УДК 620.193

ЛАБОРАТОРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО ИНГИБИТОРА ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ КОРРОЗИИ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Г.Ф. МИРАЛАМОВ*, Г.Р. ГУРБАНОВ*, С.М. МАММАДЛЫ*, А.В. ГАСЫМЗАДА*

Гравиметрическим методом изучена ингибирующая эффективность ингибитора МАРЗА-1 по отношению к сероводородный и углекислотной коррозии стали Ст3 в модельной пластовой воде MI. Коррозионные испытания проведены в герметичных сосудах емкостью 0,5 л на образцах стали Ст3 размером 30×20×1.

Ингибитор МАРЗА-1 позволяет достичь в среде MI, содержащей сероводород в процессе суточных испытаний скорости коррозии стали порядка 0,04 г/м^2·ч. лишь в концентрации не мене 5 мг/л. Однако с ростом продолжительности испытаний на порядок подобная скорость коррозии наблюдается уже при концентрации ингибитора 3 мг/л. Это же характерно для углекислотной среды и сероводородно-углекислотных растворов.

Ключевые слова: *ингибитор, коррозия, пластовая вода, сероводород, углекислый газ, сталь, имитат.*

Введение. При добыче и транспортировке нефти из-за наличия в ней воды, сероводорода и углекислого газа и возникающей вследствие этого коррозии наносится большой вред нефтепромысловому оборудованию и нефтепроводам. В настоящее время для защиты оборудования от коррозии используются различные неметаллические и металлические покрытия, ингибиторы коррозии и электрохимическая защита [1-5].

Одним из наиболее доступных и экономичных средств борьбы с коррозией нефтепромыслового оборудования является ингибиторная защита [6].

Несмотря на то, что на сегодняшний день разработано большое количество ингибиторов коррозии, ассортимент реагентов, которые эффективно решали бы проблему защиты стали в средах, содержащих как сероводород, так и углекислый газ, а также подавляющие жизнедеятельность сульфат восстанавливающие бактерии (СВБ), весьма органичен [7-9].

Метод противокоррозионной защиты металлов, основанный на использовании ингибиторов коррозии, т.е. химических соединений или их композиций, которые, присутствуя в

* Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

коррозионной системе в достаточной концентрации, уменьшают скорость коррозии металлов без значительного изменения концентрации любого коррозийного реагента, известен давно. Не является исключением и нефтегазовая отрасль, где уже в течение нескольких десятилетий применяются контактные или жидкофазные ингибиторы коррозии [10-12].

Ингибиторы коррозии - это наиболее технологичный и эффективный способ борьбы с коррозией нефтедобывающего оборудования. В связи с этим они нашли широкое применение в нефтяной и газовой промышленности.

Отличительная черта метода защиты конструкции от коррозии с помощью ингибиторов – это возможность при небольших капитальных затратах замедлять их коррозионное разрушение, даже если эти конструкции или оборудование давно находятся в эксплуатации. Кроме того, введение ингибиторов в любой точке технологического процесса может оказать эффективное защитное действие и на оборудование последующих стадий (подготовки и транспортировка продукций) [13-15].

Ингибиторная защита может быть применена как самостоятельный метод защиты от коррозии, а также в сочетание с другими методами – как комплексная защита. Известен довольно широкий ассортимент применяемых в настоящее время при добыче и транспортировке нефти ингибиторов. Однако они не лишены недостатков. Так, например, существуют углеводороды - растворимые ингибиторы только сероводородной коррозии, нерастворимые в воде, а также сероводородной и углекислотой коррозии, углеводороды растворимые, но дающие с водой устойчивую эмульсию; а также существуют водорастворимые и вододиспергируемые ингибиторы. Наличие двух жидких фаз в коррозионных средах нефтяной и газовой промышленности обусловило возможность применения как углеводородрастворимых, так и водорастворимых ингибиторов коррозии. Наиболее распространенные недостатки органических ингибиторов коррозии – это повышенное содержание смол, которые в процессе эксплуатации оборудования оседают на внутренних поверхностях, ухудшая теплопередачу, а иногда и нарушая работу контрольно-измерительных приборов [16-18].

Основным требованием к ингибиторам коррозии является высокая эффективность при низких концентрациях дозирования и невысокой стоимости. Для решения этой проблемы перспективны ингибиторы, формирующие прочно адсорбированные пленки на поверхности металла, обладающие высоким эффектом.

Сероводород и углекислый газ вызывают не только прямое разрушение железа и сталей за счет ионизации металла, но и стимулируют его наводороживание. При протекании реакций на поверхности металла накапливается адсорбированный атомарный водород, который затем рекомбинирует в молекулы и выделяется в виде газа (H_2) или внедряется в металл, вызывая его охрупчивание и коррозионное растрескивание [23-24].

