранее [11], только ингибитор

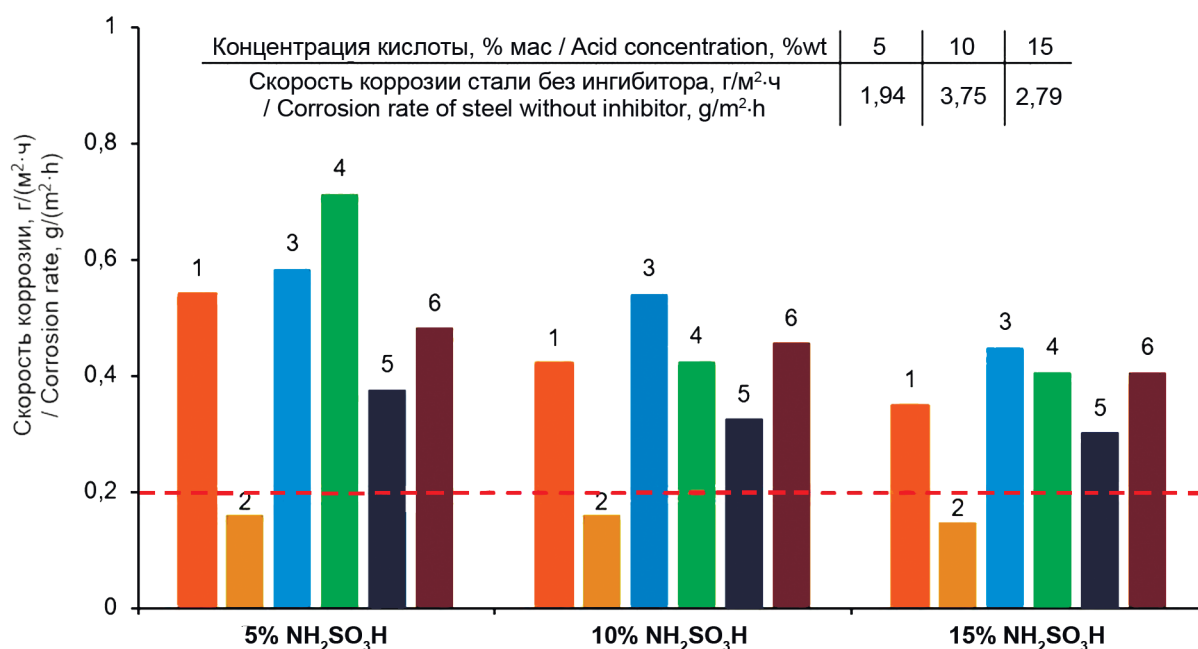


Рис. 4. Скорость коррозии стали Ст3 в растворах $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$ различной концентрации в присутствии ингибиторов, $\tau = 24$ часа, $t = 21 \pm 3$ °C: 1 – 1% Инвол-2А; 2 – 0,5% Инвол-2Б; 3 – 0,5% Напор-КБ; 4 – 0,3% Сонкор-9510К; 5 – 0,5% NJ-100; 6 – 0,5% ИКУ-128

Fig. 4. Corrosion rate of St3 steel in $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$ solutions of various concentrations in the presence of inhibitors, $\tau = 24$ hours, $t = 21 \pm 3$ °C: 1 – 1% Invol-2A; 2 – 0,5% Invol-2B; 3 – 0,5% Napor-KB; 4 – 0,3% Sonkor-9510K; 5 – 0,5% NJ-100; 6 – 0,5% IKU-128

Таблица 2. Защитный эффект ингибиторов в сульфаминовой кислоте ($\tau = 24$ часа, $t = 21 \pm 3$ °C)

Table 2. Protective effect of inhibitors in sulfamic acid ($\tau = 24$ hours, $t = 21 \pm 3$ °C)

Ингибитор / Inhibitor	Защитный эффект, % / Protective effect, %		
	5% HCl	10% HCl	15% $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$
Инвол-2А / Invol-2A	72,18	88,74	87,46
Инвол-2Б / Invol-2B	94,19	96,27	97,22
Напор-КБ / Napor-KB	69,92	85,55	83,91
Сонкор 9510К / Sonkor-9510K	63,33	88,67	85,44
NJ-100	80,68	91,32	89,20
ИКУ-128 / IKU-128	75,20	87,83	85,48

коррозии Инвол-2Б, предназначенный для снижения коррозионной активности серной кислоты.

Дальнейшие исследования были прове-

дены для серии ингибиторов Инвол-2. Был изучен характер протекания процесса ингибирования во времени в соляной (ингибитор Инвол-2А) (рис. 5) и сульфаминовой (инги-

битор Инвол-2Б) (рис. 6) кислотах.

