



МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ

MATERIALS AND EQUIPMENT FOR CORROSION PROTECTION

Тип статьи: научная, оригинальная

Article type: original

doi:10.31615/j.corros.prot.2024.114.4-3

Тиоамидные соединения как присадки к нефтяным маслам

З.С. Аллахвердиев

Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности,
Азербайджан, AZ 1010, г. Баку, проспект Азадлыг, д. 16/21

e-mail: sultanelioglu@gmail.com

Аннотация. Тиоамиды широко используются в химической промышленности, технике и в сельском хозяйстве благодаря своей реакционной способности и химическим свойствам. Однако эти соединения мало изучены в качестве присадок, используемых для улучшения качества масел, применяемых в машинах и механизмах.

С этой целью были проведены научные исследования в направлении изучения повышения антикоррозионных и противоизносных свойств *n*-хлорфенилтиоацетамидов в качестве присадок к смазочным маслам.

Они являются незаменимым сырьем в производстве резины в качестве ускорителей вулканизации, флотореагентов и компонентов консервирующих жидкостей. Исследования показали, что тиоамиды, такие как *n*-хлорфенилтиоацетамид, мало изучены в качестве присадок для улучшения качества смазочных, гидравлических и минеральных масел нефтяного происхождения.

Статья посвящена изучению свойств тиоамидных соединений в качестве присадок к смазочным материалам и гидравлическим маслам. Установлено, что присадки с вторичными и третичными аминами с одинаковым алкильным радикалом обладают одинаковой способностью снижать скорость коррозии. Тиоамиды фенильного радикала являются более эффективными присадками благодаря своей термоокисляющей способности по сравнению с алкильными и гетероциклическими радикалами и проявляют свое действие в этих маслах. Учитывали добавление изопропил-*p*-хлорфенилтиоацетамида и подтверждали отсутствие выпадения осадков в окисленном масле и увеличение вязкости.

Ключевые слова: ингибиторы коррозии, присадки к нефтяным маслам, тиоамиды, противоизносные свойства смазочных масел

Для цитирования: Аллахвердиев З. С. Тиоамидные соединения как присадки к нефтяным маслам // Практика противокоррозионной защиты. – 2024. – Т. 29, № 4. – С. 33-40. <https://doi.org/10.31615/j.corros.prot.2024.114.4-3>

Статья получена 20.09.2024. Принята к публикации 06.11.2024. Опубликовано 01.12.2024.

Thioamide Compounds as Additives to Petroleum Oils

Zameddin S. Allahverdiyev

Azerbaijan State University of Oil and Industry Department,
bd. 16/21, Azadliq Avenue, Baku, AZ 1010, Azerbaijan

e-mail: sultanelioglu@gmail.com

Abstract. Thioamides are widely used in the chemical industry, engineering and agriculture due to their reactivity and chemical properties. However, these compounds have been little studied as additives used to improve the quality of oils used in machines and mechanisms.

For this purpose, scientific research has been conducted in the direction of studying the improvement of the anti-corrosion and anti-wear properties of *n*-chlorophenylthioacetamides as additives to lubricating oils.

Due to their chemical properties and reactivity, thioamides are used in the chemical industry, engineering, agriculture, etc. They are an indispensable raw material in the production of rubber as vulcanization accelerators, flotation reagents and components of preservative liquids. Studies have shown that thioamides, such as *n*-chlorophenylthioacetamide, have been little studied as additives to improve the quality of lubricating, hydraulic and mineral oils of petroleum origin.

The article is devoted to the study of the properties of thioamide compounds as additives to lubricants and hydraulic oils. It was studied that additives with secondary and tertiary amines with the same alkyl radical have the same ability to reduce the corrosion rate. Thioamides of the phenyl radical are more effective additives due to their thermal-oxidizing ability compared to alkyl and heterocyclic radicals and exhibit their effect in these oils. The addition of isopropyl-*p*-chlorophenylthioacetamide was taken into account and the absence of precipitation in the oxidized oil and an increase in viscosity were confirmed.

