

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИНГИБИТОР КОРРОЗИИ И НАВОДОРОЖИВАНИЯ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ Ст3 В СРЕДАХ, СОДЕРЖАЩИХ H₂S И CO₂

В.И. Вигдорович¹, С.Е. Синютина²

*Кафедра «Неорганическая и физическая химия наноматериалов»,
ГОУ ВПО «ТГТУ» (1); кафедра «Органическая и биологическая химия»,
ГОУ ВПО «ТГУ им. Г.Р. Державина» (2)*

Представлена членом редколлегии профессором В.И. Коноваловым

Ключевые слова и фразы: коррозия; наводороживание; сероводород; сталь; углекислый газ; универсальный ингибитор.

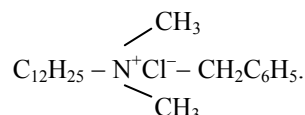
Аннотация: Рассмотрена защитная эффективность диметилалкилбензил-аммонийхлорида (Ст3) в сероводородных (50...500 мг/л H₂S), углекислотных ($P_{\text{CO}_2, \text{равн}}$ 0,5...2 ат) и комплексных (H₂S + CO₂) средах, влияние его на кинетику парциальных электродных реакций и диффузию водорода через стальную мембрану.

Введение

Оптимальным решением проблемы обеспечения промышленности эффективными и дешевыми, экологически чистыми ингибиторами коррозии и наводороживания металлов является разработка замедлителей широкого спектра действия, работающих уже в малых концентрациях. Для удобства введения в коррозионную среду их часто растворяют в смешанных органических растворителях (толуоле, неоле, метаноле и т.д.) [1], что отнюдь не улучшает экологическую обстановку. В настоящей работе в качестве добавки универсального действия изучен 20 %-й водный раствор диметилалкилбензиламмонийхлорида (ДМБАХ).

Методика эксперимента

Фоновыми являлись 0,005 М HCl, раствор NaCl (50 г/л) и модель пластовой воды (М) (в г/л: NaCl – 163, CaCl₂ – 17, MgCl₂·6H₂O – 16, CaSO₄·2H₂O – 0,14). насыщение растворов углекислым газом осуществляли непосредственно из баллона. Избыточное давление CO₂ (0,5...2 атм) создавалось в пластмассовых сосудах с герметичными крышками, снабженными ниппельными клапанами, по методике [2]. Сероводород вводился в растворы посредством взаимодействия рассчитанного количества Na₂S с HCl. В качестве ингибитора использовали водный раствор ДМБАХ



Исследования проведены на стали Ст3. Методика гравиметрических испытаний – традиционная [3], их продолжительность – 24 ч. Защитное действие рассчитывалось по формуле $Z = [(K_0 - K_{инг})/K_0]100\%$ (K_0 и $K_{инг}$ – скорости коррозии стали в неингибированных и ингибированных растворах). Коэффициент торможения коррозии $\gamma_{кор} = K_0/K_{инг}$. Для оценки мгновенных скоростей коррозии стали использовали коррозиметр «Картек 00025», работающий по методу линейного поляризационного сопротивления, с трехэлектродными датчиками. Потенциостатические измерения (потенциостат П-5827м) проведены на неподвижном электроде в трехэлектродной ячейке с разделенными шлифом анодным и катодным пространствами. Электрод сравнения – хлоридсеребряный, вспомогательный – гладкая платина. Потенциалы пересчитаны по н.в.ш., атмосфера – воздух. Коэффициенты торможения анодной γ_a и катодной γ_k электродных реакций рассчитывали при сдвиге от $E_{кор}$ на 20 мВ по формуле: $\gamma_j = i_j^0/i_j$, где i_j^0 и i_j – плотности анодного или катодного тока в отсутствии и в присутствии ингибитора соответственно. Водородопроницаемость стальной мембраны изучали по методу Батракова, согласно [4], продолжительность опытов – 2 ч. Коэффициент подавления диффузионной способности водорода γ_H ($\gamma_H > 0$) находили из соотношения $\gamma_H = i_H^0/i_H$, где i_H^0 и i_H – поток твердофазной диффузии через мембрану соответственно в системах без ингибитора и с ним. Если особо не оговорено, температура – комнатная.

Экспериментальные результаты

Введение в фоновые растворы добавок сероводорода и углекислого газа изменяет pH раствора. Для оценки pH рабочих растворов получено уравнение

$$[H^+] = \frac{K_W}{[H^+]} - \frac{[CO_2]_{ж} K_{a,c}^I}{[H^+](1 + 2K_{a,c}^{II,c})} - \frac{[H_2S]_{исх} \left(\frac{1 + 2K_{a,S}^{II}}{[H^+]} \right)}{\left(1 + \frac{[H^+]}{K_{a,S}^I \left(1 + 0,34 \frac{V_{г}}{V_{ж}} \right)} \right)} + \frac{K_{a,S}^{II}}{[H^+]} = 0,$$

где $K_{a,c}^I$ и $K_{a,S}^I$ – соответственно константы диссоциации H_2CO_3 и H_2S ; $V_{г}$ и $V_{ж}$ – объемы газовой и жидкой фазы. В данных на рис. 1 их отношение принято равным 1. При одновременном введении в раствор CO_2 и H_2S величины pH при $P_{CO_2} = \text{const}$ (см. рис. 1) практически не зависят от C_{H_2S} , снижаясь по мере возрастания давления CO_2 .