Полученные результаты показали, что Инвол-2А значительно снижает скорость коррозии металла в соляной кислоте (рис. 1, рис. 5). Согласно адсорбционной теории действия замедлителей коррозии [18], между ингибитором и ингибирующим материалом происходит электростатическое или химическое взаимодействие, и ингибитор закрепляется на металлической поверхности, что позволяет тормозить коррозионный процесс. Катионные поверхностно-активные вещества в процессе кислотной коррозии замедляют стадию разряда, и она становится лимитирующей. Влияние катион-активных ингибиторов на скорость коррозии объясняется тем, что при их адсорбции на металле затрудняется проникновение ионов гидроксония к поверхности металла и их разряд. Стабилизация скорости коррозии достигается после 18 часов контактирования агрессивной среды с металлом. Через 24 часа все значения скоростей коррозии достигают требуемой величины (для 5% мас. HCl скорость коррозии составила $0,11 \text{ г/(м}^2\cdot\text{ч)}$),

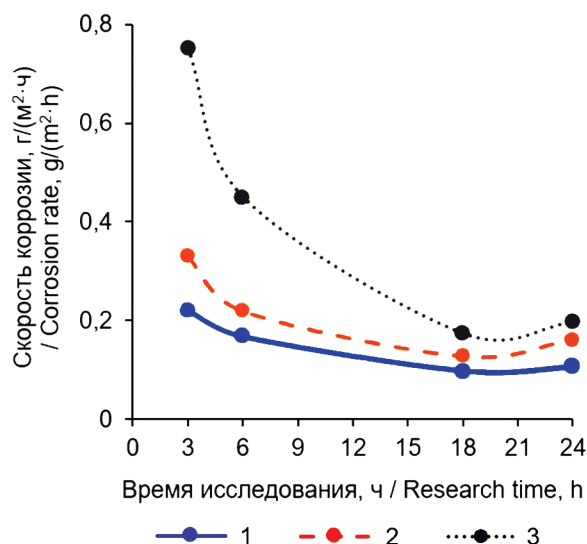


Рис. 5. Зависимость скорости коррозии стали Ст3 в различных концентрациях HCl в присутствии ингибитора от времени, конц. Инвол-2А 1,0% мас., $t = 21 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$: 1 – 5% HCl ; 2 – 10% HCl ; 3 – 15% HCl

Fig. 5. Dependence of the corrosion rate of St3 steel in various concentrations of HCl in the presence of an inhibitor on time, conc. Invol-2A 1.0% wt., $t = 21 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$: 1 – 5% HCl ; 2 – 10% HCl ; 3 – 15% HCl

для 10% мас. HCl – $0,16 \text{ г/(м}^2\cdot\text{ч)}$, для 15% мас. HCl – $0,19 \text{ г/(м}^2\cdot\text{ч)}$, что свидетельствует о наибольшей адсорбции поверхностно-активных веществ и, соответственно, уменьшении влияния ионов гидроксония на коррозионный процесс.

Инвол-2Б, единственный из выбранных замедлителей коррозии, показал эффективность в сульфаминовой кислоте, концентрация для него выбрана максимально рекомендованная – 0,5% мас. На рис. 6 представлена зависимость скорости коррозии стали Ст3 в ингибированной сульфаминовой кислоте от времени.

Из рис. 6 видно, что зависимость коррозионной активности сульфаминовой кислоты от концентрации неоднозначна, так же, как и при исследовании скорости коррозии стали в неингибированной сульфаминовой кислоте (рис. 2). В присутствии ингибитора коррозионная активность кислоты значительно снижается во всем диапазоне концентраций NH_2SO_3H . Через 3 часа

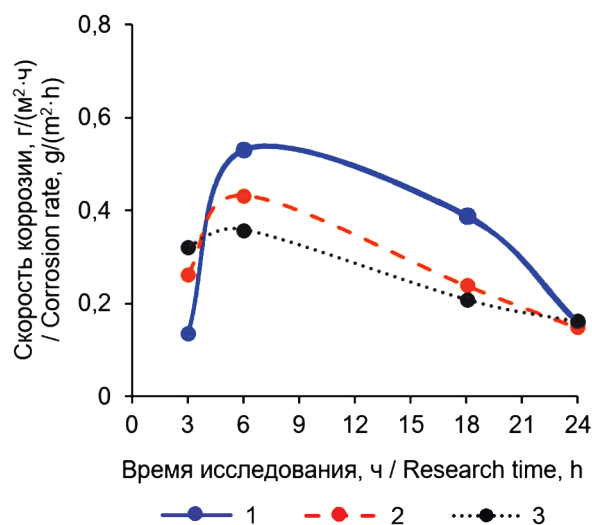


Рис. 6. График зависимости скорости коррозии стали Ст3 в различных концентрациях NH_2SO_3H в присутствии ингибитора от времени, конц. Инвол-2Б – 0,5% мас., $t = 21 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$: 1 – 5% NH_2SO_3H ; 2 – 10% NH_2SO_3H ; 3 – 15% NH_2SO_3H