Сероводородная коррозия является причиной двух форм растрескивания: сульфидного коррозионного растрескивания под напряжением (СКРН) и водород-индуцированного растрескивания (ВИР). СКРН, как правило, происходит в сталях большой прочности и твердости (HRC $\geq$ 22) под воздействием напряжений, близких в пределу текучести и превышающих его. ВИР развивается в мягких (HRC $\geq$ 22) малопрочных сталях независимо от величины напряжений в них. Атомарный водород, диффундирующий через металл, рекомбинирует и накапливается в различных дефектах его структуры в виде H_2, создавая высокое давление и высокое внутреннее напряжение [25].

Процесс коррозионного растрескивания имеет общий механизм, основой которого является неравномерное увеличение скорости растворения стали растягивающими напряжениями, вследствие чего зарождение и последующее развитие трещин обусловлено активным протеканием локальных анодных процессов [26].

Твердые и прочные металлы, обладающие незначительной пластичностью, при достижении критической величины напряжений мгновенно хрупко разрушаются. Мягкие и пластичные стали начинают постепенно расслаиваться. При достижении определенных размеров эти локальные расслоения могут соединяться, образуя полости большого объема, лежащие в одной плоскости, либо ступенчато, одна над другой. При развитии расслоения в мягких сталях на небольшой глубине от поверхности образуются водородные пузыри – «блистеры» [25]. Проведена теоретическая оценка величины разрушающих давлений водорода. Полученные величины лежат в интервале 150-200 кгс/см^2.

В [27] исследовании описан процесс наводороживания сталей 70С2ХА и Ст3 в сероводородсодержащих средах. Отмечается, что сталь Ст3 менее подвержена коррозионному разрушению, чем сталь 70С2ХА. Установлено, что углекислый газ не увеличивает количество поглощаемого сталью водорода, но снижает защитные свойства ингибиторов. Абсорбция водорода сталью происходит одинаково эффективно, как в водной, так и в парогазовой фазе. В качестве ингибиторов предложены основания Шиффа и композиции на их основе. Указанные составы замедляют коррозию и наводороживание стали в водной и парогазовой фазах эффективнее, чем промышленные ингибиторы, что объясняется их способностью прочно адсорбироваться на стали и замедлять сопряженные электродные процессы.

Детально исследовано влияние углекислого газа на водородное охрупчивание и сульфидное коррозионное растрескивание под напряжением в кислых средах при pH=4,5 с различным парциальным давлением сероводорода [28]. Обнаружено значительное увеличение проникновения водорода в сталь при совместном присутствии в среде H_2S и CO_2. Влияние углекислого газа снижается при высоких концентрациях сероводорода.

Приведенный анализ литературных источников показывает, что, несмотря на широчайшей ассортимент ингибиторов коррозии отечественного и зарубежного производства, представленных на рынке, проблема защиты металлического оборудования газо- и нефтепромыслов продолжает оставаться актуальной.

На сегодняшний день наиболее перспективным является создание ингибиторов универсального действия, обладающих достаточным защитным эффектом в условиях сероводородной и углекислотной коррозии, которые также снижают процесс наводороживания металла и обладают бактерицидными свойствами по отношению к культуре сульфатредуцирующих бактерий, способных к импортозамещению.

Большое внимание исследователей уделяется разработке летучих ингибиторов коррозии и так называемых ингибиторов «трехфазного» действия, способных защищать сталь в системе нефть - пластовая вода, парогазовая фаза.

Повышения эффективности действия замедлителей можно достичь путем создания смесей контактных и летучих ингибиторов, а также композиций, компоненты которых обладают синергетическим действием в отношении друг друга, что усиливает защиту металла в целом.

Целью настоящей работы является исследование защитного действия и эффективности новых ингибиторов сероводородной и углекислотной коррозии в лабораторных условиях для защиты в реальных условиях нефтепромыслового оборудования.

Методика эксперимента. Коррозионные испытания проводились на образцах стали Ст3 (таблица 1).

Таблица 1

Химический состав стали Ст 3 (%)

Марка	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Fe
Ст3	0,2	0,5	0,15	0,04	0,05	0,30	0,20	0,20	98,36

Образцы стали Ст3 размерами 30×20×1 мм зачищались наждачной бумагой различной дисперсности до блестящей поверхности. После этого образцы тщательно промывали в воде и ацетоне. После обезжиривания последующие операции с образцами проводились с помощью пинцета или фильтровальной бумаги.