Keywords: corrosion inhibitors, additives to petroleum oils, thioamides, antiwear properties of lubricating oils

For citation: Allahverdiyev, Z. S. (2024). Thioamide Compounds as Additives to Petroleum Oils. *Theory and Practice of Corrosion Protection*, 29(4), 33-40. <https://doi.org/10.31615/j.corros.prot.2024.114.4-3>

Received September 20, 2024. Accepted for publication November 06, 2024. Published December 12, 2024.

Введение

Теоамиды, благодаря своей реакционной способности и химическим свойствам, находят широкое применение в химической промышленности, технике, сельском хозяйстве. Но эти соединения очень мало изучены как присадки, применяемые для улучшения качества масел, использующихся в машинах и механизмах [1].

С этой целью проведены научно-исследовательские работы по изучению повышения противокоррозионных и противоизносных свойств *n*-хлорфенилтиоацетамидов, как присадок к смазочным маслам [2, 3].

Благодаря своим химическим свойствам и реакционной способности теоамиды нашли широкое применение в химической промышленности, технике, сельском хозяйстве и т.п. Они являются незаменимым сырьем в производстве резины как вещества, ускоряющие процесс вулканизации, флотационными агентами, компонентами для консервационных жидкостей. Исследования показали, что теоамиды типа *n*-хлорфенилтиоацетамида очень мало изучены как присадки, улучшающие качества смазочных, гидравлических и минеральных масел, получаемых из нефти [4].

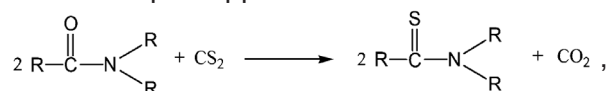
Статья посвящена изучению свойств теоамидных соединений, как присадок к смазочным и гидравлическим маслам.

С целью определения противоизносных свойств смазочных масел при движении и трении машинных механизмов и деталей, был изучен ряд эпителиоамидных соединений.

Недостатком этих соединений является

то, что при обычной температуре они не дают защиты от коррозии. Эпителиоамиды вводят в парафинистые и сложные дизельные масла в количестве 5...10%, как присадки против износа и трения. Из этих амидов *N*-алкил, *N,N'*-диалкил, или *N*-алкил-*N'*-алкоксиалкилы и его производные могут применяться как базовые масла [6, 7]

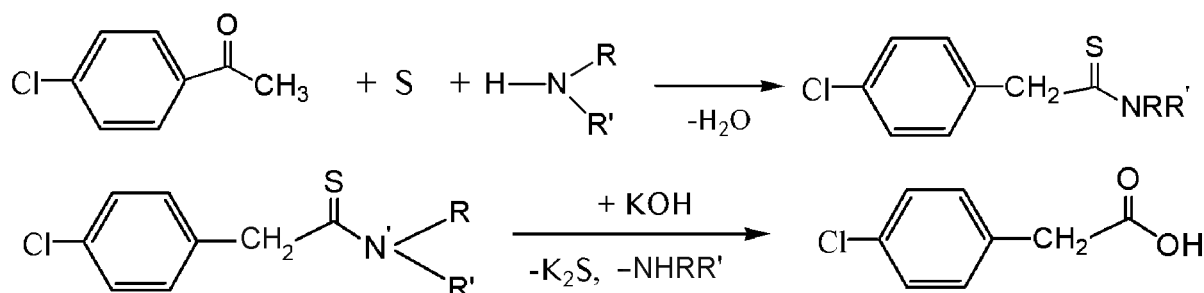
N-монозамещенные теоамиды синтезируются взаимодействием 2 пирролидона с CS_2 при высокой температуре и давлении и применяются как присадки к гидравлическим маслам, окислители при вулканизации и ингибиторы коррозии:

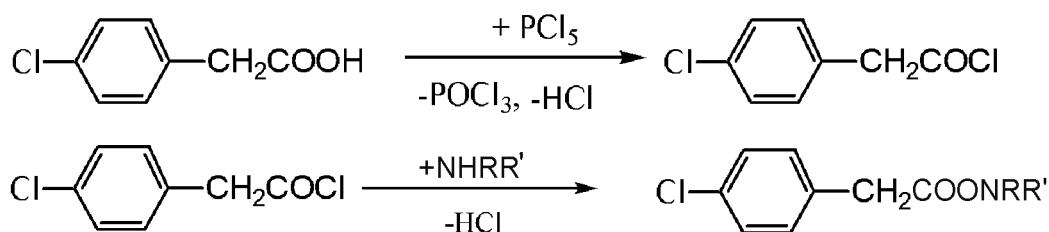


где *R* – алкильный радикал, комбинация алкильных, циклоалкильных и арильных радикалов, для каждого *R* число углеродных атомов составляет 1-20.