Fig. 6. Graph of the dependence of the corrosion rate of steel St3 in various concentrations of NH_2SO_3H in the presence of an inhibitor on time, conc. Invol-2B – 0,5% wt., $t = 21 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$: 1 – 5% NH_2SO_3H ; 2 – 10% NH_2SO_3H ; 3 – 15% NH_2SO_3H

исследований наблюдается классическое поведение кислоты – с ростом её концентрации увеличиваются значения скорости коррозии. Как уже было упомянуто, сульфамат-ионы способны замедлять скорость растворения металла. При повышении концентрации сульфаминовой кислоты увеличивается их количество и по истечении 6 часов в 15 (% мас.) кислоте это может приводить как к большей адсорбции сульфамат-ионов на металлической поверхности, так и к большему взаимодействию кислоты с поверхностно-активным веществом. В результате образуются комплексные соединения, которые прочнее закрепляются на поверхности металла, обеспечивая таким образом большую защиту металла от коррозионных разрушений. Через 24 часа достигается наибольшее покрытие поверхности металла образующимися продуктами коррозии, адсорбированными сульфамат-ионами и молекулами ингибитора, в связи с этим обеспечивается снижение скорости коррозии до предельно допустимой нормы (0,2 г/м²·ч).

Выводы

На процесс ингибирования коррозионной активности кислот влияет множество различных факторов. В присутствии ингибиторов снижение коррозионной активности соляной кислоты достигается за счет адсорбции поверхностно-активного вещества (ингибитора). Снижение коррозионной агрессивности сульфаминовой кислоты происходит за счет совместного действия кислоты и ингибитора. В солянокислотных составах анионы кислоты играют роль активаторов коррозии, в то время как в сульфаминовой кислоте, напротив, сульфамат-ионы способствуют подавлению коррозионного разрушения.

Литература

1. Амиян В.А., Уголев В.С., Шалинов В.П. Способ кислотной обработки скважины // А.с. 314883 СССР, МКИ E21 B43/27. опубл. 21.09.71.
2. Силин М.А., Магадова Л.А., Давлетшина Л.Ф. [и др.] Особенности свойств сульфаминовой кислоты, повышающие эффективность кислотных обработок // Нефтяное хозяйство. – 2021. – № 1. – С. 44-47. doi 10.24887/0028-2448-2021-1-44-47.
3. Силин М.А. Магадова Л.А., Толстых Л.И. и др. Промысловая химия. – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2016. – 350 с.
4. Мукалдисов Н.И., Фархутдинова А.Р., Елпидинский А.А. Методы борьбы с коррозией и преимущества ингибиторной защиты нефтепромышленного оборудования // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – № 3.
5. Гафаров Н.А., Гончаров А.А., Кушнаренко В.М. Коррозия и защита оборудования сероводородсодержащих нефтегазовых месторождений. – М.: Недра, 1998. – 437 с.
6. Кузнецов Ю.И., Авдеев Я.Г., Зель О.О. Ингибитор кислотной коррозии металлов // Пат 2539129 РФ С23F 11/04. Приоритет от 19.01.2015. Опубликовано 10.01.2015.
7. Фаткуллин Р.Н., Ахмадеева Г.И., Миниханова Э.А., Япрынцева О.А. Способ получения ингибитора кислотной коррозии // Пат 2518829 РФ С23F 11/04. / Приоритет от 03.12.2012. Опубликовано 10.06.2014.
8. Кравцов Е.Е., Бурлак И.А., Касьянов Р.О., Фоменко О.П., Старкова Н.Н., Огородникова Н.П., Кондратенко А.П. Ингибитор коррозии металлов в серной, соляной и ортофосфорной кислотах // Пат 2385362 РФ С23F 11/04. Приоритет от 22.12.2008. Опубликовано 27.03.2010.
9. Кравцов Е.Е., Кинжиева Э.Н., Аптекарь М.Д., Редичкина А.М., Шагилов Т.В., Старкова Н.Н., Огородникова Н.П. Ингибитор коррозии металлов в серной и соляной кислотах // Пат 2398915 РФ С23F 11/04. Приоритет от 03.06.2009. Опубликовано 10.09.2010.
10. Михель К., Нельс Э., Хабередег Т., Келлер А. Замедляющая коррозию композиция для цветных металлов // Пат 2483009 РФ, МПК C10M141/10. № 2008150626/040. Приоритет от 23.05. 2006. Опубликовано 27.05.2013.
11. Силин М.А. и др. Изучение работы современных ингибиторов коррозии в кислотных системах // Практика противокоррозионной защиты. – 2016. – № 4. – С. 22-30.
12. ГОСТ 380-2005. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки (с Изменением N 1). – М.: Стандартинформ, 2009.
13. Бalezин С.А. Отчего и как разрушаются металлы. Пособие для учащихся. Изд. 3-е, перераб. – М.: Просвещение, 1976. – 160 с.