В исследуемых средах на поверхности стали формируются пленки различной природы. Согласно электронографической оценке [5, 6], структура сульфидов зависит от содержания H_2S в среде. При его концентрации менее 2,0 мг/л сульфидная пленка представлена главным образом троилитом FeS и пиритом или марказитом FeS_2 . $C_{H_2S} > 20$ мг/л ведет к образованию кансита Fe_9S_8 с весьма несовершенной кристаллической решеткой. Посредством рентгеноструктурного анализа продуктов коррозии в растворах HCl при избыточном давлении CO_2 $1 \cdot 10^5$ Па на поверхности стали обнаружен Fe_3O_4 и следы Fe_2O_3 . В средах, насыщенных CO_2 , дополнительно наблюдается $FeCl_2$; в нейтральных минерализованных средах – Fe_3O_4 и $FeCO_3$; в присутствии H_2S – FeS и FeS_2 . Пленки являются де-

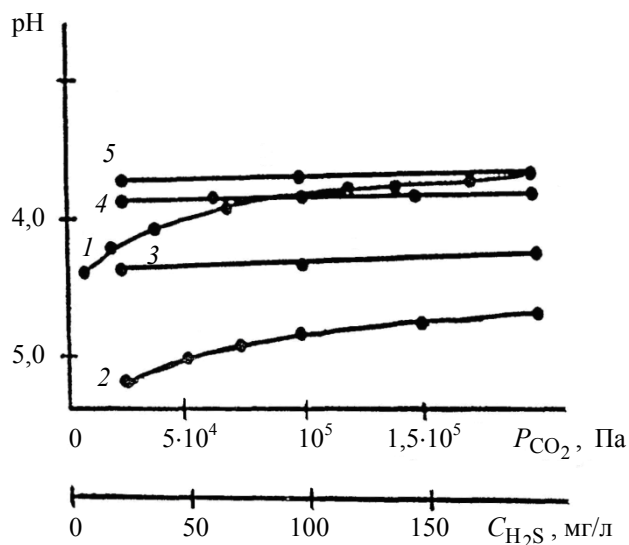


Рис. 1. Зависимость pH растворов от парциального давления CO₂ в газовой фазе и равновесной концентрации сероводорода в растворе:

1 – $\text{pH} = f(P_{\text{CO}_2})$ при $C_{\text{H}_2\text{S}} = 0$; 2 – $\text{pH} = f(C_{\text{H}_2\text{S}})$ при $P_{\text{CO}_2} = 0$;

3 – $\text{pH} = f(C_{\text{H}_2\text{S}})$ при $P_{\text{CO}_2} = 0,1013 \cdot 10^5$ Па; 4 – $\text{pH} = f(C_{\text{H}_2\text{S}})$ при $P_{\text{CO}_2} = 1,1013 \cdot 10^5$ Па;

5 – $\text{pH} = f(C_{\text{H}_2\text{S}})$ при $P_{\text{CO}_2} = 2,026 \cdot 10^5$ Па

дефектными, иначе бы во времени резко замедлялась скорость коррозии стали К, чего экспериментально не наблюдается.

В присутствии H₂S в фоновом электролите в первые часы эксперимента мгновенная (коррозиметр) скорость коррозии незначительно снижается, затем растет. Это обусловлено формированием слоя сульфидов, первоначально стимулирующих коррозионный процесс. ДМБАХ снижает мгновенную скорость коррозии (рис. 2, а) Z ингибитора в первые часы эксперимента нестабильно, при увеличении продолжительности опыта до 24 ч – растет (рис. 2, б). 25 мг/л ДМБАХ стимулируют коррозию; лишь при продолжительном эксперименте появляется ингибирующее действие. С увеличением C_{инг} растет Z.

Защитное действие ингибитора повышается с ростом концентрации H₂S и в присутствии CO₂, достигая при C_{инг} 200 мг/л (40 мг/л активной формы) 88...94 % (табл. 1). Увеличение избыточного давления CO₂ также приводит к росту Z (рис. 3).

