

8-28-2021

PREPARATION OF META-NITROBENZOYLHYDRAZONE FERROCENOYLACETONE AND SYNTHESIS ON ITS BASIS

Zilola Abduraxmonovna Sulaymonova

Bukhara state university, Adress: 11. st. M. Ikbala, Bukhara city, 200117, Republic of Uzbekistan, E-mail: sulaymonovaza@mail.ru, sulaymonovaza@mail.ru

Bako Bafayevich Umarov doctor chemical science, professor

Bukhara state university, Adress: 11. st. M. Ikbala, Bukhara city, 200117, Republic of Uzbekistan, E-mail: umarovbako@mail.ru, umarovbako@mail.ru

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



Part of the [Biochemistry, Biophysics, and Structural Biology Commons](#), [Complex Fluids Commons](#), [Controls and Control Theory Commons](#), [Heterocyclic Compounds Commons](#), [Industrial Technology Commons](#), and the [Process Control and Systems Commons](#)

Recommended Citation

Sulaymonova, Zilola Abduraxmonovna and Umarov, Bako Bafayevich doctor chemical science, professor (2021) "PREPARATION OF META-NITROBENZOYLHYDRAZONE FERROCENOYLACETONE AND SYNTHESIS ON ITS BASIS," *Chemical Technology, Control and Management*: Vol. 2021 : Iss. 4 , Article 1. DOI: <https://doi.org/10.51346/tstu-02.21.4-77-0024>
Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ijctcm/vol2021/iss4/1>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Chemical Technology, Control and Management by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.



ISSN 1815-4840, E-ISSN 2181-1105

Himičeskaâ tehnologiâ. Kontrol' i upravlenie

**CHEMICAL TECHNOLOGY.
CONTROL AND MANAGEMENT**2021, №4 (100) pp.05-11. <https://doi.org/10.51346/tstu-02.21.4-77-0024>

International scientific and technical journal

journal homepage: <https://journals.edu.uz/ijctcm/>

Since 2005

UDC 541.49+538.113+547.447

PREPARATION OF META-NITROBENZOYLHYDRAZONE FERROCENOYLACETONE AND SYNTHESIS ON ITS BASIS**Sulaymonova Zilola Abdurahmonovna¹, Umarov Bako Bafayevich²**^{1,2}Bukhara state university, Adress: 11. st. M. Ikbala, Bukhara city, 200117, Republic of UzbekistanE-mail: ¹sulaymonovaza@mail.ru, ²umarovbako@mail.ru.

Abstract: β -diketone-ferrocenoylacetone was obtained by Claisen condensation. Meta-nitrobenzoylhydrazone of ferrocenoylacetone (H_2L) was synthesized by the interaction of meta-nitrobenzoic acid hydrazide with ferrocenoylacetone. On its basis, complexes with copper(II) and nickel(II) ions were synthesized. The obtained compounds were characterized by the methods of elemental analysis, IR-, 1H NMR and electronic spectroscopy. The research results showed that H_2L in solution exists in the form of a tautomeric mixture: hydrazone, α -hydroxazine, and cyclic 5-hydroxypyrazoline forms. According to the results of IR and 1H NMR spectra, the complexes were assigned a planar-square structure, and in them the doubly deprotonated ligand residue is coordinated by a metal atom through two oxygen atoms and a nitrogen atom of the hydrazone fragment. The fourth place in the flat square of the trans- N_2O_2 -coordination site is occupied by the ammonia molecule.

Keywords: monoacetylferrocene, hydrazone, Claisen ester condensation, tautomerism, spectroscopy

Аннотация: Кляйзеннинг конденсацияси йўли билан β -дикетон-ферроценоилацетон олинган. Мета-нитробензол кислотаси гидразида ферроценоилацетон билан ўзаро таъсири натижасида мета-нитробензоилгидразонферроценоилацетон (H_2L) синтезланган. Бунинг асосида мис(II) ва никель(II) ионли комплекслар синтезланган. Олинган бирикмалар элементли таҳлил, ИҚ-, ЯМР 1H ва электрон спектроскопия усуллари ёрдамида ўрганилган. Тадқиқотлар натижаси эритмада H_2L гидразон, α -оксиазин ва циклик 5-оксипиразолин каби таутомерли аралашма ҳолатида учрашини кўрсатди. ИҚ- ва ЯМР 1H спектрлар натижаларига кўра комплекслар ясси-квадрат тузилишига эга эканлиги ҳамда уларда икки марта депротонланган лиганд қолдиги металл атоми билан иккита кислород атоми ва гидразон фрагментининг азот атоми орқали координацияланган. Транс- N_2O_2 -координацион турунининг ясси квадратда тўртинчи ўринни аммиак молекуласи эгаллаган.