Общее количество углеродных атомов в молекуле амида и теоамида составляет от 3 до 30. Для определения структуры синтезированных соединений, теоамиды подвергались реакции гидролиза с щелочами, получением *n*-фенилуксусной кислоты. Далее, синтезированные кислоты при реакции с хлоридом фосфора (V) были превращены *n*-хлорфенилацетилхлориды [3, 5].

Действием аминов на *n*-хлорфенилацетилхлориды получены соответствующие амиды, а затем действием хлорида фосфора (V) превращены в хлорфенилтиоацетамиды:





$\text{R} = \text{R}' = \text{CH}_3$ (I); $\text{R} = \text{R}' = \text{C}_2\text{H}_5$ (II); $\text{R} = \text{H}, \text{R}' = \text{C}_3\text{H}_7$ (III);

$\text{R} = \text{R}' = \text{C}_3\text{H}_7$ (IV);

$\text{R} = \text{R}' = \text{C}_4\text{H}_9$ (V); $\text{NRR}' = \text{N} \begin{array}{c} \diagup \text{O} \diagdown \\ \text{C}_4\text{H}_8 \end{array}$ (VI); $\text{NRR}' = \text{N} \begin{array}{c} \diagup \diagdown \\ \text{C}_6\text{H}_{10} \end{array}$ (VII);

$\text{R} = \text{H}, \text{R}' = \text{C}_6\text{H}_5$ (VIII); $\text{R} = \text{H}, \text{R}' = \text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5$ (IX);

$\text{R} = \text{C}_2\text{H}_5, \text{R}' = \text{C}_6\text{H}_5$ (X);

$\text{R} = \text{H}, \text{R}' = \text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5$ (XI).

Было изучено влияние температуры на скорость реакции взаимодействия *n*-хлорацетофенона с серой и аминами.

Установлено, что максимальный выход тиаминов получается при температуре 115...120 °С и при продолжительности реакции 5,5...6 часов, а также при соотношении веществ *n*-хлорацетофенон : сера : морфолин соответственно 0,1 : 0,2 : 0,2.

На выход конечного продукта реакции влияет также структура аминов. Выход, в случае алифатических и гетероциклических аминов, больше, чем в случае аминов ароматической структуры.

Структурное строение синтезированных тиаминов было исследовано ИК- и ЯМР – спектроскопией. Показано, что *n*-хлорфенилацетамиды – белые или желтоватые кристаллические вещества. Хорошо растворяются в ацетоне, бензоле или эфире. Чистота тиаминов была определена газо-жидкостной хроматографией, установлено, что она составляет 96...98% [2, 3].

Константы тиаминов приводятся в табл. 1.

Экспериментальная часть

Синтез *n*-хлорфенилтиоацетамидов

В круглодонную колбу помещают 15,5 г (0,1 моль) *n*-хлорацетофенона, 6,4 г (0,2 моль) серы и 0,2 моль какого-либо амина. Нагревают в течение 6 часов при температуре 115...120 °С. После окончания реакции полученный продукт растворяют в бензоле, промывают водой, высушивают,

а затем, после перегонки бензола, оставшееся кристаллическое вещество кристаллизуют в этиловом спирте.

Синтез *n*-хлорфенилуксусной кислоты

В круглодонной колбе получают 25% раствор гидроксида калия с водой (2,5 г KOH + 10 мл H₂O). Затем добавляют 24,2 г (0,1 моль) *n*-хлорфенилтиоацетоморфолида и нагревают в течение 8...10 часов. Далее нейтрализуют соляной кислотой. Кристаллы *n*-хлорфенилуксусной кислоты после фильтрации высушивают.

Синтез *n*-хлорфенилацетилхлорида

Растворив 20,8 г (0,1 моль) хлорида фосфора (V) в 100 мл дихлорэтана, к нему добавляют порциями 17,1 г (0,1 моль) *n*-хлорфенилуксусной кислоты, нагревают до 83 °С (до температуры кипения дихлорэтана) в течение 3 часов при постоянном перемешивании. После отгонки растворителя продукт кристаллизуют в бензоле.

