

December 2019

Synthesis of pyridine bases and application as corrosion inhibitors

SARSENBAEV Nurlan Tenelbayevich

Tashkent Chemical-Technological Institute, Tashkent, Uzbekistan, nurlan0595s@gmail.com

KADIROV Xasan Irgashevich

tkti.kodirov@mail.ru

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/cce>

 Part of the [Catalysis and Reaction Engineering Commons](#)

Recommended Citation

Nurlan Tenelbayevich, SARSENBAEV and Xasan Irgashevich, KADIROV (2019) "Synthesis of pyridine bases and application as corrosion inhibitors," *Chemistry and Chemical Engineering*: Vol. 2019 : No. 4 , Article 24.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/cce/vol2019/iss4/24>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Chemistry and Chemical Engineering by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact brownman91@mail.ru.

SYNTHESIS OF PYRIDINE BASES AND APPLICATION AS CORROSION INHIBITORS

Nurlan Tenelbayevich SARSENBAEV (nurlan0595s@gmail.com), Xasan Irgashevich KADIROV (tkti.kodirov@mail.ru)
Tashkent Chemical-Technological Institute, Tashkent, Uzbekistan

The aim of this work was to obtain corrosion inhibitors. It has been established that heterocyclic compounds, including pyridine and its derivatives, are more frequently used as the active component in the combination of modern inhibitors of corrosion.

The catalytic reaction of obtaining pyridine and its derivatives by passing a mixture of acetaldehyde and formalin with ammonia was studied. By modifying the mixture of the obtained pyridine bases with urotropine, acrylic emulsion, thiourea, copper salts, etc., compositions are obtained that can serve as inhibitors of hydrochloric acid treatment.

Keywords: heterocyclic compounds, pyridine, catalyst, corrosion inhibitor, acetaldehyde, ammonia, urotropin, thiourea

СИНТЕЗ ПИРИДИНОВЫХ ОСНОВАНИЙ И ПРИМЕНЕНИЕ В КАЧЕСТВЕ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ

Нурлан Тенелбай улы САРСЕНБАЕВ (nurlan0595s@gmail.com), Хасан Иргасевич КАДИРОВ (tkti.kodirov@mail.ru)
Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан

Целью работы являлось получение ингибиторов коррозии. Установлено, что в качестве активного компонента в составе современных ингибиторов коррозии все чаще используются гетероциклические соединения, в том числе пиридин и его производные.

Изучена каталитическая реакция получения пиридина и его производных из смеси ацетальдегида и формалина с аммиаком. Модификацией смеси полученных пиридиновых оснований с уротропином, акриловой эмульсией, тиомочевинной, солей меди и др. получены композиции, которые могут служить ингибиторами солянокислотной обработки.

Ключевые слова: гетероциклические соединения, пиридин, катализатор, ингибитор коррозии, ацетальдегид, аммиак, уротропин, тиомочевина

PIRIDIN ASOSLARI SINTEZI VA KORROZIYA INGIBITORLARI SIFATIDA QO'LLANISHI

Nurlan Tenelbay o'g'li SARSENBAEV (nurlan0595s@gmail.com), Xasan Ergashevich KADIROV (tkti.kodirov@mail.ru)
Toshkent kimyo-texnologiya instituti, Toshkent, O'zbekiston

Ushbu ishning maqsadi korroziya ingibitorlarini olish edi. Geterosiklik brikmalar, shu jumladan piridin va uning hosilalari, zamonaviy korroziya ingibitorlarining kombinatsiyasida faol komponent sifatida tobora ko'proq ishlatilishi aniqland.

Atsetaldegid, formaldegid va ammiakning katalitik reaksiyasi orqali piridin asoslari sintez qilish jarayoni o'rganildi. Olingan piridin asoslari aralashmasining urotropin, akril emulsiyasi, tiomochevina, mis tuzlari va boshqalar bilan modifikatsiya qilib, olingan tarkiblar kislotali muhit ingibitorlari bo'lib xizmat qilishi mumkinligi aniqlangan.

