

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
TOG‘-KON SANOATI VA GEOLOGIYA VAZIRLIGI
NAVOIY DAVLAT KONCHILIK VA TEXNOLOGIYALAR UNIVERSITETI**

**“KIMYO SANOATI VA KIMYOVIY
TEXNOLOGIYANING MUAMMOLARI VA
INNOVATSION YECHIMLARI”**

mavzusidagi

Respublika ilmiy-amaliy anjumani



**23-24-may, 2025-yil
Navoiy**

ega ekanligini, ular ekologik toza, iqtisodiy foydali va texnologik jihatdan oddiy usulda tayyorlanishini ko'rishimiz mumkin.

Adabiyotlar

1. Zhang, W. et al. (2021). Origin and industrial applications of lignosulfonates with a focus on dust suppression. *Construction and Building Materials*, 305, 124772.
2. Niu, Y., Hao, J. (2017). Lignin-based dust suppressant for mining areas. *Journal of Cleaner Production*, 149, 143–149.
3. Borregaard. (2020). Dustex – Lignin-based dust control. <https://www.borregaard.com>

ЭПР СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ АНТИКОРРОЗИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТАФОСФАТНЫХ МОЛЕКУЛЯРНЫХ КОМПЛЕКСОВ МОЧЕВИНЫ

¹Холикова Г.К., ¹Мардонов У.М., ¹Ганиев Б.Ш., ¹Абдурахмонов С.Ф., ²Хусенов К.Ш., ²Каримов З.Т.

¹Бухарский государственный университет;

²Навоийский государственный горный и технологический университет

Коррозия и защита от нее металлических конструкций являются актуальной проблемой в химической, металлургической и нефтегазовой промышленности [1]. В последнее время одним из перспективных направлений антикоррозионной защиты является использование комбинированных (органических и неорганических) ингибиторов, в частности, комплексов мочевины с неорганическими кислотами [2]. Для изучения кинетики и эффективности антикоррозионных свойств часто используются гравитационные, фотоколориметрические и электрохимические методы [3]. В данном исследовании наряду с гравиметрическим, нами использован метод спектроскопии ЭПР (электронно-парамагнитного резонанса), так как последнее время в данном методе появились приложения, позволяющие определить количества парамагнитных центров (ПМЦ)

с использованием соответствующих ПО, основанных на применение современных ИТ и цифровых технологий в ФХМИ [4].

В связи с этим, в данном сообщении представлены результаты ЭПР спектроскопического изучения антикоррозионной эффективности молекулярных комплексов мочевины с метафосфорной кислотой в 3%-ном растворе NaCl. Исследована антикоррозионная активность соединений состава: $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HPO}_3]$ - монометафосфат мочевины (MMFM), $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot 2\text{HPO}_3]$ - диметафосфат мочевины (DMFM) и $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot 3\text{HPO}_3]$ - триметафосфат мочевины (TMFM) по параметрам спектров: g-фактор, ширины линии (ΔH , mT), число парамагнитных центров ($N_{\text{ПМЦ}}$, spin/mg), концентрации спинов (Conc, spin/mm³) и молярная концентрация в растворе (M, моль/л). Антикоррозионные эффекты изученных соединений определены по изменению интенсивности резонансных линий ЭПР спектров и количества перешедших в коррозионной испытательной среде (3% ного раствора NaCl в присутствии MMFM, DMFM, TMFM) в раствор ионов Fe^{+3} и Mn^{+2} , как основные индикаторные парамагнитные частицы, в различных интервалах (25 и 48 ч) времени образцов металлических труб, использованных в теплообменниках технологических оборудования Газлинского ГПЗ. Результаты изучений приведены в таблице.

Таблица

Результаты ЭПР спектрального изучения антикоррозионной эффективности молекулярных комплексов мочевины с метафосфорной кислотой

N п/ п	*Центр или ширин а линии ΔH , mT	g- фактор	$N_{\text{ПМЦ}}$, спин/мг	Концентрац ия ПМЦ, spin/mm ³	Молярная конц-я, M	Время выдержки, час /парамагнит - ный ион
--------------	---	--------------	-------------------------------	---	-----------------------	---