14. Амиан В.А., Уголев В.С., Кузнецов Г.Н. Результаты исследования коррозии металла в растворах сульфаминовой кислоты // Нефтяное хозяйство. – 1969. – № 10. – С. 62-65.

15. Даниловская Л.П., Крымская Р.С. Ингибиторы коррозии металлов. Методические указания. – СПб.: СПбГМТУ, 2017. – 34 с.

16. Амиан В.А. Физико-химические методы увеличения производительности скважин / В.А. Амиан, В.С. Уголев. – М.: Недра, 1970. – 280 с.

17. Глущенко В.Н. Нефтепромысловая химия: Изд. В 5-ти томах. – Т. 4. Кислотная обработка скважин – М.: Интерконтакт Наука, 2010. – 703 с.

18. Хайдаров Г.Р. Ингибиторы коррозии для защиты нефтепромыслового оборудования // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – Вып. 6. – С. 26-28.

Reference

1. Amiyan, V. A., Ugolev, V. S. *Method for acidizing wells*. A.S. 314883 USSR, MKI E21 B43 / 27; publ. 09/21/71.

2. Silin, M. A., Magadova, L. A., Davletshina, L. F., Davletov, Z. R., & Poteshkina, K. A. (2021). Particularities of sulfamic acid properties increasing the effectiveness of acid treatments (Russian). *Neftyanoe khozyaystvo-Oil Industry*, (01), 44-47.

3. Silin, M. A., Magadova, L. A. and etc. (2016). *Field chemistry*. Moscow: Publishing Center of the Russian State University of Oil and Gas (NRU) named after I.M. Gubkin.

4. Mukatdisov, N. I., Farkhutdinova, A. R., & Elpidinsky, A. A. (2014). Corrosion control methods and the benefits of inhibitor protection of oilfield equipment. *Bulletin of Kazan Technological University*, 17 (3).

5. Gafarov, N. A., Goncharov, A. A., & Kushnarenko, V. M. (1998). *Corrosion and protection of equipment in hydrogen sulfide oil fields*. Moscow: Nedra.

6. Kuznetsov, Yu. I., Avdeev, Ya. G., & Zel, O. O. Inhibitor of acid corrosion of metals. Patent 2539129 RF C23F 11/04; publ. on 01/10/2015.

7. Fatkullin, R. N., Akhmadeeva, G. I., Minnikhanova, E. A., & Yaprntseva, O. A.

(2014). *Method for producing acid corrosion inhibitor*. Patent 2518829 RF C23F 11/04. Publ. on June 10, 2014.

8. Kravtsov, E. E., Burlak, I. A., Kasyanov, R. O., Fomenko, O. P., Starkova, N. N., Ogorodnikova, N. P., & Kondratenko, A. P. *Corrosion inhibitor of metals in sulfuric, hydrochloric and orthophosphoric acids*. Patent 2385362 RF C23F 11/04. Publ. on March 27, 2010.

9. Kravtsov, E. E., Vostrikova, D. A., Ismailova, F. G., Gibadullin, R. F., Kitaeva, E. B., Sychev, M. A., & Kondratenko, T. S. (2013). *Corrosion inhibitor of metals in sulfuric and hydrolic acids*. Patent 2398915 RF C23F 11/04. Publ. on 09/10/2010.

10. Michel, K. Nels, E. Habereder, T. & Keller, A. *Corrosion-inhibiting composition for non-ferrous metals* // Pat 2483009 RF, IPC S10M141 / 10. No. 2008150626/040. Publ. on May 27, 2013.

11. Silin, M. A., Magadova, L. A., Davletshina, L. F., Pakhomov, M. D., Timerbulatova, Yu. M., & Samsonenko, E. A. (2016). Study of the work of modern corrosion inhibitors in acid systems. *Theory and Practice of Corrosion Protection*. (4), 22-30.

