



УДК: 541.49+547.794.3

Азиз АТАШОВ,
Докторант Национального университета Узбекистана
Екатерина КИНЬШАКОВА,
Преподаватель Национального университета Узбекистана
Даминбек ЗИЯТОВ,
Студент Национального университета Узбекистана
Аяпберген ШИКНАЗАРОВ,
Преподаватель Каракалпакского Государственного университета
zamirauzakbergenova@mail.ru
Батырбай ТОРАМБЕТОВ,
Доцент Национального университета Узбекистана
torambetov_b@mail.ru
Шахноза КАДИРОВА,
Профессор Национального университета Узбекистана
kadirova.shakhnoza@mail.ru

Рецензент д.х.н, профессор М.Махкамова

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НЕКОТОРЫХ 3d-МЕТАЛЛОВ С 2-АМИНО-5-ЭТИЛТИО-1,3,4-ТИАДИАЗОЛОМ

Аннотация

Синтезированы и исследованы комплексные соединения хлоридов, нитратов и ацетатов Co(II), Ni(II), Cu(II) и Zn с 2-амино-5-этилтио-1,3,4-тиадиазолом. Состав и строение полученных комплексных соединений установлены методами рентгенофлуоресцентного анализа, сканирующей электронной микроскопии с энергодисперсионным анализом, ИК-спектроскопии, дифференциально-термического и рентгеноструктурного анализов. Были установлены что M:L в комплексах вступает в реакцию в соотношениях 1:2, 1:4 и 1:1.

Ключевые слова: координационные соединения, хлориды, нитраты и ацетаты Co(II), Ni(II), Cu(II) и Zn, 2-амино-5-этилтио-1,3,4-тиадиазол, термический анализ.

SYNTHESIS AND INVESTIGATION OF COMPLEX COMPOUNDS OF SOME 3d-METALS WITH 2-AMINO-5-ETHYLTHIO-1,3,4-THIADIAZOLE

Annotation

Complex compounds of chlorides, nitrates and acetates of Co(II), Ni(II), Cu(II) and Zn with 2-amino-5-ethylthio-1,3,4-thiadiazole were synthesized and studied. The composition and structure of the resulting complex compounds were established using the methods of X-ray fluorescence analysis, scanning electron microscopy with energy dispersive analysis, IR spectroscopy, differential thermal and X-ray diffraction analyses. It was established that M:L in complexes reacts in ratios of 1:2, 1:4 and 1:1.

Key words: coordination compounds, chlorides, nitrates and acetates of Co(II), Ni(II), Cu(II) and Zn, 2-amino-5-ethylthio-1,3,4-thiadiazole, thermal analysis.

2-AMINO-5-ETILTIO-1,3,4-TIADIAZOL BILAN BA'ZI 3d-METALLARINING KOMPLEKS BIRIKMALARI SINTEZI VA TADQIQOTI

Annotatsiya

2-amino-5-etiltio-1,3,4-tiadiazolni Co(II), Ni(II), Cu(II) va Zn xlorid, nitrat va atsetatlari bilan kompleks birikmalari sintez qilindi va o'rganildi. Olingan kompleks birikmalarning tarkibi va tuzilishi rentgenofluoressent analizi, energodissersion analizi skanerlovchi elektron mikroskop, IK-spektroskopiya, differensial termik va rentgen sturuktur analizlari yordamida aniqlandi. M:L komplekslarda 1:2, 1:4 va 1:1 nisbatlarda reaksiyaga kirishishi aniqlandi.

Kalit so'zlar: koordinatsion birikmalar, Co(II), Ni(II), Cu(II) va Zn xlorid, nitrat va atsetatlari, 2-amino-5-etiltio-1,3,4-tiadiazol, termik analiz.

Введение. В последние годы исследователи уделяют особое внимание синтезу и изучению физико-химических и биологических свойств металлокомплексных соединений с азот- и серосодержащими гетероциклическими лигандами, что обусловлено их большой теоретической и практической значимостью. Введение новых функциональных групп в заведомо известные лекарственные препараты, полученные на основе гетероциклических соединений и изучение их влияния на изменение биологической активности, является одной из актуальных задач современной химии.