Kalit so'zlar: geterosiklikv brikmalar, piridin, katalizator, korroziya ingibitorlari, atsetaldegid, ammiak, urotropin, tiomochevina

Введение

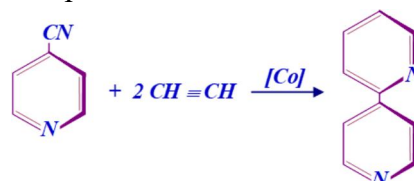
Проблема повышения эффективности защиты металлов от аномальных явлений с помощью ингибиторов возникла одновременно с их промышленным применением. В литературе описаны более 300000 ингибиторов различного рода [1, 2]. Однако, в мировой практике применяются считанное число ингибиторов коррозии применяемые в различных средах (кислых, нейтральных, водных и т.д.). Область применения ингибиторов разнообразна - машиностроение, приборостроение, водоснабжение, коммунальное хозяйство, нефтегазодобывающая и перерабатывающая промышленность.

С 1997 года в нефтегазодобывающей промышленности Республики Узбекистан были испытаны импортные ингибиторы коррозии Додикор-4543; Додикор-4712 (фирма «Клариант» Германия, стоимость 3180 и 2090 долларов США за тонну); Danox C1-252; Sepacorrts 3201; К-И 75w; Danox-CS 102 В (фирма Mitsuz, Япония). Данные продукты защищают металл от коррозии эффективностью в пределах 70 - 95 %.

УДП «Муборекнефтваз» ежегодно до 2004 года покупал Додикор-4543 в количестве 280 тонн и Додикор-4712 - 1017 тонн [3].

Разработка новых веществ, обладающих свойствами ингибирования, интенсивно продолжается, среди которых гетероциклические соединения имеют свое особое место. Авторами работ [4-8] изучены ингибирующие способности некоторых гетероароматических оснований и их комплексов с солями переходных металлов [9-10], а также разработка эффективных ингибиторов коррозии с целью защиты оборудования нефтехимического и нефтегазопромышленного комплексов. Получены исследуемые соединения реакциями.

γ, α' -Дипиридил был получен реакцией цианпиридина с ацетиленом в присутствии катализатора 2-этилгексанат кобальта:

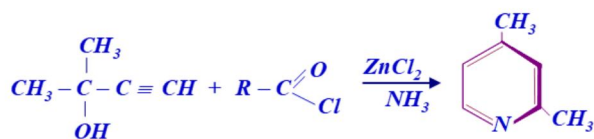


CATALYSIS AND REACTIONS ENGINEERING

ТЕХНОЛОГИЯ КАТАЛИЗА И РЕАКЦИЙ
TEKNOLOGİK KATALİZ VA REAKTSİYALAR

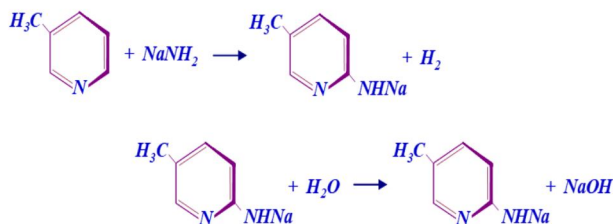
Выход основного продукта – 80-85%

2,4-Диметилпиридин получают реакцией диметилэтинилкарбинола с ацетилхлоридом и NH_3 в присутствии ZnCl_2 :



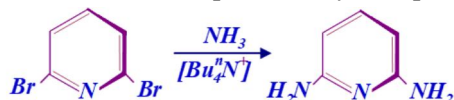
Выход 2,4-диметилпиридина 90%

2-Амино-5-метилпиридин был получен следующим способом:



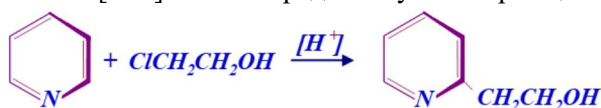
Выход основного продукта 50 %

4. 2,6-Диаминопиридин получали реакцией:



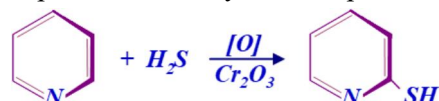
Выход основного продукта - 45 %.