Таянч сўзлар: моноацетилферроцен, гидразон, Кляйзеннинг мураккаб эфир конденсацияси, таутомерия, спектроскопия.

Аннотация: Путем намиконденсации Кляйзена получен β -дикетон-ферроценоилацетон. Синтезирован мета-нитробензоилгидразонферроценоилацетон (H_2L) взаимодействием гидразида мета-нитробензойной кислоты с ферроценоилацетоном. На этом основе синтезированы комплексы с ионами меди(II) и никеля(II). Полученные соединения охарактеризованы методами элементного анализа, ИК-, ЯМР 1H и электронной спектроскопии. Результаты исследования показали, что H_2L в растворе существует в виде таутомерной смеси: гидразонной, α -оксиазинной и в циклической 5-оксипиразолиновой формах. По результатам ИК- и ЯМР 1H спектров комплексам приписано плоско-квадратное строение и в них дважды депротонированный остаток лиганда координирован атомом металла через два атома кислорода и атом азота гидразонного фрагмента. Четвертое место в плоском квадрате транс- N_2O_2 -координационного узла занимает молекула аммиака.

Ключевые слова: моноацетилферроцен, гидразон, сложноэфирная конденсация Кляйзена, таутомерия, спектроскопия.

ВВЕДЕНИЕ

Органические соединения, содержащие ферроценовый фрагмент, представляют интерес как для координационной химии, так и для фармакологии [1-3]. Всемирная организация

здравоохранения (ВОЗ) прогнозирует стремительное развитие болезней мозга, уровень которых в ближайшие два десятилетия, как полагают эксперты ВОЗ, перегонит раковые и сердечно-сосудистые заболевания. Металлокомплексные соединения играют важную роль в биологических процессах, демонстрируя разнообразные виды активности, а именно, антианемическую, антисептическую, противоопухолевую, туберкулостатическую. В течение последних двух десятилетий активно исследуется противоопухолевая активность ферроцен-содержащих соединений [4].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ИК – спектры поглощения снимали на ИК спектрофотометре инфракрасном Фурье-спектрофотометре «IRTracer-100» (SHIMADZUCORP., Япония, 2017) в области $4000-400\text{ см}^{-1}$ в матрице KBr. Электронные спектры поглощения в видимой и УФ-области регистрировали на спектрофотометре UV-1900 “Shimadzu” в области длин волн от 190 до 1000 нм, длина кюветы 10 мм, растворитель – абсолютный этиловый спирт, концентрация образцов 10^{-5} моль/л. Спектры ЯМР ^1H снимали на спектрометре JNM-ECZ400R (Jeol, Япония) при рабочей частоте 400 МГц в растворе CD_3OD . Элементный анализ на макро- и микроэлементах был выполнен на приборе ISPMCNEXION-2000 (PerkinElmer США).

Ферроценоилацетон (1-Ферроценилбутандион-1,3). К раствору 20 г ацетилферроцена (0,09 моля) в 150 мл этилацетата при непрерывном перемешивании небольшими порциями добавляли металлический натрий 2,1 г (0,09 г-атом). Реакционную смесь выдерживали в течение 5-6 ч при температуре $40-45^\circ\text{C}$. Образовавшийся осадок соли натриевого производного ферроценоилацетона внесли в делительную воронку, охладили со льдом, добавили эфир и обработали 10%-ным раствором HCl.

Экстракт после разложения сушили с MgSO_4 . Затем отогнали растворитель. При охлаждении из маточника выпадает черная масса, которую обработали двухкратным этиловым эфиром. После промывания выпадает красный порошкообразный осадок. Полученный осадок отфильтровали, промывали водой, высушивали и перекристаллизовали из гексана. Выход: 13,3 г (50,2%), темно-красные кристаллы. $T_{\text{пл}} - 95-96,5^\circ\text{C}$. Найдено, %: C 62,35; H 5,34; O 11,55; Fe 20,76. $\text{C}_{14}\text{H}_{14}\text{FeO}_2$. Вычислено, %: C 62,25; H 5,22; O 11,85; Fe 20,68.