Синтез *n*-хлорфенилацетамидов

В трехгорлую колбу помещают 18,9 г (0,1 моль) *n*-хлорфенилацетилхлорида в присутствии бензола при температуре 0...+2 °С, из капельной воронки подают 0,2 моль соответствующего амина и перемешивают в течение 35 минут. Затем в реакционную смесь добавляют 50...60 мл аммиачной воды. Несколько раз промывают водой и фильтруют. После перегонки растворителя кристаллизуют в этиловом спирте [1].

Таблица 1. Константы синтезированных *n*-хлорфенилтиоацетамидов
Table. 1. Constants of synthesized *n*-chlorophenylthioacetamides

Соед. / Com.	Название соединений / Name of compounds	Химическая формула соединений / Chemical formula of compounds	Выход, % / Efficiency, %	Температура плавления, °C / Melting Point, °C	Элементный состав, % масс. / Elemental composition, % mass.		
					Фактический / Actual		Расчетный / Estimated
					N	S	
I	N,N-диметил- <i>n</i> -хлорфенилтиоацетамид / N,N-dimethyl- <i>n</i> -chlorophenylthioacetamide	$n\text{-ClC}_6\text{H}_4\text{CH}_2\text{C}(\text{S})\text{N}(\text{CH}_3)_2$	69,2	112-113	6,48	15,34	6,55 14,99
II	N,N-диэтил- <i>n</i> -хлорфенилтиоацетамид / N,N-diethyl- <i>n</i> -chlorophenylthioacetamide	$n\text{-ClC}_6\text{H}_4\text{CH}_2\text{C}(\text{S})\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$	70,9	110-111	5,55	13,46	5,79 13,25
III	N,N-пропил- <i>n</i> -хлорфенилтиоацетамид / N,N-propyl- <i>n</i> -chlorophenylthioacetamide	$n\text{-ClC}_6\text{H}_4\text{CH}_2\text{C}(\text{S})\text{NHC}_3\text{H}_7$	52,0	98-99	5,98	14,54	6,15 14,07
IV	N,N-дипропил- <i>n</i> -хлорфенилтиоацетамид / N,N-dipropyl- <i>n</i> -chlorophenylthioacetamide	$n\text{-ClC}_6\text{H}_4\text{CH}_2\text{C}(\text{S})\text{N}(\text{C}_3\text{H}_7)_2$	71,3	125-126	4,87	12,16	5,19 11,88
V	N,N-дибутил- <i>n</i> -хлорфенилтиоацетамид / N,N-dibutyl- <i>n</i> -chlorophenylthioacetamide	$n\text{-ClC}_6\text{H}_4\text{CH}_2\text{C}(\text{S})\text{N}(\text{C}_4\text{H}_9)_2$	76,4	101-102	4,78	10,87	4,70 10,76
VI	<i>n</i> -хлорфенилтиоморфолид / <i>n</i> -chlorophenylthiomorpholide	$n\text{-ClC}_6\text{H}_4\text{CH}_2\text{C}(\text{S})\text{N} \begin{array}{c} \diagup \text{O} \diagdown \\ \text{---} \end{array}$	85,5	95-96	5,35	12,60	5,46 12,53
VII	<i>n</i> -хлорфенилтиоацетопиперид / <i>n</i> -chlorophenylthioacetopiperide	$n\text{-ClC}_6\text{H}_4\text{CH}_2\text{C}(\text{S})\text{N} \begin{array}{c} \diagup \diagdown \\ \text{---} \end{array}$	87,3	80-81	5,35	12,87	5,52 12,63
VIII	N-фенил- <i>n</i> -хлорфенилтиоацетамид / N-phenyl- <i>n</i> -chlorophenylthioacetamide	$n\text{-ClC}_6\text{H}_4\text{CH}_2\text{C}(\text{S})\text{NHC}_6\text{H}_5$	68,5	122-123	5,49	12,30	5,35 12,25
IX	N-этил-N-фенил- <i>n</i> -хлорфенилтиоацетамид / N-ethyl-N-phenyl- <i>n</i> -chlorophenylthioacetamide	$n\text{-ClC}_6\text{H}_4\text{CH}_2\text{C}(\text{S})\text{NHC}_6\text{H}_5$	61,8	118-119	5,16	11,84	5,07 11,62
X	N-этил-N-фенил- <i>n</i> -хлорфенилтиоацетамид / N-ethyl-N-phenyl- <i>n</i> -chlorophenylthioacetamide	$n\text{-ClC}_6\text{H}_4\text{CH}_2\text{C}(\text{S})\text{N}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)_2$	54,0	108-109	4,60	10,89	4,89 11,05
XI	N-(β-фенил)изопропил- <i>n</i> -хлорфенилтио- ацетамид / N-(β-phenyl)isopropyl- <i>n</i> - chlorophenylthio-acetamide	$n\text{-ClC}_6\text{H}_4\text{CH}_2\text{C}(\text{S})\text{NHC}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5$	72,3	75-76	4,42	10,69	4,61 10,55

