

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI

OLIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

FARG'ONA DAVLAT UNIVERSITETI

**FarDU.
ILMIY
XABARLAR**

1995-yildan nashr etiladi
Yilda 6 marta chiqadi

6-2025
TABIIY FANLAR

**НАУЧНЫЙ
ВЕСТНИК.
ФерГУ**

Издаётся с 1995 года
Выходит 6 раз в год

S.Sh.Do'saliyeva, R.B.Karabayeva <i>Allium suworowii</i> o'simligi tarkibidagi saponinlarning sifat tahlili	7
J.E.Shamshiyev, O.M.Nazarov, T.Sh.Amirova Mahalliy vinolarning flavonoidlar va suvda eruvchan vitaminlar tarkibi tahlili	10
F.X.Bo'riyev, S.S.Abduraxmanova, O.E.Ziyadullayev, F.Qo'shbaqov Ayrim atsetilen spirtlar asosida α -yod, α, β -to'yinmagan ketonlar sintezi	15
M.Z.Nomozova, L.S.Kamolov, I.Nakhatov, N.N.Umirov, D.O.Ahmadova Secondary metabolites of the fungus <i>Trichoderma asperellum</i> and their biological importance	22
Q.M.Sherg'oziyev, Sh.X.Karimov <i>Anabasis aphylla</i> L. o'simligining flavonoid tarkibi tahlili	28
G.A.Abdullaeva, Sh.Sh.Damiyeva, Sh.Sh.Turgunbaev Синтез и исследование комплексного соединения Zn (II) с дифенилтиокарбазоном	32
M.M.Mamanazarov, E.Y.Yalgashev, L.A.Azimov, D.I.Abduvokhidov, J.I.Razzokov Gliding-arc plasma regeneration of industrial ca-zeolite adsorbents	39
G.D.Axmadjonova, O.M.Nazarov, X.N.Saminov <i>Mirabilis jalapa</i> L. o'simligining aminokislota va fenol birikmalari tarkibini o'rganish	46
I.R.Asqarov, Sh.M.Qirg'izov, S.T.Jalilova Evaluation of the antiradical properties of bay leaf	52
Sh.M.Kirgizov, M.M.Muminov, D.S.Turgunova Antioxidant activity of a mixture of gleditsia and ailanthus flowers	57
D.A.Ga'furova, X.G.Kurbanov, M.K.Rustamov, H.M.Yusupova, D.N.Saxidova Получение анионитов на основе поливинил хлорида для сорбции ионов молибдена (VI)	64
S.Y.Xushvaqov, K.A.Qodirova, D.J.Bekchanov Tarkibida amino va sulfoguruh tutgan funksional ion almashinuvchi polimer materiallarga brom ionlarining sorbsiyasi	73
T.Sh.Amirova Matolarning kimyoviy tarkibiga ko'ra sertifikatlash va tasniflashning dolzarb muammolari	80
T.Sh.Amirova Ipak matolarining iq spektri tahlili va kimyoviy xossalari	84
F.M.Turaqulov, X.E.Yunusov, S.S.Yarmatov, X.I.Burxonova, A.A.Sarimsaqov Karboksimetilsellyuloza va seritsin asosida biokompozit gidrogelning olinishi va xossalari	89
N.T.Qaxxorov, R.S.Jo'rayev, O'M.Mardonov "Dautosh" koni meniralin lazerli difraksiya usulida tekshirish va tarkibini o'rganish	98

BIOLOGIYA

M.P.Yuldashova, M.A.Djo'rabaeva Baliqchilik ho'jaligi suvlarini sifat ko'rsatgichlarini aniqlashda indikator - saprob suvo'tlaridan foydalanish	105
M.P.Yuldashova Farg'ona vodiysi ayrim kanallari suvini sifat ko'rsatgichini aniqlashda indikator - saprob suvo'tlaridan foydalanish	109
A.Q.Buronov O'zbekistondagi qadimiy mahalliy bug'doy navlarida oqsil tarkibiga ma'sul nam-1 genlarini molekulyar markerlar yordamida o'rganish	113
M.X.Akbarova Farg'ona vodiysida tarqalgan <i>Scutellaria</i> L. turkumi turlarining petrofil florosenotiplarda tarqalishi	119
B.A.Abdualiyev Uy parrandalarining gelmintlar bilan zararlanishida yovvoyi qushlarning roli	127