мета-Нитробензоилгидразонаферроценоилацетона. К раствору 10,8 г (0,04 моля) ферроценоилацетона в 50 мл абсолютного спирта постепенно прибавляли 7,24 г (0,04 моля) м-нитробензоилгидразида в 100 мл этанола. Реакционную смесь нагревали обратным холодильником в течение 2 часов. После удаления растворителя маточник оставляли на 3 суток. Выпавшие кристаллы отфильтровали, промывали спиртом и высушивали на воздухе. Выход: 11,3 г (65%), темно-коричневые кристаллы. Найдено, %: C 58,1, H 4,4, O 14,78, N 9,59, Fe 12,73. $\text{C}_{21}\text{H}_{19}\text{N}_3\text{O}_4\text{Fe}$. Вычислено, %: C 58,2, H 4,39, O 14,78, N 9,7, Fe 12,93. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3278 (NH), 1660 (C=O), 1635 (C=N), 2931 (CH_3), 482 (Cr-Fe), 3169 ($\text{C}_{\text{Ar-H}}$), 1535 (асимм. NO_2), 1346 (симм. NO_2), 1406 (CH), 1051 (N-N), 927 (C-N). Спектр ЯМР ^1H (400 МГц), $\delta(\text{H}, \text{м.д.})$: 2,12 с (3H, CH_3), 2,67 с (H, NH), 2,405 с (2H, CH_2), 4,233 м (5H, Fc), 4,279 д (2H, Fc), 4,548 т (2H, Fc), 7,43 м (2H, C_6H_4), 7,83 м (2H, C_6H_4).

Комплекс меди (II) м-нитробензоилгидразонаферроценоилацетона. К горячему раствору 2,165 г (0,005 моля) м-нитробензоилгидразонаферроценоилацетона в 50 мл этанола добавляли при перемешивании 0,91 г (0,005 моля) ацетата меди (II) в 50 мл концентрированного аммиака. Через 3 суток выпавший осадок отделяли, тщательно промывали водой и высушивали. Выход: 1,64 г (64%), коричневые кристаллы. Найдено, %: C 49,18, H 3,93, O 12,2, N 10,92, Fe 10,96, Cu 12,1. $\text{C}_{21}\text{H}_{20}\text{N}_4\text{O}_4\text{FeCu}$. Вычислено, %: C 49,22, H 3,91, O 12,5, N 10,94, Fe 10,94, Cu 12,5. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3182 (NH), 1614 (C=N), 1527 (асимм. NO_2), 1346 (симм. NO_2), 1406 (CH), 511, 447 (Cr-Fe).

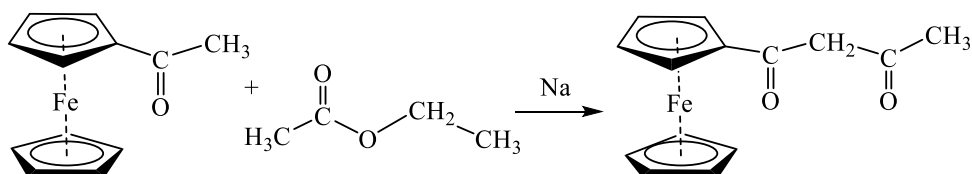
Аналогичным путем получен комплекс никеля (II) мета-нитробензоилгидразонаферроценоилацетона.

Комплекс никеля(II) *м*-нитробензоилгидразоноферроценоацетона. Выход: 1,57 г (62%), темно-коричневый порошок. Найдено, %: С 49.734, Н 3.947, О 12.631, N11.052, Fe 11.052, Ni11.585. $C_{21}H_{20}N_4O_4FeNi$. Вычислено, %: С 49.92, Н 3.90, О 12.44, N10.93, Fe 10.82, Cu11.98. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3242 (NH), 1552 (асимм. NO_2), 509, 491 (Cp-Fe).

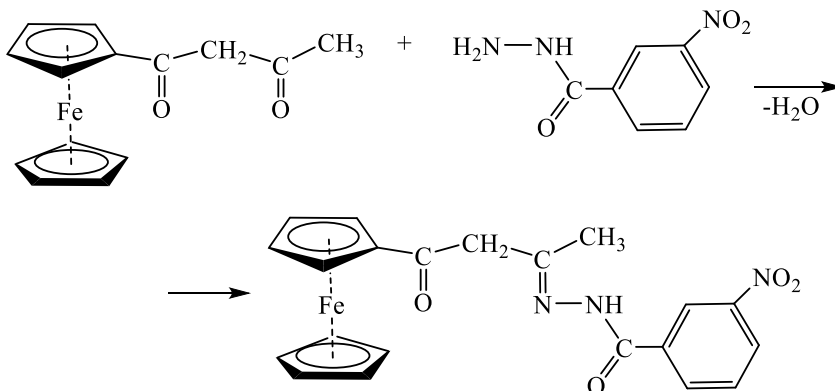
МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Задачей данной работы был синтез и установление строения комплексов меди(II) и никеля(II) с *мета*-нитробензоилгидразоноферроценоацетона для изучения биологической активности синтезированных веществ. Нами в качестве объектов исследования были выбраны *мета*-нитробензоилгидразоноферроценоацетон, а также его комплексы с переходными металлами [(Cu(II) и Ni(II)].