Синтез *n*-хлорфенилтиоацетамидов взаимодействием хлорида фосфора (V) с *n*-хлорфенилацетамида

К 0,1 моль раствора *n*-хлорфенилацетамида в кипящем бензоле небольшими порциями добавляют 5,6 г (0,025 моль) хлорида фосфора (V). Продукт реакции в течение 3,0...3,5 ч. перемешивается в среде кипящего бензола. После окончания реакции продукт промывают водой, перегоняют бензол и кристаллизуют в этиловом спирте.

N,N-диметил-*n*-хлорфенилтиоацетамид

Исходные компоненты:

n-хлорацетофенон – 15,5 г (0,1 моль),
сера – 6,4 г (0,2 моль),
диметиламин (32%) – 28,2 г (0,2 моль).

Выход 14,8 г (69,2); $T_m = 122...123\text{ }^{\circ}\text{C}$

Фактически: содержание $N(\%)$ – 6,48
содержание $S(\%)$ – 15,34

Рассчитано: содержание $N(\%)$ – 6,55
содержание $S(\%)$ – 14,99



Практическое применение тиамидов

Были изучены свойства тиамидов (*n*-хлорфенилтиоацетамидов) как антикоррозионных, противоизносных, (термоокислительных) присадок в гидравлических и смазочных маслах.

Для проверки влияния структуры синтезированных тиамидов на их эффективность как присадок, были приготовлены композиции из 100 г масла с добавлением 0,002; 0,005; 0,007 моль вещества соответственно (табл. 3). В результате было установлено, что скорость коррозии в гидравли-

Таблица 2. Влияние содержания *n*-хлорфенилтиоацетамидов
на скорость коррозии смазочного масла

Table. 2. Effect of *n*-chlorophenylthioacetamide content on corrosion rate in oils

№	Образцы	Содержание присадки в 100 г масла / Additive content in 100 g of oil		Скорость коррозии, г/м ² ·час / Corrosion rate, g/m ² ·h
		моль / mole	грамм / gram	
1	Смазочное масло / Lubricating oil	-	-	180...200
2	масло / oil + <i>n</i> – ClC ₆ H ₄ CH ₂ C(S)N(CH ₃) ₂	0,002	0,43	6,5
		0,005	1,07	1,2
		0,007	1,50	1,0
3	масло / oil + <i>n</i> – ClC ₆ H ₄ CH ₂ C(S)NH – C ₃ H ₇	0,002	0,46	14,7
		0,005	1,14	7,6
		0,007	1,59	5,5
4	масло / oil + <i>n</i> – ClC ₆ H ₄ CH ₂ C(S)N(C ₄ H ₉) ₂	0,002	0,60	13,1
		0,005	1,49	8,4
		0,007	2,09	5,3
5	масло / oil + <i>n</i> – ClC ₆ H ₄ CH ₂ C(S)N 	0,002	0,51	4,3
		0,005	1,28	3,2
		0,007	1,79	2,1
6	масло / oil + <i>n</i> – ClC ₆ H ₄ CH ₂ C(S)N 	0,002	0,51	5,3
		0,005	1,27	3,3
		0,007	1,78	2,2
7	масло / oil + <i>n</i> – ClC ₆ H ₄ CH ₂ C(S)NHC ₆ H ₅	0,002	0,52	6,4
		0,005	1,31	3,2
		0,007	1,83	2,3
8	масло / oil + <i>n</i> – ClC ₆ H ₄ CH ₂ C(S)N(C ₂ H ₅)C ₆ H ₅	0,002	0,58	1,0
		0,005	1,45	1,0
		0,007	2,03	0,8
9	масло / oil + <i>n</i> – ClC ₆ H ₄ CH ₂ C(S)NHCHCH ₂ C ₆ H ₅ CH ₃	0,002	0,61	12,7
		0,005	1,52	3,1
		0,007	2,13	2,2