В рамках формальной теории ингибирования кислотной коррозии показано, что основными эффектами, приводящими к снижению скорости коррозии при введении ингибиторов, являются блокировочный и энергетический. Решая уравнения $Z = 1 - i_{\text{инг}}/i$, $Z = \theta$ (блокировочный эффект) и $\lg \gamma = 0,43k\theta$ (энергетическое торможение) совместно с уравнениями адсорбции Темкина и Ленгмюра, легко получить: для экранирующего действия на равномерно-неоднородной поверхности $Z = a + 2,3/f \lg C$; для энергетического действия на равномерно-неоднородной поверхности $\lg \gamma = 0,43ak + k/f \lg C$; для энергетического действия на однородной поверхности $1/\lg \gamma = 1/k + 1/kbC$ и, наконец, для экранирующего действия на однородной поверхности $1/Z = 1/bc + 1$. Линейная зависимость в соответствующих координатах, в первом приближении, свидетельствует о механизме ингибирования и характере неоднородности поверхности.

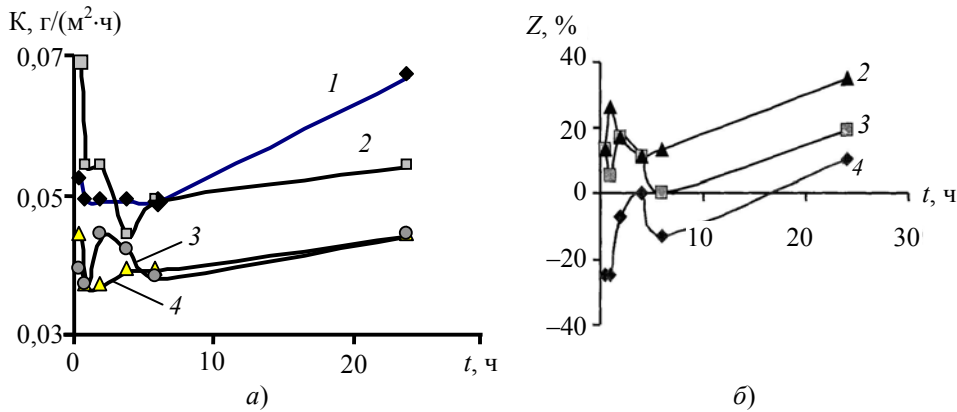


Рис. 2. Мгновенная скорость коррозии стали и защитное действие ингибитора в растворах NaCl (50 г/л), содержащих 50 мг/л H₂S при C_{инг}, мг/л: 1 – 0; 2 – 25; 3 – 50; 4 – 100

Таблица 1

Влияние концентрации ингибитора на его защитное действие (Z, %) в растворах NaCl (50 г/л), содержащих H₂S и CO₂

C _{инг} , мг/л	Состав раствора					
	50 мг/л H ₂ S	500 мг/л H ₂ S	50 мг/л H ₂ S + 1,6 г/л CO ₂	500 мг/л H ₂ S + 1,6 г/л CO ₂	50 мг/л H ₂ S + 1 атм CO ₂	500 мг/л H ₂ S + 1 атм CO ₂
25	44	62	48	77	30	87
50	45	63	61	78	42	88
100	70	74	70	84	64	91
200	73	87	83	88	74	94

Примечание. Продолжительность эксперимента 24 часа.

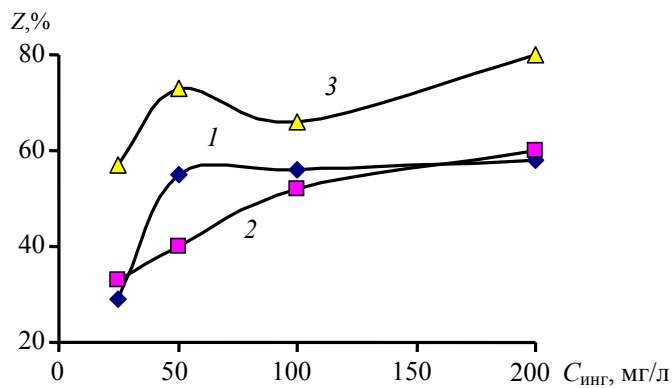


Рис. 3. Зависимость защитного действия ингибитора в растворах NaCl (50 г/л) от его концентрации и равновесного давления CO₂ при P(CO₂): 1 – 0,5; 2 – 1; 3 – 2

Практически во всех изученных средах ингибитор оказывает энергетическое действие в условиях равномерно-неоднородной поверхности стали (рис. 4). Линейная связь в координатах $Z - \lg C$ характерна для растворов NaCl (50 г/л), содержащих 500 мг/л H₂S и дополнительно 1,6 г/л CO₂ (1 атм CO₂), в координатах $Z - \lg C$, что указывает на экранирующее действие на равномерно-неоднородной поверхности.