Для активации поверхности образца образец погружался на одну минуту в раствор 15 % -ной соляной кислоты, затем тщательно промывался проточной и дистиллированной водой, высушивался фильтровальной бумагой, упаковывался в нее, выдерживался в эксикаторе с влагопоглотителем в течение 24 часов и взвешивался на аналитических весах с погрешностью не более 0,0001 г. [19, 20].

Коррозионные испытания проводились гравиметрическим методом [21] в имитате пластовой воды MI состава г/л: NaCl-17, $NaHCO_3$ – 0,8, $MgCl_2 \times 6H_2O$ – 0,2, $CaCl_2$ -0,2.

Высокоминерализованные среды насыщались сероводородным и углекислым газом раздельно и совместно. Растворы насыщались углекислым газом из баллона высокого давления до 1 избыточной атмосферы. Давление в сосудах контролировали манометрически. Сероводород получили непосредственно в фоновой среде путем введения эквивалентного количества сульфида натрия и соляной кислоты. Концентрацию сероводорода контролировали методом обратного йодометрического титрования [22]. Коррозионные испытания проведены в герметичных сосудах 1 л на образцах стали размером 30×20× мм продолжительностью 24 часов.

В опытах с избыточным давлением углекислого газа использовались пластмассовые сосуды объемом 0,5 л, оборудованные герметичными крышками с ниппельными клапанами и держателями для крепления стальных образцов.

Скорость коррозии рассчитывались по формуле

$$К = \frac{\Delta m}{S \cdot \tau}$$

где Δm - разность масс образцов до и после экспозиции, S - площадь поверхности образцов, τ - время экспозиции.

Коэффициент торможения вычисляли как

$$\gamma = \frac{K_0}{K_{инг}}$$

где $К_0$ - скорость коррозии образца в отсутствии ингибитора, $К_{инг.}$ – скорость коррозии образца в присутствии ингибитора (г/м^2·ч).

Защитная эффективность ингибитора рассчитывались по формуле:

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

где K_0 и К - скорости коррозии в неингибируемых и ингибируемых растворах.

Проницательность коррозии вычисляли по формуле:

$$П_К=1,12\cdot К$$

В качестве ингибитора коррозии исследовали МАРЗА-1. Точный химический состав ингибитора не раскрывается производителями, поэтому при проведении эксперимента ограничились только условным названием МАРЗА. МАРЗА-1 – это химическое вещество, в молекулярный состав которого входит атом углерода, водорода, кислорода и т.д. В молекуле МАРЗА-1 имеется тройная ковалентная связь.

Результаты и их обсуждение. В таблицах 1-6 приведены данные по скорости коррозии стали Ст3 и защитному эффекту z ингибитора МАРЗА-1 в зависимости от концентрации сероводорода в имитате пластовой воды MI, полученные в результате суточных и 10-суточных испытаний. Защитный эффект (z) ингибитора МАРЗА-1 возрастает с увеличением концентрации сероводорода в растворе, и уже при содержании ингибитора 10 мг/л достигается скорость коррозии, близкая 0,04 г/м^2·ч (таблица 2), что соответствует величине порядка 0,05 мм/год, которая предлагается в качестве эталона для характеристики достаточной эффективности ингибитора [29].

Исследуемый ингибитор МАРЗА-1 достаточно эффективен при избыточном давлении CO_2, равном 1 и 2 ат. (таблица 3).

Таблица 2

Скорость коррозии стали Ст3 и защитный эффект ингибитора МАРЗА-1 в среде MI, содержащей H_2S (100 и 400 мг/л). Продолжительность эксперимента 24 часа

100 мг/л					400 мг/л					
$C_{инг}$, мг/л	К, г/м^2·ч		γ	$П_к$	Z,%	К, г/м^2·ч		γ	$П_к$	Z,%
	Без ингибитора	С ингибитором				Без ингибитора	С ингибитором			
0,0	0,2234	-	-	-	-	0,4326	-	-	-	-
3,0	0,2234	0,0616	3,62	0,0689	72,4	0,4326	0,0506	8,54	0,0566	88,3
5,0	0,2234	0,0408	5,47	0,0456	81,7	0,4326	0,0328	13,18	0,0367	92,4
7,0	0,2234	0,0232	9,62	0,0259	89,6	0,4326	0,0190	22,76	0,0212	95,6
10,0	0,2234	0,0163	13,7	0,0182	92,7	9,4326	0,0086	50,30	0,0096	98,0

Таблица 3

Скорость коррозии стали Ст3 и защитный эффект ингибитора МАРЗА-1 в среде MI при избыточном давлении углекислого газа, равном 1 атм. и 2 атм. по данным 24 часовых испытаний.