UO‘K:541.49+ 546.47

Zn (II) NING DIFENILTIOKARBAZON BILAN KOMPLEKS BIRIKMASI SINTEZI VA TADQIQOTI**СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО СОЕДИНЕНИЯ Zn (II) С ДИФЕНИЛТИОКАРБАЗОНОМ****SYNTHESIS AND STUDY OF A COMPLEX COMPOUND OF Zn (II) WITH DIPHENYLTHIOCARBAZONE****Абдуллаева Гулчехра Абдухалиловна¹** ¹Старший преподаватель Национального университета Узбекистана**Даминова Шахло Шариповна²** ²Национальный университет Узбекистана, д.х.н., профессор**Тургунбаев Шавкатжон Шухратжон угли³** ³Ферганский государственный университет, PhD, доцент**Annotatsiya**

Rux asetatning difeniltiokarbazon bilan kompleks birikmasi 1:2 mol nisbatda sintez qilingan. Sintez qilingan kompleksning tarkibi va tuzilishi element, rentgenfazaviy, derivatografik tahlil, IQ-spektroskopiya usullari bilan aniqlangan. Metall ionlari bilan koordinatsiyalanish C-S guruhining oltingugurt va diazobog'idagi azot atomlari orqali sodir bo'lishi aniqlangan.

Аннотация

Синтезирован комплекс ацетата цинка с дифенилтиокарбазоном в молярном соотношении 1:2. Состав и строение синтезированного комплекса определены методами элементного, рентгенофазового, дериватографического анализа, ИК-спектроскопии. Установлено, что координация с ионами металлов происходит через атомы серы C-S группы и с азотом диазогруппы.

Abstract

A complex compound of zinc acetate with diphenylthiocarbazone was synthesized in a 1:2 molar ratio. The composition and structure of the synthesized complex were determined by elemental, X-ray diffraction, derivatographic analysis, IR spectroscopy. It has been established that coordination with metal ions occurs through the sulfur atoms of the C-S group and with the nitrogen of the diazo group.

Kalit so'zlar: ligand, kompleks birikma, tarkib, tuzilish, xossa.**Ключевые слова:** лиганд, комплексное соединение, состав, структура, свойства**Key words:** ligand, complex compound, composition, structure, properties.**ВВЕДЕНИЕ**

Комплексные соединения цинка(II) с органическими лигандами представляют значительный интерес в неорганической и аналитической химии, координационной химии, а также в области материаловедения. Особое внимание уделяется соединениям Zn(II) с серо- и азотсодержащими лигандами, которые способны образовывать устойчивые хелатные структуры и проявлять выраженные спектральные и аналитические свойства [1]. Одним из таких универсальных реагентов является дифенилтиокарбазон (дитизон) — органическое соединение, обладающее ярко выраженной окраской и способное образовывать прочные комплексы с ионами различных металлов, включая цинк, свинец, кадмий и ртуть [2]. Благодаря наличию донорных атомов серы и азота, дитизон проявляет высокую чувствительность и селективность при комплексообразовании, что обусловило его широкое применение в аналитической химии и сенсорных технологиях [3].

Ранее структура комплекса цинка с дитизоном была исследована рентгеноструктурным методом, что подтвердило тетраэдрическую координацию иона Zn(II) с двумя лигандами дитизона [4]. Несмотря на то, что данная работа заложила основы понимания структуры комплекса, последующие исследования показали, что свойства комплекса могут существенно изменяться в зависимости от растворителя, pH среды и условий синтеза [1].

Современные исследования направлены на повышение стабильности дитизиновых комплексов и разработку устойчивых сенсорных систем. Так, Aguado и соавт. [2] продемонстрировали стабилизацию дитизона в эмульсиях на основе наноцеллюлозы для долговременного цветометрического определения тяжёлых металлов, включая Zn(II). Аналогично, Mei и др. [3] синтезировали наноконпозиты на основе комплекса Zn–дитизон для биосенсоров, чувствительных к гипохлориту. Эти работы подтверждают важность изучения свойств цинковых дитизонатов не только как аналитических реагентов, но и как перспективных материалов для оптических и биоаналитических применений.

Наряду с этим, развитие теоретических методов (в частности, DFT-моделирование и спектроскопический анализ) позволило уточнить электронное строение дитизиновых комплексов, а также установить взаимосвязь между геометрией, типом связи и спектральными характеристиками соединений [5]. Однако большинство работ фокусируется на прикладных аспектах — детекции ионов и сенсорике — в то время как физико-химические свойства чистых кристаллических комплексов Zn(II) с дифенилтиокарбазоном остаются недостаточно изученными.