Ранее путем сложноэфирной конденсации Кляйзена был получен из моноацетилферроцена (МАФ) ферроценоацетон (1-Ферроценилбутандион-1,3)(ФА) [5-7].



мета-Нитробензоилгидразоноферроценоацетон (H_2L) получен взаимодействием спиртовых растворов гидразида *мета*-нитробензойной кислоты и 1-Ферроценилбутандион-1,3 был получен в эквимолярном соотношении:



мета-Нитробензоилгидразоноферроценоацетон изучен методами ИК-, ЯМР 1H , электронной спектроскопии и элементного анализа.

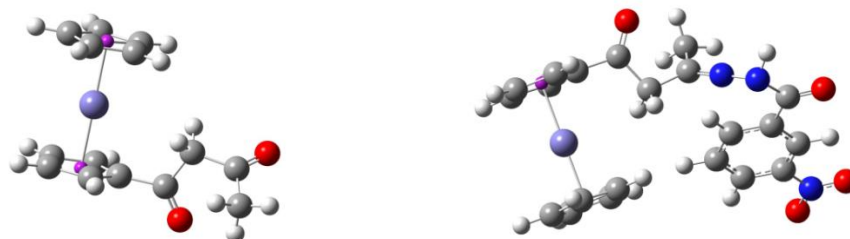
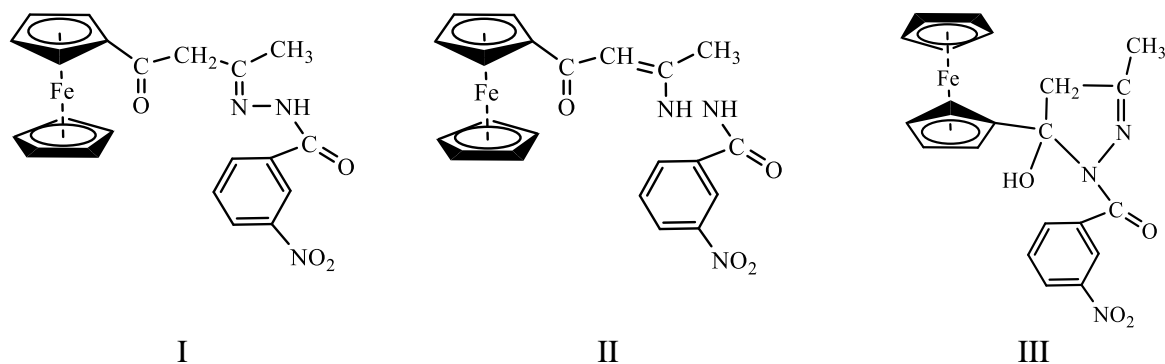


Рис.1. Молекулярные строения ФА и H_2L .

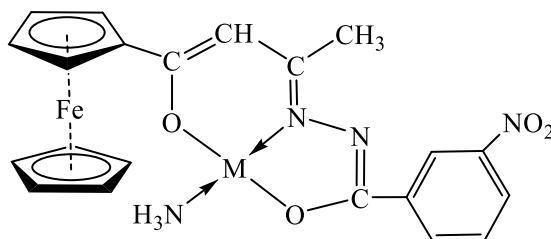
Наличие в соединении гидразонного фрагмента предполагает широкие возможности существования различных таутомерных форм: для него можно предположить как минимум три таутомерные формы:



Гидразонный таутомер I является значительно более устойчивым, нежели чем α-оксиазинный II.

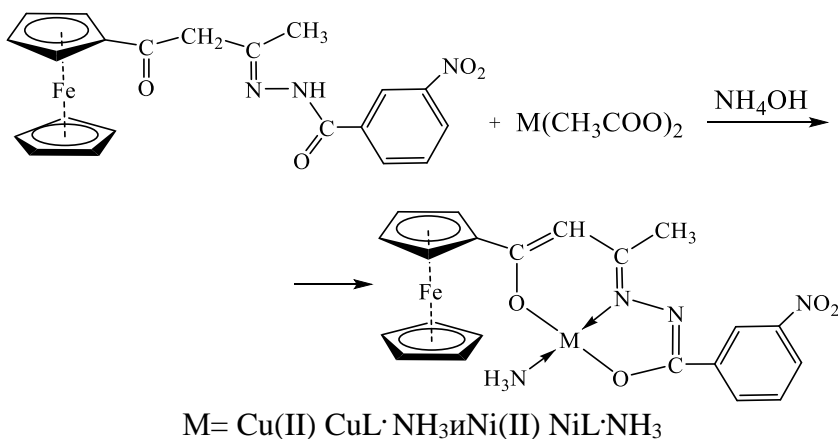
Ацил- и ароилгидразоны β-дикетоновферроцена в растворах существуют в виде таутомерной смеси, состав определяется структурой заместителя в ацил-, ароильной частях и природой применяемого растворителя [8,9].