12. *Carbon steel of ordinary quality*. Stamps (with Amendment No. 1) (2009). GOST 380-2005. Moscow: Standartinform.

13. Balezin, S. A. (1976). *Why and how metals are destroyed*. M.: Education.

14. Amiyan, V. A., Ugolev, V. S., & Kuznetsov, G. N. (1969). Results of research on metal corrosion in sulfamic acid solutions. *Oil industry*, (10), 62-65.

15. Danilovskaya, L. P., Crimean, R. S. (2017). *Metal corrosion inhibitors. Methodical instructions*. St. Petersburg: SPbGMTU.

16. Amiyan, V. A. (1970). *Physicochemical methods for increasing well productivity*. Moscow: Nedra.

17. Glushchenko, V. N. (2010). *Oilfield chemistry*: Ed. In 5 volumes. V. 4. Acid well treatment. Moscow: Interkontakt Nauka.

18. Khaidarova, G. R. (2014). Corrosion inhibitors for the protection of oilfield equipment. *Modern problems of science and education*, (6), 286-286.

Информация об авторах

Давлетшина Люция Фаритовна, к.т.н., доцент кафедры технологии химических веществ для нефтяной и газовой промышленности, Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва, Российская Федерация

Толстых Лариса Ивановна, к.х.н., доцент кафедры технологии химических веществ для нефтяной и газовой промышленности, Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва, Российская Федерация

Потешкина Кира Анатольевна, к.т.н., доцент кафедры технологии химических веществ для нефтяной и газовой промышленности, Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва, Российская Федерация

Котехова Виктория Дмитриевна, м.н.с. отделения научного центра мирового уровня «Рациональное освоение запасов жидких углеводородов планеты» Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва, Российская Федерация

Галкина Александра Николаевна, магистрант кафедры технологии химических веществ для нефтяной и газовой промышленности, Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва, Российская Федерация

Information about authors

Luciya F. Davletshina, Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Chemical Substances for the Oil and Gas Industry, Russian State University of Oil and Gas (NRU) named after I.M. Gubkin, Moscow, Russian Federation

Larisa I. Tolstykh, Ph.D. in Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Chemical Substances for the Oil and Gas Industry, Russian State University of Oil and Gas (NRU) named after I.M. Gubkin, Moscow, Russian Federation

Kira A. Poteschkina, Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Chemical Substances for the Oil and Gas Industry, Russian State University of Oil and Gas (NRU) named after I.M. Gubkin, Moscow, Russian Federation

Viktoriia D. Kotekhova, junior scientist branch of the world-class scientific center «Rational development of the planet's liquid hydrocarbon reserves» Russian State University of Oil and Gas (NRU) named after I.M. Gubkin, Moscow, Russian Federation

Alexandra N. Galkina, graduate student of the Department of Technology of Chemical Substances for the Oil and Gas Industry, Russian State University of Oil and Gas (NRU) named after I.M. Gubkin, Moscow, Russian Federation

В.И. Вигдорович, Л.Е. Цыганкова, Н.В. Шель,
Л.Г. Князева, А.Н. Зазуля

Защита металлов от атмосферной коррозии масляными покрытиями

Объем издания: 14,5 п.л. (232 стр.)

Стоимость 520 руб.

В монографии обобщены литературные данные и результаты собственных исследований авторов, проводимых ими более пятнадцати лет и касающихся кинетики реакции восстановления растворенного кислорода и анодной ионизации металлов под тонкими пленками влаги и защитных неметаллических покрытий на основе товарных и отработанных нефтяных и синтетических масел.

Приводится классификация и свойства широкого круга защитных неметаллических составов. Рассматриваются атмосферная коррозия некоторых конструкционных материалов, защитные свойства композиций, содержащих полиамиды, безоксидная пассивация стали азотсодержащими соединениями – компонентами масляных фаз, результаты многолетних промышленных испытаний эффективности некоторых антикоррозионных покрытий подобного рода.

Впервые в отечественной литературе приводятся подобные данные для поли- α -олефиновых синтетических масел и их тонких поверхностных пленок на основе Мобил-1. Сообщаются вязкостнотемпературные и реологические характеристики неингибированных и ингибированных защитных масляных композиций и тонких пленок, их влаго- и кислородопроницаемость и структура.

Рассматривается кинетика электродных процессов на углеродистой стали, покрытой масляными пленками в нейтральных и кислых хлоридных средах с изменяющейся и постоянной ионной силой. Оцениваются кинетические параметры электродных реакций в подобных условиях.