Известно, что вещества, имеющие в своей структуре пятичленные гетероциклы, в том числе цикл тиadiaзола, обладают широким спектром биологической активности. Атом серы тиadiaзола придает этим соединениям липофильные свойства, что обеспечивает их проницаемость через биологические мембраны. Среди производных тиadiaзола известны соединения с бронхолитической, противовоспалительной, обезболивающей, антиоксидантной, противовирусной, антибактериальной и другими видами активности [1-5].

Высокая комплексообразующая способность производных меркаптодиазола связана с наличием нескольких атомов серы и особенностью ее строения, то есть наличием неподелённых электронных пар и донорными свойствами. Это даст возможность образования комплексов с полиэдрами различной конфигурации, как за счет дативных, так и за счет ионных связей. В этом аспекте изучение комплексообразующих свойств производных тиадиазола является актуальным в свете определения особенности молекулярного и электронного строения исходных лигандов, так и стереохимии координационного полиэдра.

Целью работы явились разработка методики и синтез новых комплексных соединений хлоридов, ацетатов и нитратов Co(II), Ni(II), Cu(II) и Zn(II) на основе 2-амино-5-этилтио-1,3,4-тиадиазолом (L), изучение их строения и свойств современными физико-химическими методами исследования.

Методика эксперимента. В работе использовали лиганд 2-амино-5-этилтио-1,3,4-тиадиазол, для синтеза комплексных соединений использовали в виде кристаллогидратов следующие соли: хлориды, ацетаты и нитраты кобальта(II), никеля(II), меди(II) и цинка(II) - все соли марки «ч.д.а.».

Методика синтеза лиганда (L): смесь 1,5 ммоль тиадиазолтиона, 1,5 ммоль алкилгалогенида и 5 ммоль K₂CO₃ кипятили с обратным холодильником в 15 мл ацетона в течение 4-7 часов. Растворитель удаляли, остаток помещали в воронку с фильтром и промывали раствором NaOH для удаления непрореагировавшего тиона, далее промывали и перекристаллизовывали из этанола [6].

Методика синтеза комплексов: в колбу, снабженную обратным холодильником, вливали горячий раствор 0,249 г (0,001 моль) кристаллогидрата ацетата кобальта в 10 мл метанола. К горячему раствору соли металла, при постоянном перемешивании, по каплям добавляли горячий раствор 0,294 г (0,002 моль) лиганда 2-амино-5-этилтио-1,3,4-тиадиазола L в 10 мл метанола. Смесь кипятили в течение 1 ч, отфильтровывали в горячем виде и оставляли на кристаллизацию. Через 10 суток выпадал коричневый мелкокристаллический осадок, который отфильтровывали, затем несколько раз промывали этанолом и сушили на воздухе. Выход 70 %. Тпл. 223°C. Аналогично получены комплексные соединения хлоридов, нитратов и ацетатов Co(II), Ni(II), Cu(II) и Zn(II).

Выходы, температуры плавления и результаты элементного анализа приведены таблице 1.

Таблица 1.