2-[Бета]-оксиэтилпиридин получали по реакции:



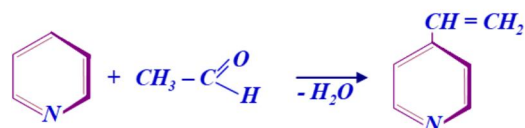
Выход продукта более 57 %.

Пиридинтиол получают по реакции:



Выход продукта более 50 %.

4-Винилпиридин получают при конденсации 4-метилпиридина с альдегидом (реакция проходит в кипящем метилпиридине в присутствии кислотного катализатора):



Выход продукта-около 55 %.

И.В. Колобовой выяснен защитный эффект азотсодержащих соединений и комплексов с солями переходных металлов. Предварительные испытания ингибирующей способности пиридинов и хинолинов проводили с помощью коррозиметра Монитор-1М в 5% водном растворе NaCl в трехэлектродной ячейке при перемешивании коррозионной среды. При этом установлено, что 4-винилпиридин, пиридинтиоли 2-[бета]-оксиэтилпиридины в повы-

шенных концентрациях заметно снижают скорость коррозии металла Ст.20.

В работах [9-11] предлагаются универсальные ингибиторы коррозии на основе аминофенолов, а также гетероциклических аминов марки «СНПХ». Для этого синтезированы серии функционально замещённых алкил-[поли-(этиленокси)]-фосфорил пиридиновых, алкил-[поли-(этиленокси)]-фосфорил хинолиновых, арил-[поли-(этиленокси)]-фосфорил пиридиновых и арил-[поли-(этиленокси)]-фосфорил хинолиновых солей и проведены систематические исследования их свойств. При этом установлено, что ряд синтезированных соединений обладают высокими антикоррозионными свойствами в высоко минерализованных сероводород и углекислота содержащих водных средах, а также зависимость антикоррозионной активности синтезированных соединений от длины алкильного заместителя в алкильном и арильном радикале, степени оксиэтилирования. Изучена зависимость антикоррозионного действия синтезированных соединений от концентрации и от времени. Методом ИК-спектроскопии показано, что присутствующая в структуре синтезированных соединений фосфорильная группировка обеспечивает хемосорбцию молекул ингибитора на поверхности металла за счёт образования комплексных соединений с ионами железа (II). Методом зондовой электронной микроскопии установлено, что синтезированные гетерилониевые соли образуют на поверхности металла адсорбционную плёнку, которая предотвращает коррозионные разрушения. Учитывая высокую стоимость и невозможность использования индивидуальных гетероциклических аминов для крупнотоннажного производства, произведён синтез соответствующих гетерилониевых солей фосфористых кислот на основе коксохимического сырья – изохинолиновой фракции, которая представляет собой смесь хинолина, изохинолина, толуидинов и других гетероциклических соединений. Показана высокая степень антикоррозионной защиты синтезированных гетерилониевых солей фосфористых кислот в качестве ингибиторов коррозии нефтепромыслового оборудования в водных средах, содержащих сероводород и углекислоту. Разработан новый водорастворимый ингибитор коррозии СНПХ-6474 [12].

Исследование комплексных реагентов СНПХ-ПКД-515 и СНПХ-ПКД-515Н показало [13, 14], что последний проявляет большую поверхностную активность (менее 2,5 мН/м при концентрации более 0,2 %). Определение межфазного натяжения на границе с керосином после адсорбции реагентов в бентонитовой суспензии на глине показало, что фильтрат с СНПХ

Таблица 1
Влияние реагента СНПХ-ПКД-515Н
на скорость коррозии металла
в жидкостях консервации скважин (25 °С)