P_{CO2},		1 атмосфера					2 атмосфера				
№	$C_{инг}$, мг/л	K, г/м^2·ч		γ	$П_к$	Z,%	K, г/м^2·ч		γ	$П_к$	Z,%
		Без инги-битора	С ингиби-тором				Без ин-гибитора	С ингиби-тором			
1	0,0	0,2418	-	-	-	-	0,2876	-	-	-	-
2	3,0	0,2418	0,0573	4,21	0,0641	76,3	0,2876	0,0788	3,64	0,0882	72,6
3	5,0	0,2418	0,0430	5,62	0,0481	82,2	0,2876	0,0563	5,10	0,0630	80,4
4	7,0	0,2418	0,0232	10,42	0,0259	90,4	0,2876	0,0270	10,65	0,0302	90,6
5	10,0	0,2418	0,0125	19,34	0,0140	94,8	0,2876	0,0149	19,30	0,0166	94,8

При совместном присутствии сероводорода (C_{H2S} = 100 мг/л) и углекислого газа (1избыточная атмосфера) ингибитор МАРЗА-1 в концентрации 10 мг/л проявляет несколько более высокую эффективность, чем в чисто углекислотных средах (таблица 4).

Таблица 4

Влияние концентрации ингибитора МАРЗА-1 на его защитное действие (Z ,%) в среде MI, содержащей сероводород (C_{H2S} = 100 мг/л) и углекислый газ (1 изб.ат) одновременно. Продолжительность эксперимента 24 часов.

№	Название ингибитора	$C_{инг.}$, мг/л	K, г/м^2·ч		γ	$П_к$	Z,%
			Без ингибитора	С ингибитором			
1	-	0,0	0,3416	-	-	-	-
2	МАРЗА-1	3,0	0,3416	0,0792	4,31	0,0887	76,8
3	МАРЗА-1	5,0	0,3416	0,0526	6,49	0,0589	84,6
4	МАРЗА-1	7,0	0,3416	0,0290	11,77	0,0324	91,5
5	МАРЗА-1	10,0	0,3416	0,0109	31,33	0,0122	96,8

В таблицах 5-7 представлены результаты десятисуточных коррозионных испытаний ингибитора МАРЗА-1 в среде MI, содержащей сероводород, углекислый газ и одновременно H_2S и CO_2.

Таблица 5

Скорость коррозии стали Ст3 и защитный эффект ингибитора МАРЗА-1 в среде MI, содержащей H_2S (C_{H2S} = 100 и 400 мг/л). Продолжительность эксперимента 240 часов

C_{H2S}, мг/л		100 мг/л					400 мг/л				
№	$C_{инг}$, мг/л	K, г/м^2·ч		γ	$П_к$	Z,%	K, г/м^2·ч		γ	$П_к$	Z,%
		Без инги-битора	С инги-битором				Без инги-битора	С ингиби-тором.			
1	0,0	0,0524	-	-	-	-	0,1874	-	-	-	-
2	3,0	0,0524	0,0208	2,51	0,0232	60,2	0,1874	0,0504	3,71	0,0564	73,1
3	5,0	0,0524	0,0149	3,51	0,0166	71,5	0,1874	0,0329	5,69	0,0368	82,4
4	7,0	0,0524	0,0124	4,22	0,0151	76,3	0,1874	0,0163	11,49	0,0182	91,3
5	10,0	0,0524	0,0079	6,63	0,0088	84,8	0,1874	0,0080	23,42	0,0089	95,7

Таблица 6

Скорость коррозии стали Ст3 и защитный эффект ингибитора МАРЗА-1 в среде MI при избыточном давлении углекислого газа, равном 1 атм и 2 атм по данным 240 часовых испытаний

P_{CO2},		1 атмосфера					2 атмосфера				
№	$C_{инг}$, мг/л	K, г/м^2·ч		γ	$П_к$	Z,%	K, г/м^2·ч		γ	$П_к$	Z,%
		Без инги-битора.	С ингиби-тором.				Без инги-битора	С инги-битором.			
1	0,0	0,06231	-	-	-	-	0,06812	-	-	-	-
2	3,0	0,06231	0,0247	2,52	0,0276	60,22	0,06812	0,0284	2,39	0,0318	58,21
3	5,0	0,06231	0,0187	3,33	0,0209	69,86	0,06812	0,0241	2,82	0,0269	64,54
4	7,0	0,06231	0,0080	7,78	0,0089	87,15	0,06812	0,0136	5,00	0,0152	80,01
5	10,0	0,06231	0,0032	19,47	0,0035	94,83	0,06812	0,0060	11,35	0,0067	91,05