Характеристики синтезированных комплексных соединений

№	Соединение/ Брутто формула	Цвет	Вых, %	T _{пл} , °C	Найдено/Вычислено, %			
					C	N	S	M
1	L / C ₃ H ₅ N ₂ S ₂	Бледно-молочный	81	178-181	24,9/24,5	29,2/ 28,6	44,6/ 43,5	
2	[CoL ₂ Cl ₂] / CoC ₆ H ₁₀ N ₆ S ₄ Cl ₂	Синий	65	186-189	17,3/17	19,6/ 19,8	31,2/ 30,2	13,2/ 13,9
3	[CoL ₂ (NO ₃) ₂] / CoC ₆ H ₁₀ N ₆ S ₄ O ₆	Бледно-розовый	62	108-110	15,6/15,1	23,9/ 23,48	27,2/ 26,83	12,1/ 12,4
4	[CoL ₂ (CH ₃ COO) ₂] / CoC ₁₀ H ₁₆ N ₆ S ₄ O ₄	Коричневый	70	223	25,8/25,48	17,8/ 17,8	27,6/ 27,18	12,3/ 12,5
5	[NiL ₂ Cl ₂] / NiC ₆ H ₁₀ N ₆ S ₄ Cl ₂	Светло-зеленый	75	230-232	17,2/16,98	20,2/ 19,8	31,1/ 30,2	13,1/ 13,9
6	[NiL ₂ (NO ₃) ₂] / NiC ₆ H ₁₀ N ₆ S ₄ O ₆	Светло-зеленый	65	127-129	15,8/15,1	23,5/ 23,5	27,3/ 26,8	12,0/ 12,4
7	[NiL ₂ (CH ₃ COO) ₂] / NiC ₁₀ H ₁₆ N ₆ S ₄ O ₄	Зеленый	70	138-140	25,9/25,5	17,8/ 17,8	27,7/ 27,2	12,2/ 12,5
8	[CuL ₂ Cl ₂] / CuC ₁₂ H ₂₀ N ₁₂ S ₈ Cl ₂	Черно-зеленный	89	171-173	20,2/19,9	23,3/ 23,24	35,9/ 35,4	8,6/ 8,9
9	[CuL ₂ (NO ₃) ₂] / CuC ₁₂ H ₂₀ N ₁₂ S ₈ O ₆	Черно-зеленный	90	163-165	18,7/18,6	25,3/ 25,26	33,2/ 33	8,5/ 8,3
10	[Cu ₂ L ₂ (CH ₃ COO) ₄] / Cu ₂ C ₁₄ H ₂₂ N ₆ S ₄ O ₈	Зеленый	53	170	25,8/25,5	12,8/ 12,77	19,6/ 19,45	19,5/ 19,5
11	[ZnL ₂ Cl ₂] / ZnC ₆ H ₁₀ N ₆ S ₄ Cl ₂	Бледно-молочный	44	118-120	16,9/16,7	19,5/ 19,53	30,3/ 29,8	15,0/ 15,1
12	[ZnL ₂ (NO ₃) ₂] / ZnC ₆ H ₁₀ N ₆ S ₄ O ₆	Бледно-молочный	57	125-127	15,4/14,9	23,2/ 23,19	26,8/ 26,5	13,5/ 13,5
13	[ZnL ₂ (CH ₃ COO) ₂] / ZnC ₁₀ H ₁₆ N ₆ S ₄ O ₄	Бледно-молочный	48	187	25,4/25,2	17,7/ 17,6	26,9/ 26,8	13,5/ 13,6

Методы исследования структуры. Квантово-химический расчет реакционной способности лиганда проводили методом DFT/B3LYP базисом 6-311G(d,p) с использованием программ Gaussian 09 и GaussView 6.

Количества азота, серы и металла в полученных комплексных соединениях были определены методом сканирующей электронной микроскопии (SEM EVO MA 10, Zeiss) и энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDX). Рентгенофлуоресцентный анализ проводился с помощью прибора «Rigaku NEX CG EDXRF».

ИК-спектры поглощения соединений регистрировали в области 400-4000 см⁻¹ на спектрофотометре «Shimadzu IRTracer-100».

Термогравиметрические исследования также были проведены с использованием термодинамического анализатора K-типа (Low RG Silver) и алюмооксидного тигля на дериватографе «Netzsch Simultaneous Analyzer STA 409 PG» (Германия). Все измерения были сняты в среде инертного азота при скорости потока 50 мл/мин. Температурный интервал нагревания составил 20-600°C, а скорость нагрева - 5град/мин.

Результаты и обсуждение. Для определения характера распределения электронной плотности и эффективных зарядов на донорных атомах в молекуле лиганда, которые могут координироваться к атому комплексообразователя, был проведен квантово-химический расчет реакционной способности лиганда (рис. 1).

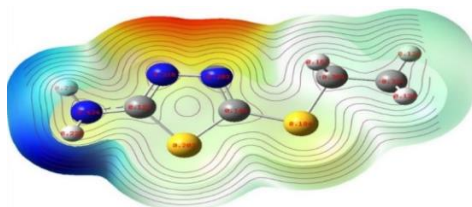


Рис. 1. Геометрическое строение, МЭП и распределение зарядов лиганда, рассчитанные по методу DFT/ B3LYP базисом 6-311G(d,p)

Анализируя значения зарядов и распределение электронной плотности, можно судить о том, что вероятными центрами координации с ионом металла в молекуле лиганда являются донорные атомы азота (N) (-0.216, -0.202 эВ) тиадиазольного кольца. Атом азота в группе $-NH_2$ имеет высокий отрицательный заряд (-0.433 эВ), однако он скомпенсирован положительным зарядом водородов, связанных с ним.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что при реакции лиганд вероятнее будет координироваться к иону-комплексобразователя за счет атома азота в третьем положении тиадиазольного кольца.