Состав водного раствора реагентов, %	Скорость коррозии, г/(м ² ·ч)
NaCl – 25; НТФ – 0,01	0,0138
п.1 + 1 % ПКД-515Н	0,0260
NaCl – 22; KCl – 3,0	0,0133
п.3 + 1 % ПКД-515Н	0,0080
NaCl – 22; НТФ – 0,01; KCl – 3,0	0,0114
п.5 + 1 % ПКД-515Н	0,0080
NaCl- 25; Na ₂ Cr ₂ O ₇ ·2H ₂ O -0,01	0,0316
п.7 + 1 % ПКД-515Н	0,0073
NaCl - 22; КОН -3,0	0,0027
п.9 + 1 % ПКД-515Н	0

-ПКД-515Н также более активен, но в данном случае величины σ на порядок выше. Остаточная концентрация азотсодержащей составляющей комплексного реагента СНПХ-ПКД-515Н в фильтрате составила всего 0,7-1,6 % от первоначально введённого количества (0,05 - 0,10%) в искусственно приготовленный раствор.

Реагенты ПКД-515 (515Н) в слабоминерализованных растворах NaCl и CaCl₂ замедлили водную коррозию металла на десятки процентов, как в виде добавки в среду, так и в качестве одноразово созданной адсорбционной плёнки. Например, скорость водной коррозии за 12 суток с покрытием из ПКД-515 уменьшилась на 40 %, а с ПКД-515Н - на 54%. Добавление 0,01 % ПКД-515 в пластиковую воду привело к уменьшению скорости коррозии на 25 %. Результаты исследований коррозионной активности жидкостей в течение 42 суток стали марки «Д» при нормальных условиях на предмет их использования для консервации скважин приведены в таблице 1.

Модифицирование всех представленных составов комплексным ПАВ – СНПХ-ПКД-515Н привело к положительному результату, а именно усилению ингибиторной защиты металла («Д») на десятки процентов, вплоть до полного подавления коррозии металла (п.10). Показатель коррозии в течение 42 суток в жидкостях с присадкой ПКД-515Н изменялся в диапазоне 0,007-0,009 мм²/г, степень защиты улучшалась на 30-77 %.

Анализ литературных данных по синтезу и применению ингибиторов коррозии показывают, что в качестве активного компонента используются гетероциклические соединения в том числе пиридин и его производные. Широкое применение пиридина и их производных задер-

живается из-за отсутствия удобных методов их синтеза. Имеющиеся в литературе многообразные методы синтеза гетероциклов являются многостадийными. Кроме того, исходные соединения для их синтеза являются во многих случаях труднодоступными.

В Узбекистане налажено производства ацетилена, метанола, аммиака, ацетальдегида, формальдегида и др. на основе природного газа, который является потенциальным и доступным сырьем для получения гетероциклических соединений.

В связи с этим разработка удобных, одностадийных методов синтеза пиридина и его производных является весьма актуальной задачей.

Методы исследования

В работе использованы хром-масс-спектрометрия: хромато-масс-спектрометр «Agilent Technology» GC 6890 / MS 5973N с использованием капиллярной колонки размером 30м×0,25мм с 5% фенилметилсилоксана в диметилсилоксане, газ носитель - водород, температура инжектора – 280 °С, температура MS источника – 230 °С, температура MS квадруполя – 180 °С, при программировании температуры термостата колонок от 100 до 280 °С, скорость подъема температуры 10 °С/ мин, величина пробы 1 мкл., в режиме без деления потока.

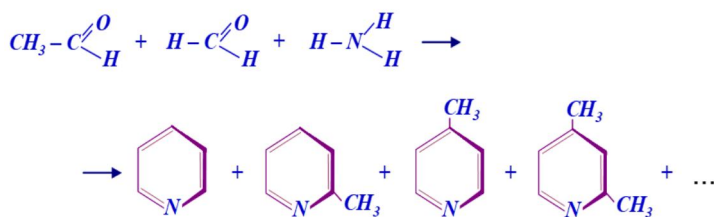
Для определения физико-механических и технологических свойств исследованы стандартизированные методы испытаний и др.