Взаимодействием водно-аммиачных растворов ацетатов меди(II) и никеля(II) со спиртовыми растворами эквимольного количества лиганда H₂L синтезированы комплексы состава ML·NH₃ (M=Cu(II), Ni(II)). По результатам ИК- и ЯМР ¹H спектров комплексам приписано следующее плоско-квадратное строение:



Дважды депротонированный остаток лиганда координирован атомом металла через два атома кислорода и атом азота гидразонного фрагмента. Четвертое место в плоском квадрате транс-N₂O₂-координационного узла занимает молекула аммиака. Практически плоские пяти- и шестичленные сопряженные металлоциклы почти копланарны между собой.

Отметим, что аммиачные комплексы хорошо растворяются в органических растворителях как ДМСО и ДМФА и не растворимы в воде.



В ИК – спектре H₂L зафиксированы полосы поглощения около 3278, 1635, 1300 и 1018 см⁻¹, отнесенные к γ_s и γ_{as} колебаниям N-H, C=N, C-N, N-N-связей, соответственно. В спектре также

присутствуют полосы высокой интенсивности, характерные для γ_s и γ_{as} колебаниям NO_2 1535 cm^{-1} и 1346 cm^{-1} .

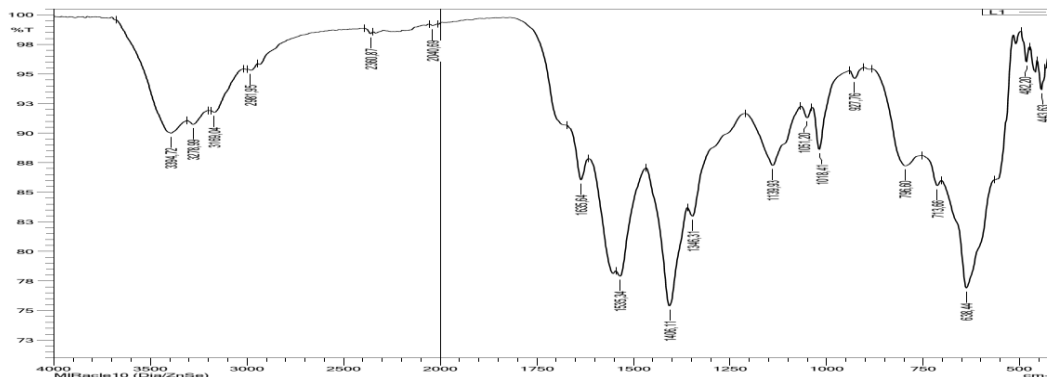


Рис.2. ИК спектр H_2L .

В ИК – спектрах всех синтезированных нами соединений, помимо основных характеристичных полос, имеются полосы поглощения средней интенсивности около 481-500 cm^{-1} , соответствующие вращению цикlopentadiенильных колец вокруг связи Fc -кольцо в радикале Fc ($\text{C}_5\text{H}_5\text{-Fe-C}_5\text{H}_4$)[10].

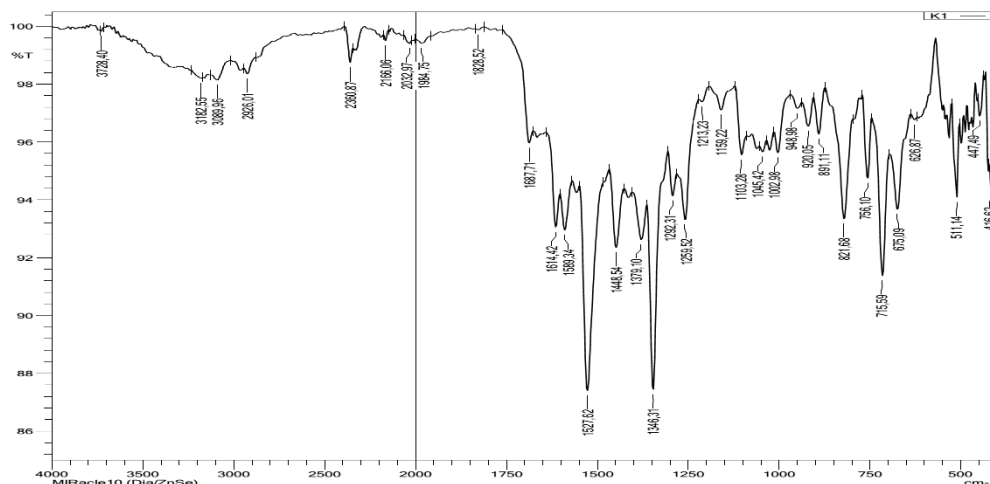


Рис.3. ИК спектр CuL: NH_3 .