Контрольный раствор (100 мл, 3% ный р-р NaCl)						
1	*160,3	4,2110	$2,379 \cdot 10^{15}$	$3,399 \cdot 10^{14}$	$5,65 \cdot 10^{-4}$	25 ч /Fe ⁺³
2	*159,3	4,2373	$1,766 \cdot 10^{15}$	$2,524 \cdot 10^{14}$	$4,19 \cdot 10^{-4}$	48 ч /Fe ⁺³
Σ			$4,145 \cdot 10^{15}$	$5,923 \cdot 10^{14}$	$9,84 \cdot 10^{-4}$	
3	8,007	2,0000	$4,839 \cdot 10^{15}$	$6,525 \cdot 10^{14}$	$11,54 \cdot 10^{-4}$	25 ч /Mn ⁺²
4	8,006	1,9997	$1,155 \cdot 10^{15}$	$1,649 \cdot 10^{14}$	$2,740 \cdot 10^{-4}$	48 ч /Mn ⁺²
Σ			$5,994 \cdot 10^{15}$	$8,174 \cdot 10^{14}$	$14,28 \cdot 10^{-4}$	
1 - Испытательный раствор ММФМ (CO(NH ₂) ₂ ·HPO ₃) в 100 мл, 3% ного р-ра NaCl)						
1	*161,0	4,1914	$2,556 \cdot 10^{15}$	$3,652 \cdot 10^{14}$	$6,070 \cdot 10^{-4}$	25 ч /Fe ⁺³
2	*159,8	4,2244	$1,328 \cdot 10^{15}$	$1,898 \cdot 10^{14}$	$3,152 \cdot 10^{-4}$	48 ч /Fe ⁺³
Σ			$3,84 \cdot 10^{15}$	$5,550 \cdot 10^{14}$	$9,22 \cdot 10^{-4}$	
3	8,05	1,9990	$4,041 \cdot 10^{15}$	$5,773 \cdot 10^{14}$	$9,600 \cdot 10^{-4}$	25 ч /Mn ⁺²
4	7,92	2,00275	$0,641 \cdot 10^{15}$	$0,916 \cdot 10^{14}$	$1,520 \cdot 10^{-4}$	48 ч /Mn ⁺²
Σ			$4,682 \cdot 10^{15}$	$6,689 \cdot 10^{14}$	$11,12 \cdot 10^{-4}$	
2 - Испытательный раствор ДМФМ (CO(NH ₂) ₂ ·2HPO ₃) в 100 мл, 3% ного р-ра NaCl)						
1	*161,0	4,1911	$2,470 \cdot 10^{15}$	$3,530 \cdot 10^{14}$	$5,86 \cdot 10^{-4}$	25 ч /Fe ⁺³
2	*159,6	4,2308	$2,867 \cdot 10^{15}$	$4,096 \cdot 10^{14}$	$6,80 \cdot 10^{-4}$	48 ч /Fe ⁺³
Σ			$5,337 \cdot 10^{15}$	$7,626 \cdot 10^{14}$	$12,66 \cdot 10^{-4}$	
3	7,80	2,0000	$5,516 \cdot 10^{14}$	$0,788 \cdot 10^{14}$	$1,309 \cdot 10^{-4}$	25 ч /Mn ⁺²
4	7,92	2,00125	$3,274 \cdot 10^{14}$	$4,677 \cdot 10^{14}$	$7,770 \cdot 10^{-4}$	48 ч /Mn ⁺²
Σ			$8,79 \cdot 10^{14}$	$5,465 \cdot 10^{14}$	$9,079 \cdot 10^{-4}$	
3 - Испытательный раствор ТМФМ (CO(NH ₂) ₂ ·3HPO ₃) в 100 мл, 3% ного р-ра NaCl)						
1	*160,0	4,2181	$1,037 \cdot 10^{15}$	$1,481 \cdot 10^{14}$	$2,460 \cdot 10^{-4}$	25 ч /Fe ⁺³
2	*159,3	4,2368	$1,030 \cdot 10^{15}$	$1,470 \cdot 10^{14}$	$2,440 \cdot 10^{-4}$	48 ч /Fe ⁺³

Σ			$2,067 \cdot 10^{15}$	$2,951 \cdot 10^{14}$	$4,90 \cdot 10^{-4}$	
3	8,01	1,9990	$3,014 \cdot 10^{15}$	$4,306 \cdot 10^{14}$	$7,153 \cdot 10^{-4}$	25 ч /Mn ⁺²
4	7,84	1,9993	$0,923 \cdot 10^{15}$	$1,318 \cdot 10^{14}$	$2,190 \cdot 10^{-4}$	48 ч /Mn ⁺²
Σ			$3,937 \cdot 10^{15}$	$5,264 \cdot 10^{14}$	$9,343 \cdot 10^{-4}$	

По данным проведенных исследований выяснено, что в контрольном с наибольшей коррозионной активностью растворе марганцевый легирующий компонент больше подвергается коррозии ($8,174 \cdot 10^{14}$ spin/mm³), по сравнению с основным компонентом ($5,923 \cdot 10^{14}$ spin/mm³, Fe⁺³) металлического сплава. При этом оба металла вступают в процесс коррозии большей скоростью в начале (за 25 ч), $3,399 \cdot 10^{14}$ (Fe); $6,525 \cdot 10^{14}$ (Mn) spin/mm³), нежели последующий период контактирования с агрессивной средой (за 48 ч) $2,524 \cdot 10^{14}$ (Fe); $1,649 \cdot 10^{14}$ (Mn) spin/mm³). Аналогичный характер корродирования проявляется в 1- и 2-испытательных растворах состава $(\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot n\text{HPO}_3) + (100 \text{ мл, } 3\% \text{ ного раствора NaCl})$, где n=1 и 2, но с замедленной скоростью в 1,10 (по Fe) и 1,3 (по Mn) раза по сравнению с контрольным раствором. Это свидетельствует о том, что метафосфатные соли мочевины проявляют свойства ингибирования коррозии металлов.