Таблица7

Влияние концентрации ингибитора МАРЗА-1 на его защитное действие (Z ,%) в среде MI, содержащей сероводород (C_{H2S} = 100 мг/л) и углекислый газ (1 изб.ат) одновременно. Продолжительность эксперимента 240 часов

№	Название ингибитора	$C_{инг.}$, мг/л	K, г/м^2·ч		γ	$П_к$	Z,%
			Без ингибитора.	С ингибито-ром.			
1	-	0,0	0,7612	-	-	-	-
2	МАРЗА-1	3,0	0,7612	0,1364	5,58	0,1527	82,07
3	МАРЗА-1	5,0	0,7612	0,0796	9,56	0,0891	89,54
4	МАРЗА-1	7,0	0,7612	0,0246	30,94	0,0275	96,76
5	МАРЗА-1	10,0	0,7612	0,0058	131,24	0,0064	99,23

Сопоставление результатов суточных и 10-суточных коррозионных испытаний показывает, что скорость коррозии стали сжигается во времени как в ингибированных, так и в неингибированных растворах, а рост концентрации сероводорода способствует повышению защитного эффекта ингибитора при той и другой продолжительности испытаний.

Совместное присутствие сероводорода и углекислого газа вызывает повышение Z ингибитора МАРЗА-1 по сравнению с чисто углекислотными средами. Величина защитного эффекта ингибитора МАРЗА-1, по данным 10-суточных испытаний, заметно и достоверно ниже, чем при суточной экспозиции образцов.

Скорость коррозии стали выше в среде MI, содержащей одновременно H_2S и CO_2, чем в присутствии только H_2S в той же концентрации. Очевидно, это обусловлено подкислением среде в присутствии CO_2.

С увеличением продолжительности эксперимента от 24 до 240 часов, как отмечалось выше, скорость коррозии сжигается как в ингибированных, так и в неингибированных среде, что наблюдалось и ранее [23, 24, 30]. В последнем случае это свидетельствует о защитном

действии формирующейся на поверхности стали Ст3 пленки продуктов коррозии, таких как как сульфид железа в сероводородной среде, карбонат железа в углекислотной среде.

Заключение. Методами гравиметрических испытаний исследованы ингибирующие свойства МАРЗА-1 при коррозии стали Ст3 в сероводородных-углекислотных средах различного состава, имитирующих пластовые воды нефтяных месторождений.

Ингибитор МАРЗА-1 позволяет достичь в высокоминерализованной сероводородсодержащей среде в процессе суточных испытаний скорости коррозии стали порядка 0,04 г/м^2·ч. в концентрации не менее 5 мг/л. Однако с ростом продолжительности испытаний на порядок подобная скорость коррозии наблюдается уже при концентрации ингибитора 3 мг/л. Это же характерно и для углекислотной среды и сероводородного-углекислотных растворов.