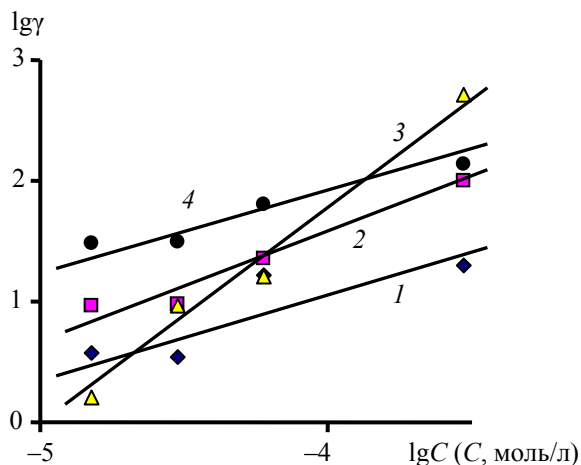


Рис. 4. Зависимость коэффициента торможения γ ингибитора от логарифма его концентрации в растворах NaCl (50 г/л), содержащих 50 (1, 3) и 500 (2, 4) мг/л H_2S , 1,6 г/л CO_2 (3, 4)

В сероводородсодержащих средах при повышении температуры растворов до 50 °С защитная эффективность добавки несколько снижается. В присутствии H_2S и CO_2 одновременно, эффект зависит от C_{H_2S} (табл. 2).

В молекуле ДМБАХ у атома азота, участвующего в образовании четырех ковалентных связей, отсутствует неподеленная электронная пара. Так как молекула ингибитора имеет бензольное кольцо, специфическая адсорбция возможна за счет его π -электронов и d -орбиталей железа. Рост Z с температурой (50 г/л H_2S , 1,6 г/л CO_2) предполагает весомый вклад специфической адсорбции (см. табл. 2). Снижение же защитного действия при повышении температуры свидетельствует о сдвиге равновесия *адсорбция* \leftrightarrow *десорбция* вправо. Таким образом, условия адсорбции ингибитора и механизм его действия зависят от природы коррозионной среды и от природы поверхностных сульфидных или карбонатных пленок, образующихся в подобных средах на поверхности стали.

Согласно электрохимическим измерениям, в растворах NaCl с C_{H_2S} 50 мг/л действие ДМБАХ на парциальные электродные реакции заметно лишь при $C_{инг} \geq 500$ мг/л. Добавка увеличивает $E_{кор}$ стали за счет замедления ее анодного растворения (рис. 5). Влияние ингибитора на катодный процесс зависит от состава коррозионной среды. В присутствии H_2S или CO_2 (см. рис. 5, а, б) он облегчает катодную реакцию, при одновременном присутствии стимуляторов коррозии (см. рис. 5, в) – замедляет ее.

Таблица 2

Скорость коррозии стали Ст 3 и защитное действие ингибитора (500 мг/л) в растворе NaCl (50 г/л), содержащем H_2S и насыщенном CO_2 (1,6 г/л)

Добавка	C_{H_2S} , мг/л	50		500	
		K	Z	K	Z
–		<u>0,034</u>	<u>73</u>	<u>0,02</u>	<u>87</u>
		0,47	71	0,448	76
CO_2		<u>0,0145</u>	<u>93</u>	<u>0,08</u>	<u>88</u>
		0,0237	96	0,62	29

Примечание. Числитель – 20 °С, знаменатель – 50 °С, продолжительность опыта при 20 °С – 24 ч, при 50 °С – 4 ч.