На основании данных SEM и энергодисперсионного анализа, комплексообразование ионов металлов с органическим лигандом подтверждается обнаружением многочисленных пиков металлов в EDX спектре (рис. 2.).

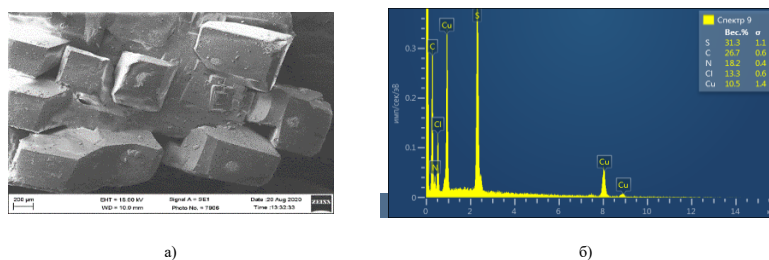


Рис. 2. Микроструктура комплексного соединения $[CuL_2Cl]Cl$ (a) и данные ЭДА (б)

На рисунке 3 приведены результаты рентгенофлуоресцентного анализа комплекса $[CuL_4Cl]Cl$, где соотношение элементов Cu:S:Cl соответствует 1:8:2. Это свидетельствует о том, что в комплексе металл и лиганд связаны в соотношении 1:4.

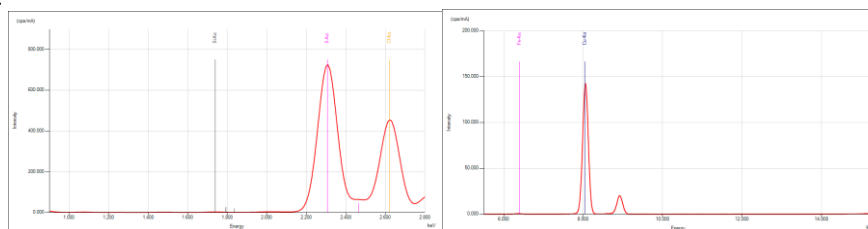


Рис. 3. Рентгенофлуоресцентный анализ комплекса $[CuL_4Cl]Cl$

Для определения центров координации в синтезированных комплексных соединениях хлоридов, нитратов и ацетатов Co(II), Ni(II), Cu(II) и Zn(II) с 2-амино-5-этилтио-1,3,4-тиадиазолом L, были изучены их спектры поглощения методом ИК спектроскопии.

В ИК спектре лиганда обнаружены характеристические полосы поглощения валентных колебаний функциональных групп N-H, C-H в высокочастотной области при 3257 см^{-1} и 3095 см^{-1} , согласно [7]. Полосы поглощения симметричных, и ассиметричных колебаний функциональной группы C=N и деформационного колебаний NH_2 аминогруппы появляется в среднечастотных областях 1620 см^{-1} ($\nu_s C=N$), 1419 см^{-1} ($\nu_{as} C=N$) и 1523 см^{-1} ; валентные колебания фрагментов $=N-N=$, и C-S отмечены в области 1045 и $684-673\text{ см}^{-1}$, соответственно [8] (рис. 4.).

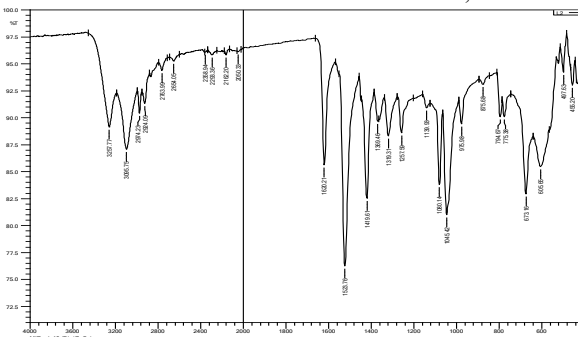


Рис. 4. ИК-спектр лиганда L

ИК спектр комплекса $CoL_2(CH_3COO)_2$ (рис.5 а) снят для монокристаллов, которые в дальнейшем были подвергнуты рентгеноструктурному анализу, поэтому они представляют собой особенную ценность. В [9] указано, что валентные колебания некоординированной COO^- -группы должны проявляться при $1750-1700\text{ см}^{-1}$. В ИК спектре обсуждаемого комплекса эти полосы не обнаружены. Кроме того, согласно [9], полосы поглощения для ассиметричных валентных колебаний координированной COO^- -группы должны проявляться при $1650 - 1500\text{ см}^{-1}$, для симметричных

валентных колебаний $1400-1300\text{ см}^{-1}$. Известно [9], что частота ассиметричного валентного колебания более чувствительна к влиянию координации, чем частота симметричного; при этом частота ассиметричного колебаний возрастает, а симметричного убывает. В спектре анализируемого комплекса проявилась интенсивная полоса симметричного валентного колебания группы COO^- при 1375 см^{-1} . А также проявляется пик при 1600 см^{-1} соответствующий валентным колебаниям карбонильной группы. Это свидетельствует о том, что ацетатная группа монодентатно присоединена к центральному атому.