REFERENCES

1. **Mustafiv F.M., Bykov L.I., Gumerov A**.G. i dr. Zashhita truboprovodov ot korrozii. T.2. SPb.: Nedra, 2007, 708 s.
   Мустафив Ф.М., Быков Л.И., Гумеров А.Г. и др. Защита трубопроводов от коррозии. Т.2. СПб.: Недра, 2007, 708 с.
2. **Sorokin G.M., Efremov A.P. I dr.** Korrozionno-mehanicheskoe iznashivanie stalej i splavov. M.: Izd-vo Neft i gaz RGU nefti i gaza, 2002. 424 s.
   Сорокин Г.М., Ефремов А.П. и др. Коррозионно-механическое изнашивание сталей и сплавов. М.: Изд-во Нефть и газ РГУ нефти и газа, 2002. 424 с.
3. **Gafarov N.A., Goncharov A.A., Kushnerenko V.M.** Korrozija i zashhita oborudovanija serovodorodsoderzhashhih neftegazovyh mestorozhdenij. M.: Nedra, 1998. 437 s.
   Гафаров Н.А., Гончаров А.А., Кушнеренко В.М. Коррозия и защита оборудования сероводородсодержащих нефтегазовых месторождений. М.: Недра, 1998. 437 с.
4. **Shrejder A.V.** Korrozionnoe rastreskivanie neftegazovogo oborudovanija i zashhita ot nego. M.: VNIIOENG, 1977.
   Шрейдер А.В. Коррозионное растрескивание нефтегазового оборудования и защита от него. М.: ВНИИОЭНГ, 1977.
5. **Efremov A.P. I dr.** Zashhita neftegazopromyslovogo oborudovanija ot korrozii. M.: Nedra, 1982, 227 s.
   Ефремов А.П. и др. Защита нефтегазопромыслового оборудования от коррозии. М.: Недра, 1982, 227 с.
6. **Kuznecov Y.I.** Sovremennoe sostojanie teorii ingibirovanija korrozii metallov. // Zashhita metallov. 2002, T.38. №2. S.122-131.
   Кузнецов Ю.И. Современное состояние теории ингибирования коррозии металлов. // Защита металлов. 2002, Т.38. №2. С.122-131.
7. **Kuznecov Y.I., Andreev N.N., Ibatullin K.A., Olejnik S.V**. Letuchij ingibitor uglekislotnoj korrozii stalej // Zashhita metallov, 2000, T.36. № 3. S.266-270.
   Кузнецов Ю.И., Андреев Н.Н., Ибатуллин К.А., Олейник С.В. Летучий ингибитор углекислотной коррозии сталей // Защита металлов, 2000, Т.36. № 3. С.266-270.
8. **Kuznecov Y.I., Vagapov R.K**. O zashhite stali v serovodorodsoderzhashhih sredah letuchimi ingibitorami. // Zashhita metallov 2000, T.36. № 5. S.520-524.
   Кузнецов Ю.И., Вагапов Р.К. О защите стали в сероводородсодержащих средах летучими ингибиторами. // Защита металлов 2000, Т.36. № 5. С.520-524.
9. **Kuznecov Y.I., Vagapov R.K.** Ob ingibirovanii serovodorodnoj korrozii stali osnovanijami Shiffa // Zashhita metallov 2001, T.37. № 3. S.238-243.
   Кузнецов Ю.И., Вагапов Р.К. Об ингибировании сероводородной коррозии стали основаниями Шиффа // Защита металлов 2001, Т.37. № 3. С.238-243.
10. **Vagapov R.K., Frolova N.V., Kuznecov Y.I.** Ingibirovanie navodorozhivanija stali v serovodorodsoderzhashhih sredah osnovanijami Shiffa // Zashhita metallov, 2002, T.38. № 1. S.38-43.
    Вагапов Р.К., Фролова Н.В., Кузнецов Ю.И. Ингибирование наводороживания стали в сероводородсодержащих средах основаниями Шиффа // Защита металлов, 2002, Т.38. № 1. С.38-43.
11. **Muravjeva S.A., Melnikov V.G**. Ocenka vlijanija strukturnyh faktorov na zashhitnye svojstva organicheskih soedinenij // Mir nefteproduktov. №4. 2003. S. 2-6.
    Муравьева С.А., Мельников В.Г. Оценка влияния структурных факторов на защитные свойства органических соединений // Мир нефтепродуктов. №4. 2003. С. 2-6.
12. **Kuznecov Y.I.** Vozmozhnosti ingibirovanija korrozii oborudovanija truboprovodov v neftegazovoj promyshlennosti / Y.I.Kuznecov, R.K.Vagapov, M.D.Getmanskij // Korrozija: materialy, zashhita. 2007. №3. S.9-13.

Кузнецов Ю.И. Возможности ингибирования коррозии оборудования трубопроводов в нефтегазовой промышленности / Ю.И.Кузнецов, Р.К.Вагапов, М.Д.Гетманский // Коррозия: материалы, защита. 2007. №3. С.9-13.