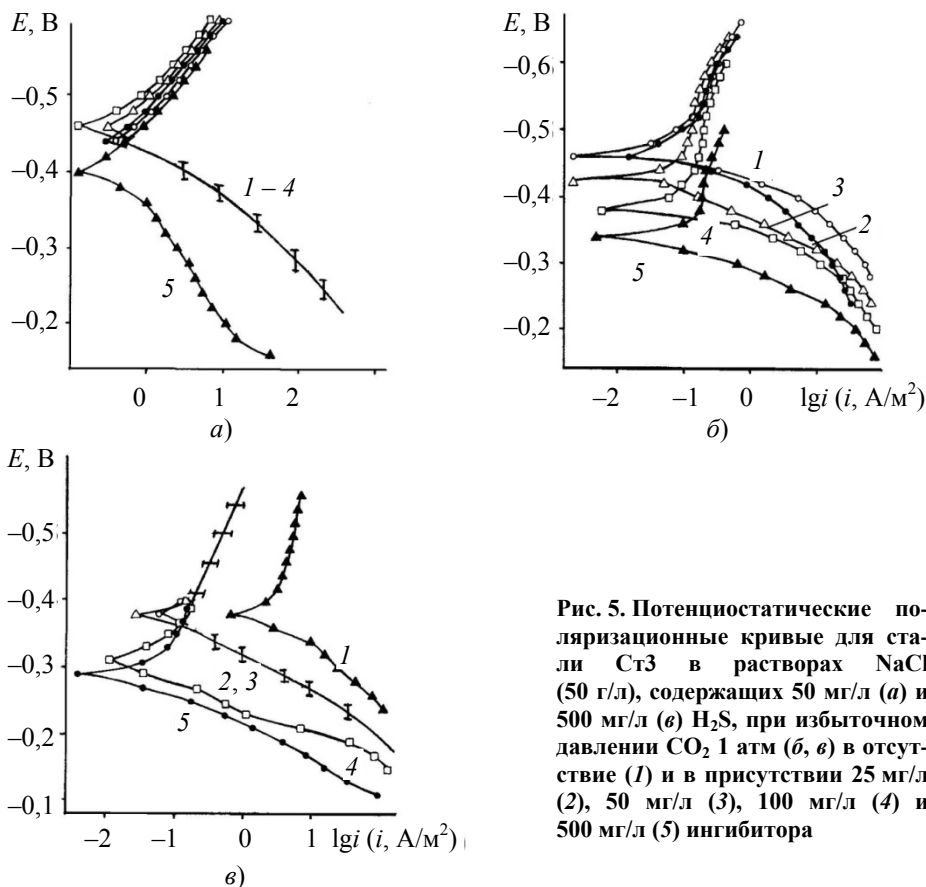


Рис. 5. Потенциостатические поляризационные кривые для стали Ст3 в растворах NaCl (50 г/л, содержащих 50 мг/л (а) и 500 мг/л (б) H₂S, при избыточном давлении CO₂ 1 атм (б, в) в отсутствие (1) и в присутствии 25 мг/л (2), 50 мг/л (3), 100 мг/л (4) и 500 мг/л (5) ингибитора

При одновременном присутствии в растворе H₂S и CO₂ (1 атм) ДМБАХ тормозит обе парциальные электродные реакции, причем эффективность замедления растет с увеличением концентрации добавки (табл. 3); $Z_{эл}$ удовлетворительно соответствуют данным гравиметрических измерений. В сероводородсодержащих растворах, насыщенных CO₂, ингибитор замедляет анодное растворение металла и восстановление окислителя-деполяризатора в меньшей степени. Величина $Z_{эл}$ ниже, чем по данным гравиметрических измерений. Вероятно, что за время электрохимических измерений в данных условиях не успевает сформироваться защитный слой ингибитора.

Для изучения эффекта последействия подготовленный электрод был погружен в дистиллированную воду на сутки, затем на нем без дополнительной зачистки проводили поляризационные измерения в растворе NaCl, содержащем H₂S. Далее тот же электрод зачищали, выдерживали в воде с ингибитором (500 мг/л), и использовали для снятия ПК в том же электролите, что и в первом опыте. Так как на поверхности электрода, покрытой сульфидными [5] либо карбонатными пленками, условия адсорбции ингибитора меняются, в следующей серии экспериментов электроды выдерживали не в воде, а в фоновом электролите, в свежей порции которого затем поляризовали электрод.

$i_{эл}$ после выдержки в фоновом растворе в течение суток ниже, чем для электродов, экспонировавшихся в воде (табл. 4). На стали, предварительно выдержанной в воде и в растворе NaCl, содержащем 500 мг/л H₂S, ингибитор тормозит обе парциальные электродные реакции; после выдержки в растворе NaCl с

Таблица 3

Зависимость коэффициентов торможения анодной γ_a и катодной γ_k парциальных электродных реакций и защитного действия ингибитора $Z_{эл}$, %, рассчитанных при $E_{кор}$

Состав раствора	Параметры	$C_{инг}$, мг/л			
		25	50	100	500
500 мг/л H_2S , 1 атм CO_2	γ_a	13	28	28	36
	γ_k	17	13	71	125
	$Z_{эл}$, %	92	93	98	99
500 мг/л H_2S , 1,6 г/л CO_2	γ_a	1,0	1,8	2,1	3,4
	γ_k	1	1	2	2
	$Z_{эл}$, %	30	33	47	56

Таблица 4

Величины $i_{эл}$, γ_a и γ_k электродных реакций и $Z_{эл}$, % при $E_{кор}$ в растворах NaCl (50 г/л)

Состав раствора	Параметры	Условия предварительной выдержки электрода		
		Дистиллированная вода	NaCl + + 50 мг/л H_2S	NaCl + + 500 мг/л H_2S
500 мг/л H_2S	$i_{эл}$, А/м ²	1,32/0,65*	0,55/0,29	0,46/0,42
	γ_a	2,5	1,9	1,2
	γ_k	1,9	0,6	1,0
	$Z_{эл}$, %	50	47	9
500 мг/л H_2S , 1,6 г/л CO_2	$i_{эл}$, А/м ²	–	0,17/0,18	0,33/0,36
	γ_a	–	1,5	0,8
	γ_k	–	0,3	1,6
	$Z_{эл}$, %	–	0	0

* Числитель – для электрода, выдержанного в электролите без ингибитора, знаменатель – в присутствии 500 мг/л ингибитора.