Связь между микроэлементами и человеком здоровье вызывает растущую озабоченность, токсичность микроэлементов для человека в частности. Тяжелые металлы могут вызывать серьезные вредные воздействия на организм человека в результате миграции через пищевую цепь и накапливаются в организмах [6]. Следовательно, это имело большое значение для разработки эффективных методов удаления и определение следов тяжелых металлов в экологических и биологических образцы. Цинк содержится во многих образцах, например, в окружающей среде, биологические, а также в фармацевтических образцах. Его определение очень важно, потому что либо избыток, либо дефицит цинка может быть вредным для человека.

Авторами [7] проведена работа поведению Zn(HDz)₂ в различных растворителях исследовалось с помощью комбинированного теоретического и экспериментального подхода. В частности, растворы дитизона (H₂Dz) и Zn(HDz)₂ анализировались методами оптической абсорбционной спектроскопии и ядерного магнитного резонанса (ЯМР), уделяя особое внимание взаимосвязи между структурой и свойствами. Расчеты функционала плотности и зависящего от времени функционала плотности были выполнены для стабильной и активированной форм комплекса, что позволило получить информацию об энергетике их взаимопревращений, а также о природе их электронных возбуждений.

Таким образом, актуальность настоящего исследования определяется необходимостью получения в твёрдом состоянии комплексного соединения Zn(II) с дифенилтиокарбазоном и последующего изучения его спектральных, структурных и термических характеристик, что позволит углубить понимание закономерностей координационного взаимодействия и устойчивости комплексов данного типа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для получения комплексов использовали соли Zn(CH₃CO₂)₂ и квалификации “ч”, дифенилтиокарбазон (L), растворитель - ацетон “ч”.

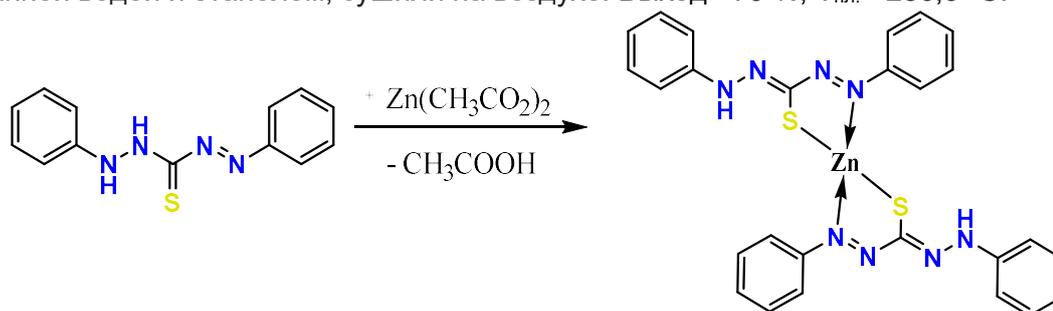
Элементный анализ на содержание углерода, водорода, азота и серы - на приборе «FlashSmart» фирмы Thermo Scientific (США). Количество иона металла полученного комплексного соединения проводили на ICP-OES спектрометре (Thermo Scientific iCAP7400 DuoView, США).

ИК спектры поглощения соединений регистрировали в области 400-4000 см⁻¹ на спектрометре Spectrum-GX фирмы «SHIMADZU» (Япония) используя образцы в виде таблеток с KBr диаметром 13 мм с разрешением 4 см⁻¹ и на спектрометре Spectrum Two фирмы Perkin-Elmer (США), используя универсальную НПВО приставку с алмазным кристаллом и подложку из ZnSe.

Термический анализ регистрировали на дериватографе TA Instruments (SDT 650) (США), К-тип (Low RG Silver). Держателем служил алюминиевый тигель. Все измерения проводились в атмосфере инертного азота со скоростью 50 мл/мин. Температурный интервал анализа составлял 20-1000 °С, нагревание проводили со скоростью 5 К/мин. Стандартный набор измерений варьировали с использованием KNO₃, In, Bi, Sn, Zn, CsCl. Одновременно обнаружено, что массы образцов, распад и термическая стабильность комплексов изменяются с ростом температуры.