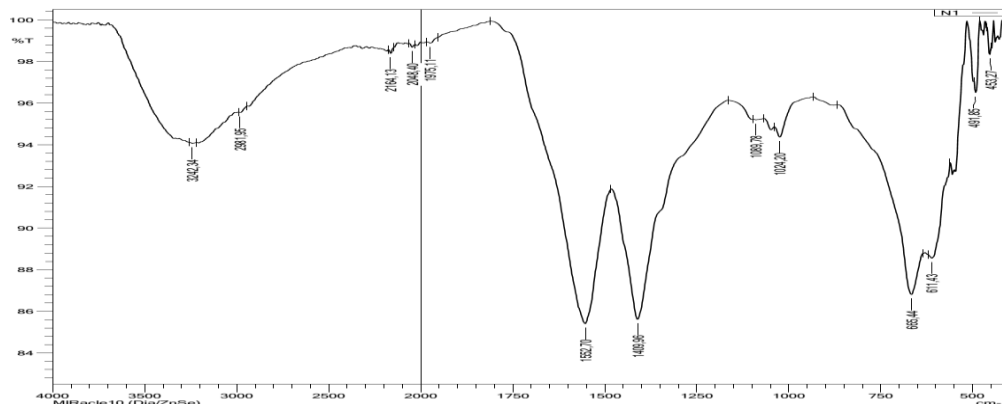


Рис.4. ИК спектр NiL: NH_3 .

Судя по результатам ИК – спектров комплексов в твердом состоянии, отсутствуют характерные полосы поглощения свободного лиганда около $1660\text{-}2360\text{ см}^{-1}$, $3225\text{-}3280\text{ см}^{-1}$ ($\nu\text{ C=O}$, $\nu\text{ N-H}$). В ИК спектрах комплексов наблюдаются малоинтенсивные полосы поглощения в области 3342 , 3240 см^{-1} , которые следует отнести к симметричным и антисимметричным валентным колебаниям координированной молекулы аммиака. В спектрах ИК – комплексов отсутствует полоса поглощения выше 1640 см^{-1} , отвечающая валентным колебаниям карбонильной группы [11, 12]. И отмечается ряд полос средней и сильной интенсивности в областях $1414\text{-}1420$, $1520\text{-}1530$, $1550\text{-}1560$, обусловленных валентными и валентно-деформационными колебаниями сопряженной системы связей пяти- и шестичленного металлоциклов.

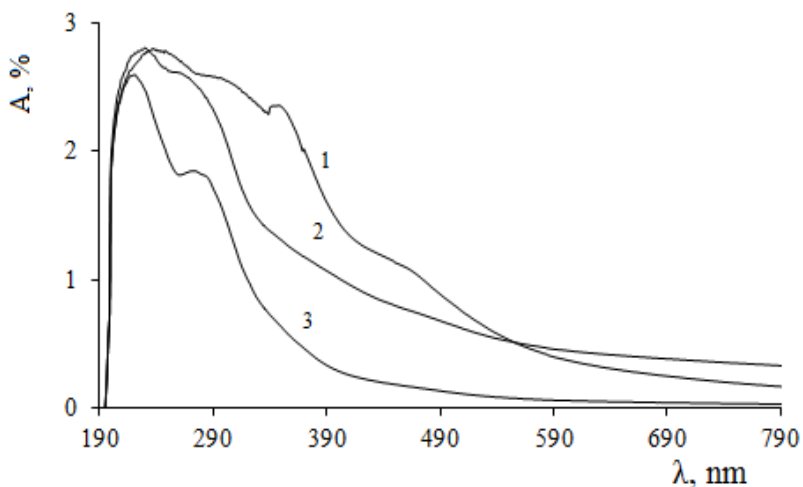
Исходя из результатов элементного анализа, ИК – спектроскопии и литературных данных, можно предположить, что в комплексах лигандбидентатно координирован к ионам меди(II) и никеля(II). Ацетат-анион выступает в этанольном растворе как депротонирующий агент.