$C_{H_2S} = 500$ мг/л – лишь анодный процесс. Величины $Z_{эл}$ свидетельствуют о наличии эффекта последействия, достигающего 50 % для растворов с 50 мг/л H_2S , причем его величина практически не зависит от условий предварительной выдержки электродов (см. табл. 4). В растворе с 500 мг/л H_2S эффект последействия резко снижен.

В растворах NaCl, содержащих H_2S и одновременно насыщенных CO_2 , при $C_{H_2S} = 50$ мг/л тормозится анодная и облегчается катодная реакции (см. табл. 4). При $C_{H_2S} = 500$ мг/л ингибитор оказывает незначительное влияние на оба электродных процесса. Скорости коррозии для электродов, предварительно выдержанных в фоновом электролите и в нем же с ингибитором, практически не различаются.

Таким образом, ДМБАХ наиболее эффективен в сероводородсодержащих средах при избыточном давлении CO_2 1 атм. Эффект последействия характерен для него в средах с невысоким содержанием H_2S .

В фоновых растворах наблюдается усиление наводороживания стали с ростом концентрации H_2S как в растворах, содержащих CO_2 , так и, в большей степени, в его отсутствие. В растворах NaCl , содержащих только H_2S , добавки ДМБАХ увеличивают поток диффузии водорода в сталь ($\gamma < 1$). Эффект имеет место при 50 и 500 мг/л H_2S и усиливается с ростом $C_{\text{инг}}$ (рис. 6, табл. 5). В средах, содержащих одновременно H_2S и CO_2 , ДМБАХ приводит к тому, что $\gamma > 1$. Наиболее эффективен он при низкой концентрации H_2S . Рост $C_{\text{инг}}$ усиливает эффект ингибирования.

В слабокислых средах (0,005 М HCl) ДМБАХ также эффективно замедляет коррозию стали и подавляет ее диффузию водорода в металл (табл. 6).

Возникает вопрос: какой фактор определяет снижение водородопроницаемости стальной мембраны в присутствии ДМБАХ и, более того, какое соединение следует считать ингибитором наводороживания?

В растворах электролитов кинетика разряда сольватированных ионов водорода H^+ , последующая поверхностная диффузия $\text{H}_{\text{адс}}$, молизация с удалением H_2 в газовую фазу и диффузия водорода в металл тесно связаны между собой. Общую схему процесса можно представить следующим образом: первая стадия – разряд (реакция Фольмера)

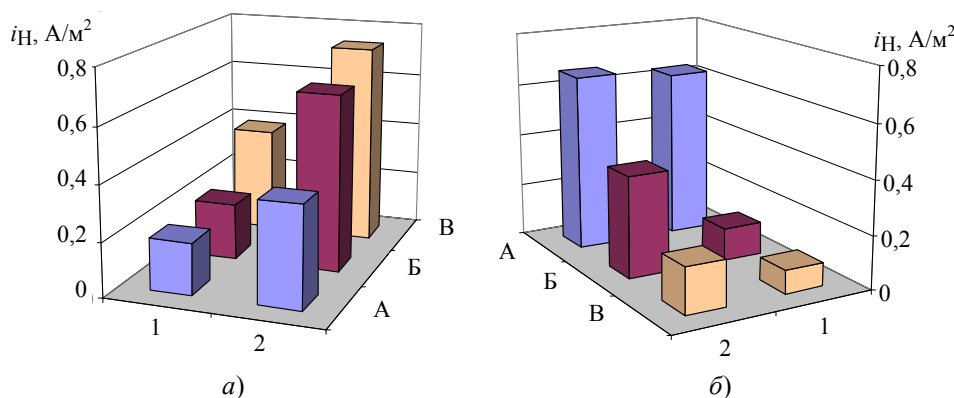


Рис. 6. Величины i_{H} через стальную мембрану в растворах NaCl (50 г/л), содержащих 50 (1) и 500 (2) мг/л H_2S (а, б) и насыщенных CO_2 (1,6 г/л) (б). Продолжительность испытаний 2 часа при $C_{\text{инг}}$, мг/л: А – 0; Б – 25; В – 500

Таблица 5

Зависимость коэффициента γ от концентрации сероводорода в растворах NaCl (50 г/л), содержащих добавки H_2S и насыщенных CO_2 , в присутствии диметилалкилбензиламмонийхлорида

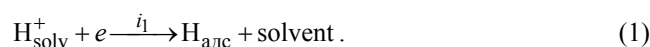
$C_{\text{инг}}$, мг/л	Добавка			
	50 мг/л H_2S	500 мг/л H_2S	50 мг/л H_2S + 1,6 г/л CO_2	500 мг/л H_2S + 1,6 г/л CO_2
25	0,9	0,6	5,2	1,7
500	0,5	0,5	7,3	3,9

Примечание. Продолжительность испытаний 2 часа.