Катализаторы для синтеза гетероциклических соединений готовили методом суспендирования активных компонентов с носителем с последующей формовкой, сушкой и прокаливанием, некоторые сравнительные характеристики которых представлены в таблице 2. В качестве носителя использовали гидрат оксида алюминия ППП-33%, по ТУ 6.03714-78.

Реакцию гетероциклизации ацетальдегида, формальдегида и аммиака проводили в проточной установке на реакторе размером dxh = 25x1000 мм из нержавеющей стали со 10 см³ насыпным объемом катализатора. Реакцию проводили в следующих условиях:

температура 400-425 °С;
мольное соотношение -

CH₃CHO:CH₃O:NH₃ = 1:1;25:2;
катализатор № 6 (табл.2).



CATALYSIS AND REACTIONS ENGINEERING

ТЕХНОЛОГИЯ КАТАЛИЗА И РЕАКЦИЙ
TEKNOLOGIK KATALIZ VA REAKTSIYALAR

Таблица 2

Сравнительные характеристики использованных катализаторов

№	Катализатор и его состав, мас. %	Длительность пробега до регенерации, час.	Удельная поверхность, м ² /г	Производительность, г/час	Конверсия ацетилена, %	Состав органического слоя катализата				
						Ацетонитрил	Пиридин	2-метилпиридин	3 и 4-метилпиридин	Побочные продукты
1	Cr ₂ O ₃ -20,0 Al ₂ O ₃ -80,0	24	225	92,0	94,0	92,0	-	Следы	-	7,0
2	ZnO-20,0 Al ₂ O ₃ -80,0	20	170	86,0	75,0	84,0	-	10,0	4,0	2,0
3	CdF ₂ -20,0 Al ₂ O ₃ -80,0	48	153	102,0	92,0	20,0	-	48,0	24,0 (4-МП)	18,0
4	CdF ₂ -10,0 ZnO-5,0 Cr ₂ O ₃ -3,0 Al ₂ O ₃ -82,0	72	210	114	90,0	5,0	35,0	30,0	25,0	5,0
5	CdF ₂ -5,0 ZnO-5,0 Cr ₂ O ₃ -5,0 AlF ₃ -3,0 Al ₂ O ₃ -82,0	96,0	211	110	93,0	7,0	-	51,0	26,0	16,0
6	CdF ₂ -5,0 ZnO-5,0 Cr ₂ O ₃ -5,0 Fe ₂ O ₃ -3,0 AlF ₃ -3,0 Al ₂ O ₃ -78,0	144 180	162 162	120,0 135	95,0 96,0	3,0 5,0	35,0 следы	22,0 52,0	29,0 30	11,0 12,0

Таблица 3

Зависимость изменения степени конверсии ацетилена и избирательность процесса от высоты слоя катализатора.

Катализатор №6, T = 410 °C, W_{общ} = 180-210, C₂H₂:NH₃=1:2 моль

№ состава	Высота слоя катализатора от верхней точки, мм	Степень конверсии ацетилена, %	Состав органического слоя катализата, %		
			ацетонитрил	монометилпиридины	диметилпиридины
1	300	42,0	25,0	44,1	4,4
2	600	63,0	18,0	57,3	6,1
3	900	87,0	9,0	63,9	7,5
4	1200	92,0	5,0	68,2	4,4
5	1500	96,0-98,0	1,0	68,6	4,6

Результаты и обсуждение

При пропускании смеси ацетальдегида и формалина с аммиаком через слой катализатора образуется сложная смесь азотсодержащих соединений. Органический слой катализата содержит в своем составе, % масс:

пиридин - 27,4 - 35,7
2-метилпиридин - 0,26 - 0,34
3-метилпиридин - 24,3-25,2
4-метилпиридин - 0,07 - 0,09
2,3-диметилпиридин - 0,65 - 0,68
2,5-диметилпиридин - 0,15 - 0,20
3-этилпиридин - 0,5 - 0,8
3,5-диметилпиридин - 3,29 - 3,4
Высококипящие алкил-пиридины и смолы - до 9,0

С целью установления зависимости изменения степени конверсии ацетилена и избирательности процесса от высоты слоя катализато-

ра в реактор были установлены пробоотборники в четырех точках на разной высоте и измерена степень конверсии ацетилена и состав катализата в каждой точке. Установлено, что степень конверсии ацетилена изменяется прямо пропорционально высоте слоя катализатора (табл. 3).