13. **Vagapov R.K.** Vybor ingibitorov dlya antikorrozionnoj zashhity stalnogo oborudovanija na neftepromyslah / R.K.Vagapov // Korrozija: materialy, zashhita. 2007. №1. S.9-13.
Вагапов Р.К. Выбор ингибиторов для антикоррозионной защиты стального оборудования на нефтепромыслах / Р.К.Вагапов // Коррозия: материалы, защита. 2007. №1. С.9-13.
14. **Vagapov R.K.** Ingibitornaja zashhita ot korrozii neftepromyslovogo oborudovanija i truboprovodov / R.K. Vagapov // Korrozija: materialy, zashhita. 2007. №1. S.17-23.
Вагапов Р.К. Ингибиторная защита от коррозии нефтепромыслового оборудования и трубопроводов / Р.К. Вагапов // Коррозия: материалы, защита. 2007. №1. С.17-23.
15. **Rahmankulov D.L.** Ingibitory korrozii osnovy teorii i praktiki primenenija. Ufa: Gos. izd.-vo nauch.-tehn. lit-ry «Reaktiv», 1997, Tom 1, 296 s.
Рахманкулов Д.Л. Ингибиторы коррозии основы теории и практики применения. Уфа: Гос. изд.-во науч.-техн. лит-ры «Реактив», 1997, Том 1, 296 с.
16. **Ivanov E.S**. Ingibitory korrozii metallov v kislyh sredah. M.: Metallurgija, 1986, 175 s.
Иванов Е.С. Ингибиторы коррозии металлов в кислых средах. М.: Металлургия, 1986, 175 с.
17. **Gafarov N.A.** Ingibitory korrozii. T 2. 2002. 368 s.
Гафаров Н.А. Ингибиторы коррозии. Т 2. 2002. 368 с.
18. **Cygankova L.E.** Antikorrozionnaja zashhita stali produktami polimerizacii aminoamidov v uglekislotnyh i serovodorodnyh sredah // Praktika protivokorrozionnoj zashhity. 2003. №2(28).
Цыганкова Л.Е. Антикоррозионная защита стали продуктами полимеризации аминоамидов в углекислотных и сероводородных средах // Практика противокоррозионной защиты. 2003. №2(28).
19. **Cygankova L.E**. Ingibirovanie korrozii i navodorozhivanija uglerodistoj stali v H2S i SO2 soderzhashhej srede // Korroziya: materialy, zashhita. 2008. №2. S.26-30.
Цыганкова Л.Е. Ингибирование коррозии и наводороживания углеродистой стали в H_2S и CO_2 содержащей среде // Коррозия: материалы, защита. 2008. №2. С.26-30.
20. **Cygankova L.E., Kim Ja.R., Kichigin V.I., Vigdorovich V.I.** Issledovanie ingibirovanija korrozii i proniknovenie vodoroda v stal v imitatah plastovyh vod // Praktika protivokorrozionnoj zashhity 2005, №4(38). S.29-38.
Цыганкова Л.Е., Ким Я.Р., Кичигин В.И., Вигдорович В.И. Исследование ингибирования коррозии и проникновение водорода в сталь в имитатах пластовых вод // Практика противокоррозионной защиты 2005, №4(38). С.29-38.
21. **Kuznecov Ju.I., Frolova L.N., Tomina E.V.** Zashhita stali ot serovodorodnoj korrozii chetvertichnymi ammonijnymi soljami // Korrozija: materialy, zashhita. 2005. №6. S.18-21.
Кузнецов Ю.И., Фролова Л.Н., Томина Е.В. Защита стали от сероводородной коррозии четвертичными аммонийными солями // Коррозия: материалы, защита. 2005. №6. С.18-21.
22. **Kichenko S.B.** Ispolzovanie standarta NIAK MR 01-75 dlya ocenki korrozionnoj aktivnosti kislyh sred s tochki zrenija ih vozmozhnogo vlijanija na rastreskivanie uglerodistyh i nizkolegirovannyh stalej // Praktika protivokorrozionnoj zashhity. 2011. № 4(62). S.48-58.
Киченко С.Б. Использование стандарта НИАК МР 01-75 для оценки коррозионной активности кислых сред с точки зрения их возможного влияния на растрескивание углеродистых и низколегированных сталей // Практика противокоррозионной защиты. 2011. № 4(62). С.48-58.
23. **Uorf R.A**. Ocenka korrozionnoj aktivnosti sred Salymskih neftjanyh mestorozhdenij s tochki zrenija vozmozhnosti vyzyvat sulfidnoe rastreskivanie promyslovyh truboprovodov i oborudovanija / // Praktika protivokorrozionnoj zashhity. 2012. № 1(63). S.42-49.
Уорф Р.А. Оценка коррозионной активности сред Салымских нефтяных месторождений с точки зрения возможности вызывать сульфидное растрескивание промысловых трубопроводов и оборудования / // Практика противокоррозионной защиты. 2012. № 1(63). С.42-49.
24. **Kichenko A.B.** O vozdejstvii vodoroda na stal pri serovodorodnoj korrozii i priblizhennoj ocenke velichiny davlenija vodoroda, vyzyvajushhego povrezhdenie mjagkih stalej putem VIR / // Praktika protivokorrozionnoj zashhity. 2003. № 3(29). S.28-37.
Киченко А.Б. О воздействии водорода на сталь при сероводородной коррозии и приближенной оценке величины давления водорода, вызывающего повреждение мягких сталей путем ВИР / // Практика противокоррозионной защиты. 2003. № 3(29). С.28-37.
25. **Ivanov E.S., Egorov V.V.** // Zashhita metallov 1981. T.17. № 4. S.439-442.
Иванов Е.С., Егоров В.В. // Защита металлов 1981. Т.17. № 4. С.439-442
26. **Plennevaux C.** Contribution of CO2 on hydrogen evolution and hydrogen permeation in low alloy steels exposed to H2S environment / Electrochemistry Communications/ 2013/ № 26/ PP/17-20/Plennevaux C. Contribution of CO_2 on hydrogen evolution and hydrogen permeation in low alloy steels exposed to H_2S environment / Electrochemistry Communications/ 2013/ № 26/ PP/17-20/
27. **Nashhekina Ja.R.** Issledovanie sostojanija poverhnosti stali metodom FJeP pri ingibirovanii korrozii v sredah, soderzhashhih H2S // Himiya i himicheskaja tehnologija. 2005. T.48. № 1. S.112-115.
Нащекина Я.Р. Исследование состояния поверхности стали методом ФЭП при ингибировании коррозии в средах, содержащих H_2S // Химия и химическая технология. 2005. Т.48. № 1. С.112-115.