В ИК спектре комплекса валентные колебания аминогруппы остаются неизменными по отношению к свободному лиганду, имея уширенные сигналы с максимумами при 3080 и 3280 см^{-1} . Таким образом, согласно данным ИК-спектроскопии комплексов Co(II) , Ni(II) , Zn(II) ацетатный ион является монодентатно координированным к центральному атому в виде ацидолиганда. Выводы, сделанные из данных ИК - спектры, однозначно подтверждены результатами рентгеноструктурного анализа комплекса $\text{CoL}_2(\text{CH}_3\text{COO})_2$.

Расшифровка ИК-спектра $[\text{Cu}_2\text{L}_2(\text{CH}_3\text{COO})_4]$ показала, что значительным изменениям подвергаются полосы поглощения симметричных валентных колебаний связи $\text{C}=\text{N}$ цикла при 1628 см^{-1} смещающаяся в низко-частотную область 1612 см^{-1} с разницей на $\sim 16\text{ см}^{-1}$ по сравнению с положением в ИК- спектре свободного лиганда. Также в ИК- спектре комплекса в отличие от спектра свободного лиганда в области при 1574 см^{-1} и 1409 см^{-1} проявляются новые полосы, отнесенные, к колебаниям карбоксильных групп $\nu_{\text{assym}}(\text{COO}^-)$ и $\nu_{\text{sym}}(\text{COO}^-)$, соответственно [13]. Когда происходит ионизация, приводящая к образованию группы COO^- , возможен резонанс между двумя связями $\text{C}-\text{O}$ с последующим исчезновением полос $\text{C}=\text{O}$. Отсутствие интенсивной полосы поглощения валентного колебания карбонильной группы в области $1630-1750\text{ см}^{-1}$ [14], свидетельствует об отсутствии связи $\text{C}=\text{O}$ в соединении, что так же свидетельствует о том, что в комплексе ацетата меди оба кислорода односторонне соединены с металлом. Полосы при 1265 см^{-1} и 1157 см^{-1} отнесены к валентным колебаниям связи $\text{C}-\text{O}$. В ИК-спектре комплекса в отличие от спектра свободного лиганда в низкочастотной области при 552 см^{-1} и 419 см^{-1} проявляются новые полосы, отнесенные, к колебаниям связей $\text{M}-\text{O}$ и $\text{M}-\text{N}$ [9] (рис. 5 б).

Таким образом, согласно данным ИК-спектроскопии комплексов Cu(II) , ацетатный ион является бидентатно координированным к центральному атому в виде ацидолиганда, которые подтверждены результатами рентгеноструктурного анализа комплекса $[\text{Cu}_2\text{L}_2(\text{CH}_3\text{COO})_4]$.

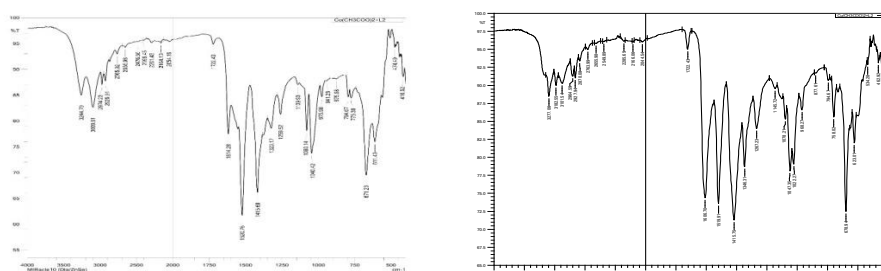


Рис. 5. ИК спектры комплексов $[\text{CoL}_2(\text{CH}_3\text{COO})_2]$ (а) и $[\text{Cu}_2\text{L}_4(\text{CH}_3\text{COO})_4]$ (б)