Для всех синтезированных в работе соединений получены электронные спектры поглощения в этаноле. Электронный спектр комплекса $\text{CuL}\cdot\text{NH}_3$ имеет полосу поглощения 262 , 348 (плечо) и 370 нм, не изменяющую своё положение относительно лиганда [13]. В видимой части спектра присутствует п.п. при 448 нм, претерпевающая bathochromic сдвиг по сравнению с лигандом. Следует отметить, что характерная для ферроценсодержащих структур малоинтенсивная полоса поглощения при $\lambda_{\text{max}} = 450$ нм, относимая к d-d переходам атома железа в спектрах H_2L и $\text{NiL}\cdot\text{NH}_3$ практически не наблюдается [14, 15].

Таблица 1.

Спектральные характеристики соединений H_2L и $\text{ML}\cdot\text{NH}_3$

Соединение	λ_{max} , нм	ϵ
H_2L	230, 255	2.808, 2.6162
$\text{CuL}\cdot\text{NH}_3$	262, 348, 370	2.7031, 2.3571, 2.0185
$\text{NiL}\cdot\text{NH}_3$	221, 273	2.5935, 1.8473

Рис.5. Электронные спектры поглощения $\text{CuL}\cdot\text{NH}_3$ (1), H_2L (2), и $\text{NiL}\cdot\text{NH}_3$ (3).

Согласно данным ЯМР¹H – спектроскопии, лиганд представляет собой в растворе таутомерную смесь гидразонной (I) и энгидразинной (II) форм. Свидетельством этому служит наличие сигналов от винильного протона при δ 5,42 м.д. и сигнал протона иминогруппы N-H при δ 11,74 м.д.

По данным ЯМР ¹H – спектроскопии, лиганд также существует в циклической 5-оксипиразолиновой форме (B). Спектр ЯМР ¹H лиганда в растворителе DMCO-d_6 и CDCl_3 во времени не меняется. Стабильность циклической формы [16] определяется прочностью ВМВС

между О-Н-группой и С-О-функцией и интенсивностью π -р- π -сопряжения, включающего связь С=N, неподеленную пару электронов второго атома азота и связь С=О бензоильного радикала. Сигнал метиленовых протонов оксипиразолинового цикла появляется как АВ-система с двумя несимметричными дублетными сигналами (δ_A 2,83-3,37, δ_B 3,08-3,20 м.д.), сигнал протона фенильной группы при атоме углерода в положении 5 цикла резонирует при δ 5,45 м.д. Сигнал от трех протонов СН₃-группы зафиксирован как синглетный при δ 2,12 м.д.

Протоны радикала С₅Н₄ ферроценого остатка становятся стереохимически неэквивалентными и резонируют при δ 4,23 и 4,54 м.д. в виде триплетов равной интенсивности. Несколько уширенный сигнал при δ 9,89 м.д. соответствует одиночному протону N-Н-группы.

В ЯМР ¹Н спектре комплекса NiL·NH₃ в растворе ДМСО-d₆ не наблюдаются какие-либо парамагнитные уширения сигналов. Известно, что ферроценовый фрагмент во всех соединениях гетерометаллических комплексов является диамагнитным. Сигналы от протонов циклопентадиенильных колец ферроцена в комплексе NiL·NH₃ по характеру и интенсивности не меняются по сравнению со спектром лиганда Н₂L. Следует отметить сдвиг в область сильного поля синглетного сигнала СН₃-группы в спектре комплекса, что, на наш взгляд, связано с образованием дативной связи d- π -типа. При хелатообразовании вследствие структурных искажений, иногда появляется парамагнетизм ферроценового фрагмента. Такое аномальное магнитное свойство ферроцена объясняется отклонением циклопентадиенильных колец от копланарности, что обусловлено трансформацией молекулярных орбиталей ферроцена и переходом иона Fe²⁺ в высокоспиновое состояние.

Спектры ЯМР ¹Н свидетельствует о том, что строение комплекса никеля (II) в растворах также остается плоско-квадратным и его диамагнетизм сохраняется. При этом природа заместителей бензольного ядра ароилгидразидной части значительно влияет на спектральные характеристики полученных внутримолекулярных соединений никеля (II).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, впервые на основе *мета*-нитробензоилгидразонаферроценоил-ацетона получены комплексы меди(II) и никеля(II) и физико-химическими методами исследования установлены их структуры.