ческих и смазочных маслах уменьшается от 180...200 г/м²·ч до 0,8...31,2 г/м²·ч. Для уменьшения скорости коррозии на 10 г/м²·ч содержание исследуемых тиоамидов в 100 г масла должно быть 0,005 моль. В тиоамидах изменение радикала атома азота мало влияет на их способность уменьшать скорость коррозии. Например, если при добавлении к 100 г смазочного или гидравлического масла 0,002 моль *n*-хлорфенилтиоацетоморфолида скорость коррозии уменьшается на 4,3 г/м²·час, то в случае *N,N*-диметил-*n*-хлорфенилтиоацетамида этот по-

казатель составит 6,5 г/м²·час, а *N*-фенил-*n*-хлорфенилтиоацетамида – 6,4 г/м²·час.

Присадки с вторичными и третичными аминами при одном и том же алкильном радикале имеют одинаковую способность уменьшать скорость коррозии. Тиоамиды с фенильным радикалом являются более эффективными присадками по своей термоокислительной способности, чем с алкильными и гетероциклическими радикалами. Например, если к маслам добавить 0,002 моль *N*-(β-фенил) изопропил-*n*-хлорфенилтиоацетамида, то в окис-

Таблица 3. Влияние *n*-хлорфенилтиоацетамидов на повышение термоокислительной стабильности масел

Table. 3. Effect of *n*-chlorophenylthioacetamides on increasing the thermal-oxidative stability of oils

№	Образцы / Samples	Содержание присадки в 100 г масла / Additive content in 100 g of oil		Осадок, в % окисленном масле / Sediment, in % oxidized oil	Повышение вязкости, % Increase in viscosity, %
		моль / mole	грамм / gram		
1	Смазочное масло / Lubricating oil	-	-		10,30
2	масло + п – ClC ₆ H ₄ CH ₂ C(S)N(CH ₃)	0,002	0,43	3,20	28,90
		0,005	1,07	5,17	26,61
		0,007	1,50	5,61	29,91
3	масло + п – ClC ₆ H ₄ CH ₂ C(S)NHC ₃ H ₇	0,002	0,46	3,10	20,32
		0,005	1,14	3,86	22,70
		0,007	1,59	4,76	26,31
4	масло + п – ClC ₆ H ₄ CH ₂ C(S)N(C ₄ H ₉) ₂	0,002	0,60	2,82	18,12
		0,005	1,49	3,01	21,42
		0,007	2,09	4,21	24,15
5	масло + п – ClC ₆ H ₄ CH ₂ C(S)N 	0,002	0,51	6,17	21,31
		0,005	1,28	12,70	28,42
		0,007	1,79	5,93	29,33
6	масло + п – ClC ₆ H ₄ CH ₂ C(S)N 	0,002	0,51	3,31	19,42
		0,005	1,27	4,62	26,34
		0,007	1,78	5,01	28,28
7	масло + п – ClC ₆ H ₄ CH ₂ C(S)NHC ₆ H ₅	0,002	0,52	1,83	13,01
		0,005	1,31	2,04	14,16
		0,007	1,83	3,81	18,81
8	масло + п – ClC ₆ H ₄ CH ₂ C(S)N(C ₂ H ₅)C ₆ H ₅	0,002	0,58	2,02	16,24
		0,005	1,45	1,14	19,20
		0,007	2,03	2,82	19,90
9	масло + п – ClC ₆ H ₄ CH ₂ C(S)NHCHCH ₂ C ₆ H ₅ CH ₃	0,002	0,61	0,45	10,13
		0,005	1,52	1,20	15,08
		0,007	2,13	1,40	17,21