28. **Nabutovskij Z.A.** Problemy korrozii ingibitornoj zashhity na mestorozhdenijah prirodnogo gaza / Nabutovskij Z.A., Antonov V.G., Filippov A.G.// Praktika protivokorrozionnoj zashhity. 2000. № 3(17). S.53-59.
Набутовский З.А. Проблемы коррозии ингибиторной защиты на месторождениях природного газа / Набутовский З.А., Антонов В.Г., Филиппов А.Г.// Практика противокоррозионной защиты. 2000. № 3(17). С.53-59.
29. **Gonik A.A.** Predotvrashhenie korrozionnyh otlozhenij sulfida zheleza v pogruzhnyh elektronasosah neftjanyh skvazhin // Zashhita metallov. 2002. T.38. № 2. S.212-219.
Гоник А.А. Предотвращение коррозионных отложений сульфида железа в погружных электронасосах нефтяных скважин // Защита металлов. 2002. Т.38. № 2. С.212-219.
30. **Vagapov R.K.** Ingibitornaja zashhita ot korrozii neftepromyslovogo oborudovanija i truboprovodov. // Korrozija: materialy, zashhita. 2007. №1. S.17-23.
Вагапов Р.К. Ингибиторная защита от коррозии нефтепромыслового оборудования и трубопроводов. // Коррозия: материалы, защита. 2007. №1. С.17-23.

NEFT MƏDƏN AVADANLIQLARININ KORROZİYADAN MÜHAFİZƏSİ ÜÇÜN YENİ İNHİBİTORUN LABORATORİYA TƏDQİQİ

H.R. QURBANOV, S.M. MƏMMƏDLİ, A.V. QASIMZADƏ

Çəki analiz üsulu ilə MARZA-1 inhibitorun hidrogen sulfid və karbon qazı mühitində mühafizə effektivliyi öyrənilmişdir. Təcrübədə lay suyunun laboratoriyada hazırlanmış modelindən istifadə olunmuşdur. Korroziya sınaqları 0,5l həcmli hermetik qablardan aparılmış və ölçüləri 30×20×1 olan Ст3 markalı polad nümunədən istifadə edilmişdir.

Bir günlük sınaq zamanı MARZA-1 inhibitorun 5mq/l qatılığında korroziyanın surəti 0,04 q/m^2·saat ətrafında dəyişmişdir. Təcrübənin müddəti artdıqca eyni surət inhibitorun 3mq/l qatılığında müşahidə edilmişdir. Belə hal həm karbon qazı, həm də hidrogen sulfid – karbon qazı məhlulu üçün xarakterikdir.

Açar sözlər: *inhibitor, korroziya, lay suyu, hidrogen sulfid, karbon qazı, polad, oxşatma.*

LABORATORY RESEARCH OF NEW INHIBITOR FOR PREVENTION OF CORROSION OF THE OIL-FIELD EQUIPMENT

H.F. MIRALAMOV, G.R. GURBANOV, S.M. MAMMADLI, A.V. GASYMZADE

The gravimetric method has studied the inhibiting efficiency of MARZA-1 inhibitor in relation to hydro-sulphuric and to carbon dioxide corrosion there were St3 in model reservoir water MI. Corrosion tests are carried out in tight vessels with a capacity of 0,5 l on samples of steel of St 3 30×20×1 in size.

MARZA-1 inhibitor allows to reach in the environment MI of the steel corrosion speed containing hydrogen sulfide in the course of daily tests about 0,04 g / m^2·h. only in concentration not to exchange of 5 mg/l. However, with growth of duration of tests much similar speed of corrosion is observed already at concentration of inhibitor of 3 mg/l. Same it is characteristic of the carbon dioxide environment and hydrogen sulfide-carbon dioxide solutions.

Keywords: *inhibitor, corrosion, reservoir water, hydrogen sulfide, carbon dioxide, steel, imitate.*