Сопоставляя ИК спектры **L** и его комплексы с хлоридами, ацетатами и нитратами металлов, можно сказать, что в общем значительным изменениям подвергается положение полос симметричных валентных колебаний связи $\text{C}=\text{N}$ и валентных колебаний связи $=\text{N}-\text{N}=$ гетероцикла, которые при переходе от **L** к комплексам смещаются для первых в область низких частот на $6-20\text{ см}^{-1}$ и на $5-58\text{ см}^{-1}$ - для вторых (табл. 2.). Полосы ассиметричных валентных колебаний связи $\text{C}=\text{N}$ смещаются в область низких частот на $5-38\text{ см}^{-1}$. Такую картину, по-видимому, можно объяснить смещением электронной плотности при комплексообразовании по одному из атомов азота тиадиазолного кольца (рис. 5).

Положение полосы валентных колебаний связи $\text{S}-\text{C}$ остается неизменным, располагаясь в области $690-673\text{ см}^{-1}$. Валентные колебания аминогруппы также остаются неизменными в области 3257 см^{-1} , но в ИК спектре комплексов эти полосы более разрешены и имеют максимумы при 3230 и 3305 см^{-1} . Полосы, появившиеся в ИК спектрах комплексов при $412 - 443\text{ см}^{-1}$, согласно [9], отнесены к валентным колебаниям связи $\text{N}-\text{M}$. Отсюда можно сделать вывод, что координация гетероциклических лигандов происходит за счет эндоциклических атомов азота.

При этом, поскольку на основании данных ИК трудно определить, какой из эндоциклических атомов азота координируется, можно, основываясь на результатах РСА, полученных нами ранее для комплексов Co(II) и Cu(II) [10, 11, 12], с большой долей вероятности утверждать, что и в случае синтезированных здесь комплексов координация осуществляется через эндоциклический атом азота, расположенный в 3-положении к сильному электронодонорному заместителю - экзоциклической аминогруппе.

Основные характеристические полосы поглощения в ИК спектрах синтезированных комплексов представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Основные частоты в ИК-спектрах **L** и его комплексов (см^{-1})

Соединение	$\nu_s(\text{C}=\text{N})$	$\nu_{\text{as}}(\text{C}=\text{N})$	$\nu(\text{N}-\text{N})$	νNH_2	$\nu(\text{C}-\text{S})$	δNH_2	$\text{M}-\text{N}$	$\text{M}-\text{O}$
L	1620	1419	1045	3257	673	1523		
$[\text{CoL}_2\text{Cl}_2]$	1604	1450	1026	3242	698	1517	433	
$[\text{CoL}_2(\text{NO}_3)_2]$	1610	1442	1018	3305	675	1525	420	557
$[\text{CoL}_2(\text{CH}_3\text{COO})_2]$	1614	1415	1040	3244	671	1520	416	556
$[\text{NiL}_2\text{Cl}_2]$	1600	1448	1027	3230	642	1523	418	
$[\text{NiL}_2(\text{NO}_3)_2]$	1612	1442	1026	3294	646	1517	414	472
$[\text{NiL}_2(\text{CH}_3\text{COO})_2]$	1613	1413	1024	3265	667	1516	422	561
$[\text{CuL}_4\text{Cl}] \text{Cl}$	1611	1456	1034	3231	640	1519	443	
$[\text{CuL}_4\text{NO}_3] \text{NO}_3$	1624	1529	1026	3286	644	1529	416	557
$[\text{Cu}_2\text{L}_2(\text{CH}_3\text{COO})_4]$	1606	1415	1022	3277	678	1519	412	534
$[\text{ZnL}_2\text{Cl}_2]$	1609	1413	1041	3263	675	1517	418	
$[\text{ZnL}_2(\text{NO}_3)_2]$	1631	1448	1026	3284	678	1521	412	455
$[\text{ZnL}_2(\text{CH}_3\text{COO})_2]$	1613	1414	1020	3261	673	1521	425	560

Анализ дериватограмм комплексов показал, что для всех соединений термическая деструкция в интервале температур начинается с 100 °С и заканчивается 600 °С. На кривых ДТГА этот процесс отмечен рядом эндо- и экзоэффектов обусловленных разрывом старых химических связей и образованием новых.