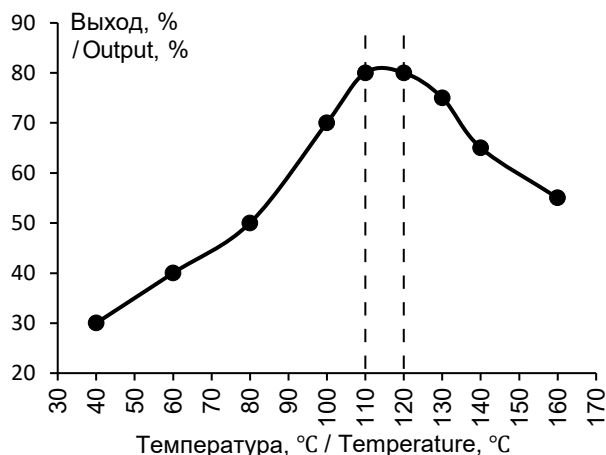


Рис. 1. Влияние температуры на выход тиаминов (*n*-хлорацетофенон : сера : морфолин) в течение 6 часов

Fig. 1. Effect of temperature on the yield of thioamides (*n*-chloroacetophenone: sulfur: morpholine) over 6 hours

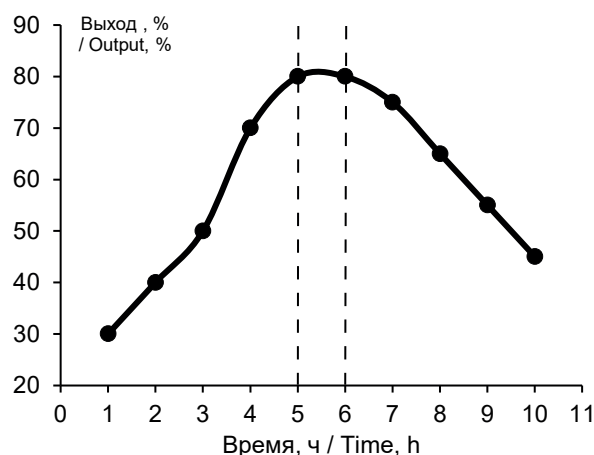


Рис. 2. Влияние времени проведения реакции на выход продукта (*n*-хлорацетофенон : сера : морфолин), (115...120 °C)

Fig. 2. Effect of reaction time on the yield of the product (*n*-chloroacetophenone : sulfur : morpholine), (115...120 °C)

ленном масле не бывает осадка, повышение вязкости составляет 10,13%. Тогда как при добавлении к маслам 0,002 моль *n*-хлорфенилтиоацетоморфолида и *N,N*-диметил-*n*-хлорфенилтиоацетамида соответственно получают 6,17% и 21,31% осадка, а повышение вязкости составляет 3,20% и 28,9% (табл. 2, 3).

На рис. 1 и 2 показаны влияние температуры и продолжительности реакции на выход тиаминов.

Выводы

1. Синтезирован *n*-хлорфенилтиоацетамиды взаимодействием *n*-хлорацетофенона с серой и различными аминами, а также хлорангидридами карбоновых кислот с хлоридом фосфора (V) и аминами.

2. Структуры синтезированных соединений были доказаны методами ИК – и ЯМР – спектроскопии.

3. Синтезированные тиамины могут быть использованы в смазочных и гидравлических маслах как присадки, и установлено, что эти тиамины улучшают свойства масел, а также увеличивают стойкость узлов машин и механизмов к коррозии, трению и термическому окислению.

4. Синтезированные тиамины рекомендуются для применения как присадки к маслам, улучшающие их свойства.