References:

1. L.V.Snegur, Yu.S.Nekrasov, N.S.Sergeeva, Zh.V.Zhilina, V.V.Gumenyuk, Z.A.Starikova, A.A.Simenel, N.B.Morozova, I.K.Sviridova, V.N.Babin, "Ferrocenylalkylazoles: bioactivity, synthesis, structure", *Appl. Organomet. Chem.*, no. 22, pp. 139-147, 2008.
2. L.V.Popova, V.N.Babin, Yu.A.Belousov, Yu.S.Nekrasov, A.E.Snegireva, N.P.Borodina, G.M.Shaposhnikova, O.B.Bychenko, P.M.Raevskii, N.B.Morozova, A.I.Iiyina, K.G.Shitkov, "Antitumor effects of binuclear ferrocene derivatives", *Appl. Organometal. Chem.*, no. 7, pp. 85-94, 1993. <https://doi.org/10.1002/aoc.590070203>
3. N.J.Forrow, N.C.Foulds, J.E.Frew, J.T.Law, "Synthesis, Characterization, and Evaluation of Ferrocene-Theophylline Conjugates for Use in Electrochemical Enzyme Immunoassay", *Bioconjugate Chem.*, no. 15, pp. 137-144, 2004.
4. L.V.Snegur, V.N.Babin, A.A.Simenel, YU.S.Nekrasov, L.A.Ostrovskaya, N.S.Sergeeva, "Protivoopuholevaya aktivnost' soedineniy ferrocena (obzor)" [Antitumor activity of ferrocene compounds (review)], *Izvestiya AH. Ser.him.*, pp. 2113-2124, 2010. (in Russian).
5. B.B.Umarov, Z.A.Sulaymonova, D.M.Tillaeva, "Sintez ligandov na osnove proizvodny'h ferrocena s gidrazidami mono- i dikarbonovy'h kislot" [Synthesis of ligands on the basis of ferrocene derivatives with hydrazides of mono-, dicarboxylic acids], *Universum: Himiya i biologiya: e`lektron.nauchn. jurn.*, no. 3(69), pp. 19-22, 2020. (in Russian). URL: <http://7universum.com/ru/nature/archive/item/8966>
6. B.B.Umarov, Z.A.Sulaymonova, D.M.Tillaeva, "Kompleksny'e soedineniya perehodny'h metallov na osnove kondensacii proizvodny'h ferrocena s gidrazidami karbonovy'h kislot" [Complex compounds of transition metals or bases of condensation of ferrocene derivatives as carboxylic acid hydrazides], *Nauchny'y vestnik Namanganskogo gosudarstvennogo universiteta*, no. 9, pp. 58-63, 2020. (in Russian).

7. B.B.Umarov, Z.A.Sulaymonova, M.K.Achy'lova, "Sintez kompleksov na osnove monokarbonil'ny'h proizvodny'h ferrocena s gidrazidami karbonovy'h kislot" [Synthesis of complexes on the basis of monocarbonyl derivatives of ferrocene with carboxylic acid hydrazides], *Universum: Himiya i biologiya: e`lektron. Nauch. Journ.*, no. 1(79), pp. 85-91, 2021. (in Russian). URL: (<http://7universum.com/ru/nature/archive/item/category/179/>). (in Russian).
8. S.I.Yakimovich, V.N.Nikolaev, E.Yu.Kucenko, "Tautomeriya v ryadu acilgidrazonovformilpinakolina" [Tautomerism in the series of acylhydrazones of formylpinacolone], *Jurn. Org. Himii*, vol. 27, no. 5, pp. 959-965, 1991. (in Russian).
9. O.Ya.Neyland, Ya.P.Strady'n', E.A.Silin'sh i dr., *Stroenie i tautomernye prevrascheniya vdikarbonil'ny'h soedineniy* [Structure and tautomeric transformations of dicarbonyl compounds]. Riga: Zinatne, 1977. (in Russian).
10. V.A.Kogan, A.N.Morozov, V.V.Lukov, "Fiziko-himicheskoe issledovanie kompleksov na osnove aroilgidrazonovferrocena" [Physico-chemical study of complexes based on ferrocene aroylhydrazones], *Jurn. neorg. Himii*, vol. 33, no. 1, pp. 133-138, 1988. (in Russian).
11. E.R.Lippincott, R.D.Nelson, "J. Amer. Chem." Soc. -77, N 19. -1995, 4990 p.
12. L.Bellami, *Infrakrasny'e spektry' slojny'h molekul* [Infrared spectra of complex molecules]. Moskva: IL, 1963. (in Russian).
13. G.B.Zaslonskaya, B.M.Yavorskiy, N.S.Kochetkova, N.P.Gambaryan, *Dokl. AN SSSR*, no. 3, 1957, 433 p. (in Russian).
14. H.Imai, Y.Yaehashi, "Nippon Karaku Zasshi" no. 5, 1970, 452 p.
15. H.Hennig, O.Gurtler, "J. Organomet.Chem" no. 2, 1968, 307 p.
16. W.Bell, J.A.Crayston, C.Glidewell et al., "J.Organomet. Chem", 1992, 115 p.