На термогравиграммах комплексов хлоридных солей металлов, в области 100-200°С обнаружены эндоэффекты, относящиеся к отщеплению органического радикала от молекулы лиганда с 20%-ной потерей массы (рис. 6). Следующие кривые с эндотермическим эффектом происходят вследствие потери массы при разрушении тиадиазольных фрагментов при температуре 270 °С.

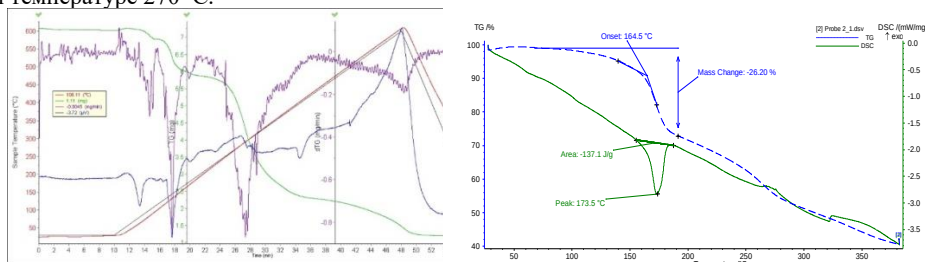


Рис. 6. Термограммы комплексных соединений $[\text{CoL}_2\text{Cl}_2]$ (слева) и $[\text{Cu}_2\text{L}_2(\text{CH}_3\text{COO})_4]$ (справа)

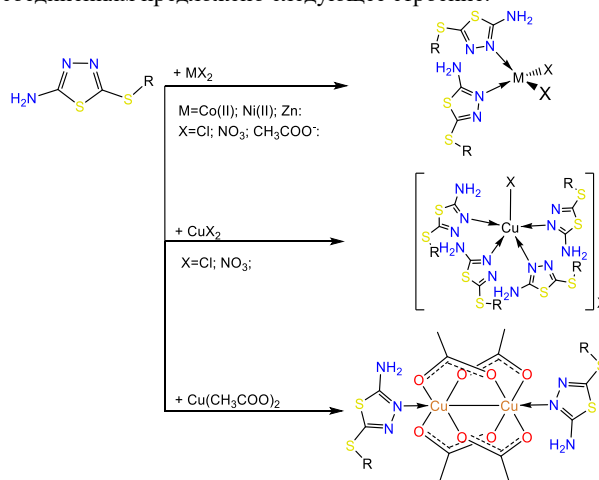
Термическое исследование комплекса $[\text{CuL}_4(\text{NO}_3)](\text{NO}_3)$ проводилось в температурном интервале от 20 до 400 °С. В этом интервале на кривой ТГ наблюдается участок потери веса с экзотермическим процессом от 213 °С до 227 °С, с убылью массы 76,85% (пик DSC при $T_{\text{max}} = 218,4$ °С соответствует удалению четырех молекул лиганда из молекулы комплекса). Энтальпия этого процесса составляет $-323,9$ Дж/г соответственно.

На термогравиграммах комплексов нитратных солей металлов, в области 80-200°С обнаружены экзоэффекты, относящиеся к разложению нитратных ионов с потерей массы 16 %, что соответствует потере массы двух молей NO_2 от общей массы комплекса. Нужно отметить, что в этих температурных интервалах не обнаружены эндоэффекты, которые соответствуют дегидратации молекулы воды из внутренних или внешних сфер комплексов. Это свидетельствует о том, что в комплексах отсутствует координационная и кристаллизационная вода.

Последние эффекты на термогравиграммах синтезированных комплексов при 550-600 °С обусловлены образованием оксидов металлов. Таким образом, данные термических исследований подтвердили правомерность предложенных на основании результатов элементного анализа и спектроскопических исследований формул синтезированных комплексов.

Закключение: Разработана методика и синтезированы 12 новых комплексных соединений различного состава $\text{M:L}=1:2; 1:4; 1:1$ хлоридных, нитратных, ацетатных солей Co(II) , Ni(II) , Cu(II) и Zn с гетероциклическим лигандом 2-амино-5-этилтио-1,3,4-тиадиазолом, при этом полидентатный лиганд проявляет монодентатность с образованием преимущественно нейтральных и катионных моноядерных комплексов, а также биядерного комплекса с ацетатом меди.