Список литературы

1. Цыганкова Л.Е. и др. Антикоррозионная защита стали продуктами полимеризации аминоксидов в углекислотных и сероводородсодержащих средах // Практика противокоррозионной защиты. – 2003. – № 2(28). – С. 25-29.
2. Кузнецов Ю.И., Фролова Л.В., Томина Е.В. // Коррозия: материалы, защита. – 2005. – № 6. – С. 18-21.
3. Ануфриев Н.Г., Атеф Эль-Сайед М. Ускоренный метод оценки коррозионности кислотных растворов по отношению к низкоуглеродистой стали // Коррозия: материалы, защита. – 2010. – № 1. – С. 44-48.
4. Цыганкова Л.Е., Шитикова (Корякина) Е.А., Есина М.Н., Ермакова Ю.В., Яковлева В.А., Копылова Е.Ю. // Коррозия: материалы, защита. – 2009. – № 12. – С. 20-24.
5. Уорф Р.А., Киченко А.Б. Оценка коррозионной активности сред Салымских нефтяных месторождений с точки зрения возможности вызывать сульфидное растрескивание промышленных трубопроводов и оборудования // Практика противокоррозионной защиты. – 2012. – № 1 (63). – С. 42-49.
6. Цыганкова Л.Е., Назина Т.Н., Есина М.Н. Исследование ингибирующего и бактерицидного действия композиций серии «ИН-КОРГАЗ» // Коррозия: материалы, защита. – 2013. – № 1. – С. 20-24.

7. Осерббаева А.К., Нуруллаев Ш.П. // XXXIII Международная научная конференция «Техноконгресс». – Россия. – Кемерово, 2018. – С. 3-7.

References

1. Tsygankova, L. E. and others. (2003). Anti-corrosion protection of steel by products of polymerization of aminoamides in carbon dioxide and hydrogen sulfide-containing environments. *Theory and practice of corrosion protection*, 2(28), 25-29. (in Russ.)

2. Kuznecov, Ju. I., Frolova, L. V. & Tomina, E. V. (2005). *Korroziya: materialy, zashhita*, (6), 18-21. (in Russ.)

3. Anufriev, N. G., Atef Jel'-Sajed M. (2010). An accelerated method for assessing the corrosivity of acid solutions towards low-carbon steel. *Korroziya: materialy, zashhita*, (1), 44-48. (in Russ.)

4. Tsygankova, L. E., Shitikova (Korjakina), E. A., Esina, M. N., Ermakova, Ju. V., Jakovleva, V. A., & Kopylova, E. Ju. (2009). *Korroziya: materialy, zashhita*, (12), 20-24. (in Russ.)

5. Uorf, R. A., Kichenko, A. B. (2012). Assessment of the corrosion activity of the environments of the Salym oil fields from the point of view of the possibility of causing sulfide cracking of field pipelines and equipment. *Theory and practice of corrosion protection*, 1(63), 42-49. (in Russ.)

6. Tsygankova, L. E., Nazina, T. N., & Esina, M. N. (2013). Study of the inhibitory and bactericidal action of the compositions of the INCORGAS series. *Korroziya: materialy, zashhita*, (1), 20-24. (in Russ.)

7. Oserbaeva, A. K., Nurullaev, Sh. P. (2018). *XXXIII International Scientific Conference "Technocongress"*. Russia: – Kemerovo, 3-7. (in Russ.)

Информация об авторах

Аллахвердиев Замеддин Султанали оглы, к.т.н., доцент, Государственный Университет Нефти и Промышленности, г. Баку, Азербайджан

Information about authors

Zameddin S. Allahverdiyev, Ph.D. in Technical Sciences, assistant professor, State University of Oil and Industry, Baku Azerbaijan

В.И. Вигдорович, Л.Е. Цыганкова

Ингибирование сероводородной и углекислотной коррозии металлов. Универсализм ингибиторов

Объем издания: 15,25 п.л. (253 стр.)
Стоимость 600 рублей

В монографии обобщены литературные данные и результаты многолетних исследований, выполненных под руководством авторов по вопросам ингибирования коррозии углеродистой стали в сероводородных и углекислотных средах. Значительное внимание уделено разработке критериев защитной эффективности ингибиторов, особенностям кинетики и механизма разрушения стали в присутствии H_2S и CO_2 в слабокислых и близких к нейтральным минерализованным средам. Анализируется действие большого количества промышленных ингибиторов и лабораторных образцов, в том числе на основе имидазолинов, алифатических, циклических и оксиэтилированных аминов. Рассматривается их защитная эффективность, влияние на кинетику электродных реакций, бактерицидные свойства, и интегральная токсикологическая характеристика, торможение твердофазной диффузии водорода и воздействие на сохраняемость механических свойств стали в сероводородных и углекислотных средах и при совместном присутствии H_2S и CO_2 .