Как видно из данных таблицы, в катализате в основном содержится монопроизводные пиридина.

Полученная смесь ограниченно растворяется в газоконденсате. При растворении в двухфазной среде - газоконденсат : вода - выделяется самостоятельная фаза, что ограничивает его использование в качестве ингибитора сероводородной коррозии.

Для улучшения растворимости к полученным смесям добавили экстракционную фосфорную кислоту в соотношении 1:0,25. Полученные продукты испытаны в качестве ингибитора коррозии в среде соляной кислоты. Для получения ингибирующих свойств выбранные составы №2 и №3, для которых выход продуктов

Таблица 4
Влияние концентрации ингибитора
на скорость коррозии стали марки Ст. 20

Концентрация ингибитора, %	Скорость коррозии г/м ² ·час	Степень защиты, %
Смесь №2		
Без добавки	13	-
0,2	6,5	27,1
0,4	4,7	36,3
0,6	4,1	39,8
0,8	2,0	41,0
1,0	1,4	43,3
1,2	2,4	47,8
Смесь №3		
0,2	6,5	45,0
0,4	4,7	46,4
0,6	4,1	48,9
0,8	2,0	51,0
1,0	1,4	52,2
1,2	2,4	53,6

гетероциклизации является максимальным. Было изучено влияние концентрации ингибитора на скорость коррозии стали марки Ст. 20 в 15 % соляной кислоте ($t=50\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\tau = 42\text{ час}$).

Как видно из данных таблицы 4 "смесь №3" является более эффективным ингибитором коррозии в течении 42 часов при концентрации 0,8 - 1,2 %, защищая металл от коррозии до 53,6%, а защитный эффект смеси №2 менее 50%.

В целях получения устойчивых и высокоэффективных ингибиторов коррозии приготовлены следующие составы смесей:

Состав 1 - "смесь №3" (0,6 %) + уротропин (0,3 %) + акриловая эмульсия (0,1 %) - "состав 1";
состав 2 - "смесь №3" (0,5 %) + тиомочевина (0,3 %) + соль меди (0,2 %) - "состав 2".

В скобках указаны мас. % ингибитора,

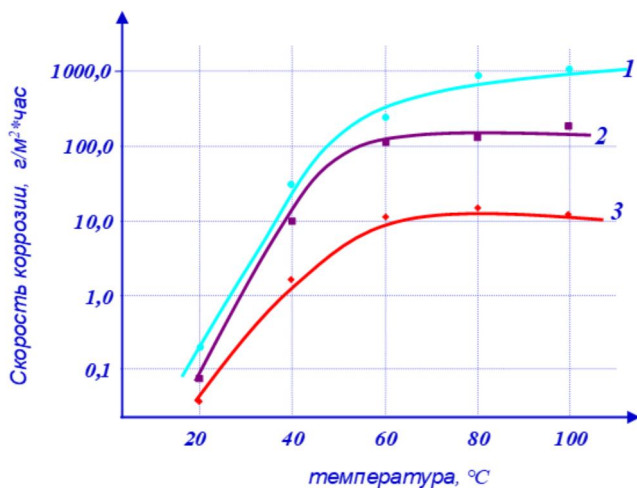


Рисунок 1. Зависимость скорости коррозии Ст.3 от температуры: 1 - HCl; 2 - HCl + "смесь №3"; 3 - HCl + "состав 1"

добавляемые к 12 % соляной кислоте.

Нужно отметить, что исследовались только те ингибиторы солянокислотной коррозии, которые имеют сырьевую базу и не являются дефицитным. Кроме того, изучалась возможность снижения коррозионной активности соляной кислоты путём её эмульгирования в углеводородной среде.