По результатам анализов SEM и EDX, рентгенофлуоресцентного, термического и ИК-спектроскопии синтезированным комплексным соединениям предложено следующее строение:



ЛИТЕРАТУРА

1. Abdel-Wahab B. F., Abdel-Aziz H. A., Ahmed E. M. Synthesis and antimicrobial evaluation of some 1,3-thiazole, 1,3,4-thiadiazole, 1,2,4-triazole, and 1,2,4-thiazolo[3,4-b][1,3,4]-thiadiazine derivatives including a 5-(benzofuran-2-yl)-1-phenylpyrazole moiety // Monatshefte Für Chemie - Chemical Monthly, 2008.-140(6), 601–605.
2. Казаншвили Ю.Г. Демидова М.А. Исследование анальгетической активности новых производных тиадиазола // Современные проблемы науки и образования. 2012. - № 6, URL: www.science-education.ru/106-7306.
3. Joseph A., Shah C. S., Kumar S. S., Alex A. T., Maliyakkal N., Moorkoth S., & Mathew J. E. Synthesis, in vitro anticancer and antioxidant activity of thiadiazole substituted thiazolidin-4-ones // Acta Pharmaceutica, 2013.-63(3), 397–408.
4. Altıntop M.D., Sever B., Özdemir A., Ilgin S., Atlı Ö., Turan-Zitouni G. & Kaplancıklı Z.A. (2018). Synthesis and Evaluation of a Series of 1,3,4-Thiadiazole Derivatives as Potential Anticancer Agents // Anticancer Agents Med Chem. 18, 1606-1616.

5. Karaburun A., Acar Çevik U., Osmaniye D., Sağlık B., Kaya Çavuşoğlu B., Levent S., Kaplancıklı Z. Synthesis and Evaluation of New 1,3,4-Thiadiazole Derivatives as Potent Antifungal Agents // *Molecules*, 2018.-23(12), 3129.
6. Toshmurodov T.T., Ziyaev A.A., Elmurodov B.Zh., Ismailova D.S., Kurbanova E.R. Highly Selective Synthesis and Fungicidal Activity of the Novel 2-Alkylthio-5-Amino-1,3,4-Thiadiazoles // *Journal of Chemistry and Chemical Sciences*, 2016.-Vol.6(3), 199-204.
7. Казицына А.А., Куплетская Н.Б. Применение УФ-, ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии. М.: Книга по Требованию. – 2013. – 264 с.
8. Kadirova S.A., Ishankhodzhaeva M.M., Parpiev N.A., Karimov Z., Tozhiboev A., Tashkhodzhaev B. A five-coordinate complex of copper chloride with 2-amino-5-ethyl-1,3,4-thiadiazole // *Russian Journal of General Chemistry*. – 2007. – V. 77(10). – P. 1799–1801.
9. Накамото К. ИК- спектры неорганических и координационных соединений // М.: Мир, 1996. -204 с.
10. Torambetov B., Kadirova Sh., Toshmurodov T., Ashurov J., Parpiev N., A. Ziyaev. Crystal structure of tetra-μ-acetato-bis[(5-amino-2-methylsulfanyl-1,3,4-thiadiazole-*kN*¹)copper(II)] // *Acta Crystallography Crystallographic Communications E Acta Cryst.* (2019). E75, 1239–1242. doi.org/10.1107/ S2056989019010272.
11. Торамбетов Б.С., Кадирова Ш.А., Абдиреймов А.Т.. Синтез и изучение методом рса комплекса бис(ацетато)-бис(2-амино-5-метилтио-1,3,4-тиадиазол) кобальта(II) // XVII Международной конференции «Спектроскопия координационных соединений», Россия, Кубанский государственный университет, г. Туапсе, 10 – 13 сент., – 2020, – С. 302–303.
12. Торамбетов Б.С., Кадирова Ш.А., Хайруллаев Г.У., Парпиев Н.А. Синтез и исследование структуры пятикоординационного комплекса хлорида Cu(II) с 2-амино-5-этилтио-1,3,4-тиадиазолом // “Композитционные материалы” Научно-технический и производственный журнал. Узбекистан, 2020. №3. – С. 19-24
13. Mathey Y., Greig D.R., Shriver D. F. Variable-temperature Raman and infrared spectra of the copper acetate dimer Cu₂(O₂CCH₃)₄(H₂O)₂ and its derivatives // *Inorganic Chemistry*. – 1982. – V. 21(9). – P. 3409 – 3413. <https://doi.org/10.1021/ic00139a028>.
14. Bellamy L.J. The Infra-red spectra of complex molecules // Methuen. – 1975. London.