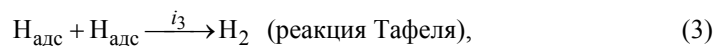
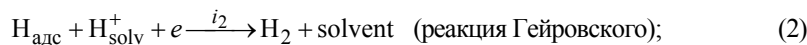
Таблица 6

**Влияние состава раствора на коэффициенты торможения коррозии $\gamma_{кор}$,
анодной γ_a и катодной γ_k парциальных электродных реакций
и наводороживания γ_H в 0,005 М растворах HCl, содержащих
200 мг/л H₂S и 1,6 г/л CO₂ и 200 мг/л ингибитора**

Параметр	Добавка			
	–	CO ₂	H ₂ S	H ₂ S+CO ₂
$\gamma_{кор}$	6,0	8,0	8,1	5,6
γ_a	1,6	3,2	4,6	2,1
γ_k	2,0	2,7	3,3	1,8
γ_H	3,7	2,0	1,2	1,4



Сток $H_{адс}$ возможен как за счет молизации:



так и в результате твердофазной диффузии в металл



где i_j – скорости соответствующих процессов.

Поверхностную концентрацию $H_{адс}$ обычно оценивают степенью заполнения Θ_H . Однако изменение Θ_H однозначно не определяет потока твердофазной диффузии водорода.

Введем коэффициент ρ , определяющий долю водорода, диффундирующего в металл, от его общего стока с поверхности

$$\rho = \frac{i_H}{i_k} = \frac{i_H}{i_H + i_M} ,$$

где $i_H = i_4$, $i_M = i_3$.

В кислых средах при $E_{кор}$ вклад коррозии с кислородной деполяризацией невелик и им, в первом приближении, можно пренебречь. Тогда сумму $i_H + i_M$, близкую при подобном допущении скорости коррозии стали $i_{кор}$, можно найти независимым методом (электрохимические измерения).

Величина ρ , в принципе, может принимать три значения:

- 1) $\rho = 0$ (наводороживание отсутствует);
- 2) $\rho = 1$ (не протекает образование H₂ по стадиям (2) или (3));
- 3) $0 < \rho < 1$ (промежуточный, наиболее часто реализуемый случай).

В неингибированном растворе

$$\rho^0 = \frac{i_H^0}{i_k^0} = \frac{i_H^0}{i_H^0 + i_M^0} .$$

В ингибированном растворе уравнение принимает вид

$$\rho_{и} = \frac{i_{H,и}}{i_{H,и} + i_{M,и}}$$

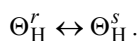
Тогда в результате действия ингибитора

$$\frac{\rho_0}{\rho_{и}} = \frac{i_H^0}{i_H^0 + i_M^0} \frac{i_{H,и} + i_{M,и}}{i_{H,и}}$$

Если $\rho^0/\rho_{и} < 1$ – замедляется преимущественно удаление водорода в газовую фазу, если > 1 , то ингибитор в большей мере тормозит твердофазную диффузию водорода в металл. С этой точки зрения ДМБАХ следует считать ингибитором собственно наводороживания лишь при $\rho^0/\rho_{и} > 1$ (рис. 7).

Согласно [7, 8], существуют две формы адсорбированных атомов водорода H^r (надповерхностная) и H^s (подповерхностная), которые энергетически существенно различаются. За удаление водорода в газовую фазу отвечает H^r , а H^s – за абсорбцию металлом. Соответствующие степени заполнения обозначим через Θ_H^r и Θ_H^s .

Между этими формами существует равновесие, определяемое статистической суммой состояний системы $Me - H_{адс}$ [7]



Если ингибитор способен соадсорбироваться с формой H^r на одних и тех же активных центрах, это приведет к смещению равновесия вправо, снижению величины Θ_H^r и увеличению Θ_H^s , и, следовательно, возрастанию скорости диффузии. Тогда добавка действует как стимулятор наводороживания, хотя одновременно она может не менять или увеличивать скорость катодного восстановления водорода.

Сдвиг равновесия влево, напротив, ингибирует наводороживание и может ускорять реакцию выделения водорода, если она лимитируется скоростью стадии рекомбинации, хотя возможны и более сложные зависимости.