Из рисунка 1. видно, что в интервале температур от 20 до 100 °C самым эффективным из исследуемых ингибиторов коррозии является "состав 1". При 90 °C скорость коррозии в среде 12 % соляной кислоты со "смесью №3" равен 130 г/м²·час (или 76,9%), а с "составом 1" – около 17 г/м²·час (91,0%).

По сравнению со "смесью №3", композиция, состоящая из "смеси №3", уротропина и акриловой эмульсии, обладает рядом преимуществ, основным из которых является то, что последний не засоряет призабойную зону пласта при обработке.

На рис. 2 показано, что при 90 °C скорость коррозии Ст.20 в среде гидрофобной эмульсии 12 %-ной HCl - составом уменьшалась в четыре раза по сравнению со скоростью коррозии в среде 12%-ной HCl со "смесью №3" при той же температуре.

Таким образом, добавлением уротропина и акриловой эмульсии коррозия при 100 °C снижается в 20 раз по сравнению с коррозионной активностью соляной кислоты ингибированной "смесью №3".

Заключение

Изучена каталитическая реакция получения пиридина и его производных, каталитической реакцией смеси ацетальдегида и формалина с аммиаком. Выбран состав катализатора, изучены изменения степени конверсии ацетилена и избирательности процесса от высоты слоя катализатора.

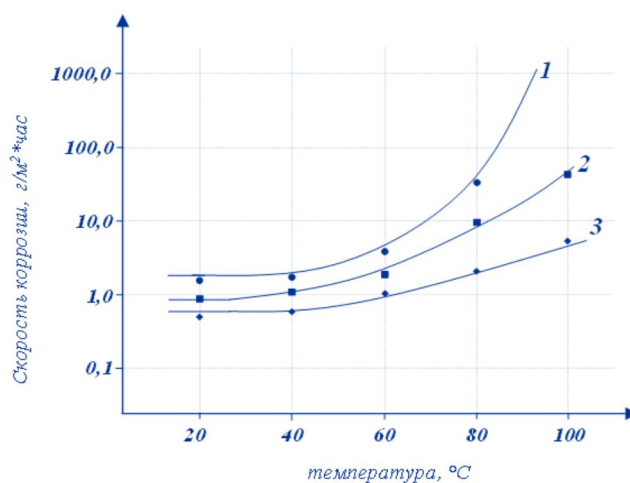


Рисунок 2. Зависимость скорости коррозии Ст.20 от температуры: 1 - HCl; 2 - HCl + "смесь №3"; 3 - HCl + "состав 2"

CATALYSIS AND REACTIONS ENGINEERING

ТЕХНОЛОГИЯ КАТАЛИЗА И РЕАКЦИЙ
TEKNOLOGIK KATALIZ VA REAKTSIYALAR

Смеси пиридиновых оснований были испытаны в качестве ингибитора сероводородной и углекислотной коррозии. Установлено, что при этом его максимальный защитный эффект достигает 53 %.

Модификацией смеси пиридина и его производных с уротропином, акриловой эмульсией, тиомочевинной, солей меди и др. получены композиции, которые могут служить ингибиторами при солянокислотной обработке скважин.