Наиболее выраженное снижение скорости коррозии проявляется в среде 3-испытательного раствора состава $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot 3\text{HPO}_3$ в 100 мл, 3% ного раствора NaCl. Пониженные интенсивности спектральных линий и соответствующие концентрации спинов парамагнитных центров наблюдались в растворе ТМФМ, особенно больше в случае железа ($2,951 \cdot 10^{14}$ spin/mm³) 2,0 раза, чем в случае Mn ($5,264 \cdot 10^{14}$ spin/mm³) в 1,3 раза. Это подтверждает большей антикоррозионной эффективности триметафосфата мочевины.

В целом, изучением методом ЭПР-спектроскопии коррозионной активности молекулярных комплексов метафосфата мочевины в различных молекулярных соотношениях установлено проявления ими антикоррозионной активности,

усиливающиеся с повышением содержания метафосфатного компонента. Сравнительные данные корродирования металлического сплава, в зависимости от природы основного (Fe) и легирующего (Mn) металла, показало преимущественного ингибирования мочевино-метафосфатным составом железа, по сравнению с марганцевым компонентом в хлорид-ионы содержащей агрессивной среде. Результаты свидетельствуют об перспективности использования молекулярных метафосфатных комплексов мочевины в антикоррозионной защите металлических конструкций технологических оборудования.

Список литературы

1. Zaki Ahmad. Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control // Science. – 2006. – Т. 1. – P.673.
2. Малов Е.Н., Сафаров К.У., Холманов В.М., Салахутдинов И.Р. Хранение и противокоррозионная защита техники: учебное пособие для студентов инженерного факультета. Ульяновск, 2013. – 196с.
3. Холиков А.Ж., Акбаров Х.И., Рашидова К.Х. Антикоррозионных свойств разработанных ингибиторов электрохимическими методами и гравиметрические исследований // Евразийский Союз Ученых. – 2016. – №. 6-2 (27). – С. 122-127.
4. Линева В.Н., Муравский В.А., Фигурин В.А., Фурса Е.Я. Способ регистрации спектров электронного парамагнитного резонанса анизотропных веществ. Номер патента: 1190245. Опубликовано: 07.11.1985
5. Sierra G.A., Schweiger A. Anisotropy-resolved electron paramagnetic resonance spectroscopy // Molecular Physics. – 1998. – Т. 95. – №. 5. – С. 973-987.

	У.Х., Темиров Ў.Ш., Исомуродова С.Ё. (Навоий давлат кончилиқ ва технологиялар университети)	
191.	Переработка фосфоритовых руд на базе местного сырья. Ахтамova М.З., Бахритдинов О.У., Рахмонова К.С. (Навоийский государственный горно-технологический университет)	453
192.	Nanokatalizatorlarning zamonaviy texnologiyalardagi yutug'i. Yusupova G.X., Hotamov X.Sh., Jumayev M.Sh. (Islom Karimov nomidagi TDTU Olmaliq filiali)	455
193.	Rivojlangan mamlakatlarda bo'lajak kimyo o'qituvchilarini tayyorlash tizimining o'ziga xos xususiyatlari. G.U. Dauekееva (Ajiniyoz nomidagi Nukus davlat pedagogika instituti)	458
194.	Organik reagentlar asosida yangi ionit sintezi. ¹ Yulchiyeva M.G'., ² Turayev X.X., ¹ Abduvaliyeva M.J. (Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universitati, Termiz davlat universiteti professori)	460
195.	Boyitilgan loy bentonitning teksturaviy xarakteristikalari. ¹ Omanov B.Sh., ¹ Xatamova M.S., ² Allayorov N.B. (¹ Navoiy davlat universiteti, ² Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti)	462
196.	Log'on bentonitini boyitish texnologiyasini ishlab chiqish va undagi o'zgarishlarni o'rganish. ¹ M.A. No'monov, ² A.B. Abdikamalova (¹ Farg'ona davlat texnika universiteti, ² O'z.R.F.A Umumiy va noorganik kimyo instituti)	464
197.	Kuchsiz kislotali elektrolitlarda nikel asosidagi galvanik qoplamalarni olish. Yusupova G.X., Sattorova D.S. (Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti Olmaliq filiali)	466
198.	Получение дефолианта хлората магния на основе местного сырья - минерала сапонита. Умиров Ф.Э., Пирназаров Ф. Г, Муродиллаева С.О., Юлдошева Ш.Ж. (Навоийский государственный горно-технологический университет)	468
199.	Lignosulfonatlar asosida chang bstiruvchi preparatlar olish. Muxiddinov B.F., Oliyulov F.J.(Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti)	470
200.	Эпр спектроскопическое изучение антикоррозионной эффективности метафосфатных молекулярных комплексов мочевины. ¹ Холикова Г.К., ¹ Мардонов У.М., ¹ Ганиев Б.Ш., ¹ Абдурахмонов С.Ф., ² Хусенов К.Ш., ² Каримов З.Т. (¹ Бухарский государственный университет, ² Навоийский государственный горный и технологический университет)	472