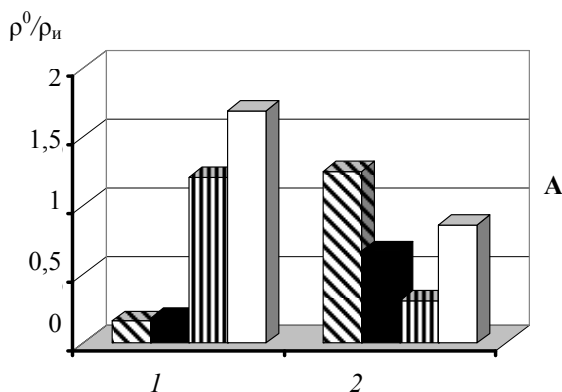


Рис. 7. Значения $\rho^0/\rho_{и}$ в растворах:

1 – NaCl (50 г/л), 500 мг/л H_2S ; $C_{инг}$, мг/л: ▨, ▩ – 25; ■, □ – 500;
 ▨, □ – 1,6 г/л CO_2 ; 2 – 0,005 М HCl, 200 мг/л ингибитора с добавками:
 ▨ – отсутствуют; ■ – 1,6 г/л CO_2 ; ▩ – 200 мг/л H_2S ; □ – 200 мг/л H_2S и 1,6 г/л CO_2

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 08-03-97516.

Список литературы

1. Набутовский, З.А. Проблемы коррозии и ингибиторной защиты на месторождениях природного газа / З.А. Набутовский, В.Г. Антонов, А.Г. Филиппов // Практика противокоррозионной защиты. – 2000. – № 3(17). – С. 53–59.
2. Кузнецов, Ю.И. О регулировании pH низшими аминами при углеродистой коррозии стали / Ю.И. Кузнецов, Н.Н. Андреев, К.А. Ибатуллин // Защита металлов. – 1999. – Т. 35, № 6. – С. 58–60.
3. Романов, В.В. Методы исследования коррозии металлов / В.В. Романов. – М.: Металлургия, 1965. – 280 с.
4. Вигдорович, В.И. Диффузия водорода через стальную мембрану из растворов системы $C_2H_5-OH-H_2O-HCl$: эффект катодной и анодной поляризации / В.И. Вигдорович, М.В. Матвеева // Электрохимия. – 2006. – Т. 42, № 12. – С. 1480–1488.
5. Greco, E. Corrosion of Iron an $H_2S - CO_2 - H_2O$ Sistem / E. Greco, W. Wright // Corrosion. – 1962. – V. 18, № 5. – P. 93–95.
6. Sardisco, J. Corrosion film Protection on Pure Iron / J. Sardisco, W. Wright, E. Greco // Corrosion. – 1963. – V. 19, № 10. – P. 354–356.
7. Хориути, Д. Хемосорбция водорода / Д. Хориути, Т. Тойя // Поверхностные свойства твердых тел / под ред. М. Грина. – М.: Мир, 1972. – С. 11–103.
8. Тойя, Т. Две формы водорода на поверхности металла / Т. Тойя, Т. Ито, И. Иши // Электрохимия. – 1978. – Т. 14, № 5. – С. 703–714.

Universal Inhibitor of Corrosion and Hydrogenization of Carbon Steel St3 in H_2S and CO_2 Containing Media

V.I. Vigdorovich¹, S.E. Sinyutina²

*Department "Non-organic and Physical Chemistry of Nano-materials", TSTU (1);
Department of Organic and Biological Chemistry, TSU after G.R. Derzhavin (2)*

Key words and phrases: carbon dioxide; corrosion; hydrogen sulphure; hydrogenization; universal inhibitor.

Abstract: Protective efficiency of dimethylalkylbenzylammonium chloride (St3) in hydrogen sulphure (50...500 mg/l H_2S), carbon dioxide ($P_{CO_2,eq}$ 0,5...2 at) and complex media ($H_2S + CO_2$) as well as its influence on kinetics of partial electrode reactions and hydrogen diffusion through steel membrane are considered.

Universeller Inhibitor der Korrosion und der Wasserstoffanreicherung des Kohlenstoffstahls St3 in den H_2S und CO_2 enthaltenen Medien

Zusammenfassung: Es ist die Schutzeffektivität des Dimethylalkylbenzyl-Ammoniumchlorides (St3) in den Schwefelwasserstoff- (50...500 mg/l H_2S), Kohlen-säure- ($P_{CO_2,eq}$ gleich 0,5...2 at) und Komplexmedien ($H_2S + CO_2$) die Umgebungen,

seinen Einfluss auf die Kinetik der partialischen Elektrodenreaktionen und auf die Diffusion des Wasserstoffes durch die Stahlmembran untersucht.

Inhibiteur universel de la corrosion et de l'hydrogénation de l'acier carbonique St3 dans les milieux contenant H₂S et CO₂

Résumé: Est examinée l'efficacité protectrice du diméthylalkylbenzylammonium chloride (St3) dans les milieux hydrosulfides (50...500 milligrammes/litres H₂S), carboniques et dioxides ($P_{CO_2,eq}$ égale à 0,5...2 atmosphères) et complexes (H₂S + CO₂), son influence sur la cinétique des réactions partielles d'électrodes et sur la diffusion de l'hydrogène à travers la membrane d'acier.