REFERENCES

1. Saakyan L.S., Yefremov A.P., Soboleva I.A. i dr. Zashchita neftepromyslovogo oborudovaniya ot korrozii. *Spravochnik rabocheho*. Moscow. Nedra publ. 1985. pp. 206.
2. Yusupov D., Tursunov M.A., Khamrayev B.N. Razrabotka novykh reagentov dlya dobichi nefti I gaza. *Khimicheskaya tekhnologiya. Kontrol' i upravleniye*, 2007, no. 1. pp. 38-39.
3. Mustafiyev F.M., Bykov L.I., Gumerov A.G. i dr. *Zashchita truboprovodov ot korrozii*. [Pipeline corrosion protection] vol. 2. SPb: Nedra publ., 2007. 708 p.
4. Kolobova I. V. *Geteroaromaticheskiye osnovaniya i ikh komplekсы s solyami perekhodnykh metallov v kachestve ingibitorov korrozii*: diss. kand. tekhn. nauk [Heteroaromatic bases and their complexes with transition metal salts as corrosion inhibitors: Diss. cand. tech. of sciences]. Ufa, 2006. 115 p.
5. Ikramov A., Kadirov Kh.I., Tangyarikov N.Kh., Ikramova Sh.A. Kadmiyftoraluminiyevyye kompozitnyye katalizatory dlya sinteza piridinovykh osnovaniy [Cadmium fluoroaluminum composite catalysts for the synthesis of pyridine bases]. *Kompozitsionnyye materialy*, 2014, no. 2, pp.11-15.
6. Ikramov A., Kadirov KH.I., Khalikova S.Dzh., Musulmonov N.KH., Ikramova SH.A. Modifitsirovaniye ftoridom alyuminiya kadmiyftoraluminiyevykh katalizatorov [Modification of aluminum fluoride cadmium fluoroaluminium catalysts]. *DAN AN RUz*, 2016, no. 1, pp. 49-53.
7. Ikramov A., Khalikova S.Dzh., Musulmanov N.KH., Kadirov KH.I., Khandamov D.A. Geterogenno-kataliticheskiy sintez piridinovykh osnovaniy iz atsetilena, dimetilketona i ammiaka [Heterogeneous-catalytic synthesis of pyridine bases from acetylene, dimethyl ketone and ammonia]. *Chemistry and Chemical Engineering*, 2016, no. 4, pp. 21-25.
8. Ikramov A., Khalikova S.Dzh., Tangyarikov N.S., Ikramova SH.A., Nizamov K.F. Tsinkhromalyuminiyevyye kompozitnyye katalizatory dlya sinteza piridinovykh osnovaniy iz atsetilena, dimetilketona i ammiaka [Zinc chromium-aluminum composite catalysts for the synthesis of pyridine bases from acetylene, dimethyl ketone and ammonia]. *Kompozitsionnyye materialy*, 2016, no. 4, pp. 56-60.
9. Turabdzhanova S.M., Rakhimovaa L.S., Giyasova A.Sh., Beknazarova I. Modern Eco-Analytical Extraction-Spectrophotometric Method for Copper Determination with 1-(2-Pyridylazo)2-Naphthol (PAN). ISSN 0040-5795, Theoretical Foundations of Chemical Engineering, 2019, Vol. 53, No. 5, pp. 1014–1019. © Pleiades Publishing, Ltd., 2019. Russian Text © The Author(s), 2018, published in *Khimicheskaya Tekhnologiya*, 018, Vol. 15, No. 11, pp. 523–528.
10. Perspective Wastewater Treatment from Cu²⁺ Ions in the Mining Industry IV th International Innovative Mining Symposium E3S Web of Conferences 105, 02025 (2019) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910502025>
11. Moiseyeva L.S., Tur YU.YU., Rashevskaya N.S. Zashchita oborudovaniya khimicheskikh i neftekhimicheskikh predpriyatiy ot kislотноy korrozii *Praktika protivokorroziionnoy zashchity*. 2002, no.1, pp. 30-41.
12. Kuznetsov YU.I. Sovremennoye sostoyaniye teorii ingibirovaniya korrozii. *Zashchita metallov*, 2002, vol. 38, no.2, pp. 122-131.
13. Moiseyeva L.S., Kuznetsov YU.I. Ingibirovaniye uglekislотноy korrozii neftegazopromyslovogo oborudovaniya. *Zashchita metallov*, 1996, vol. 32, no. 6, pp. 565-572.
14. Tsygankova L.Ye., Mozharov A.B., Ivanishchenkov S.S., Kos'yanenkoYe.S., Boldyrev A.A. Antikorrozionnaya zashchita staliproduktami polimerizatsii aminoamidov v uglekislотноykh i serovodородnykh sredakh. *Praktika protivokorroziionnoy zashchity*, 2003, vol. 28, no. 2, pp. 25-29.