Определение структуры соединений проводили с помощью дифрактометра Malvern Panalytical Empyrean. Данные РФА записывали с использованием CuKα-излучения (λ = 1,54 Å). В этом эксперименте ускоряющее напряжение генератора излучения было установлено равным 45 кВ, а ток эмиссии — 40 мА. Рентгеновские дифракционные снимки записывали при 2Θ=20°–120° в геометрии луча Брегги – Брентано со скоростью непрерывного сканирования 0,33 град/мин. Анализ полученных результатов проводился с помощью программы VESTA. Измерения проводила лаборатория «Физики твердого тела» Института ядерной физики УзРФА.

Синтез комплекса [Zn(Dtz)₂]. Для синтеза комплексного соединения цинка (II) к ярко-зеленому раствору 0,002 моля лиганда Dtz в ацетоне добавляли 0,001 моль водного раствора ацетата цинка (мольное соотношение M:L 1:2). Раствор сразу же приобрел темно-вишневую окраску. Реакцию проводили в течение 60 минут при непрерывном перемешивании при комнатной температуре магнитной мешалкой, при этом образовывался осадок темно-вишнево-коричневого цвета. Осадок отфильтровывали, несколько раз промывали дистиллированной водой и этанолом, сушили на воздухе. Выход –79 %; T_{пл.} = 286,3 °С.



Рассчитано по массовой доле (%): C-52,57, H-3,9, N-19,44, S-11,13, Zn-8,45. Найдено (%): C-51,17, H-3,7, N-19,24, S-11,04, Zn-8,08.

Синтезированный комплекс хорошо растворяется в ДМФА, ДМСО и хлороформе, мало растворяется в спирте и в ацетоне, не растворяется в воде.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основании данных СЭМ и энергодисперсионного анализа можно сделать вывод, что комплексообразование ионов металла с лигандом приводит к изменению его микроструктуры, в частности, регистрируются многочисленные пики металлов, что подтверждается EDX (рис. 1.).

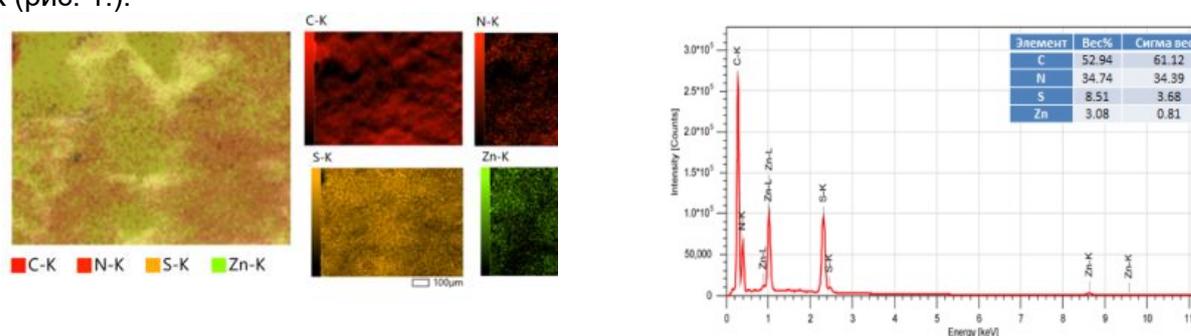


Рис. 1. Микроструктура и EDX диаграмма комплекса [Zn(Dtz)₂]

Для определения координации лигандов с центральным атомом были получены и проанализированы ИК-спектр полученного комплексного соединения и органического лиганда. Дифенилтиокарбазон представляет собой гетероциклическое соединение (рис. 2). В об-

ласти длинных волн зафиксирована широкая полоса поглощения с центром при 3370 см^{-1} и отнесена к колебаниям связи N-H дифенилтиокарбазона. Такая широкая полоса вероятно из-за влаги лиганда. Полосы, связанные с колебаниями C-H в ароматическом кольце наблюдаются при $3096, 3056, 3014\text{ см}^{-1}$. Деформационные колебания N-H группы проявляются при 1591 см^{-1} . Полоса, зафиксированная при $1486-1498\text{ см}^{-1}$, отнесены к характеристическим симметричным и ассиметричным валентным колебаниям N=N [8-9]. Полосы поглощения, отмеченные при $1173-1215\text{ см}^{-1}$, отнесены к симметричным и ассиметричным валентным колебаниям связи S=C, а при 1146 см^{-1} к колебаниям связей N-N, а при 1305 см^{-1} к валентным колебаниям C-N [10].

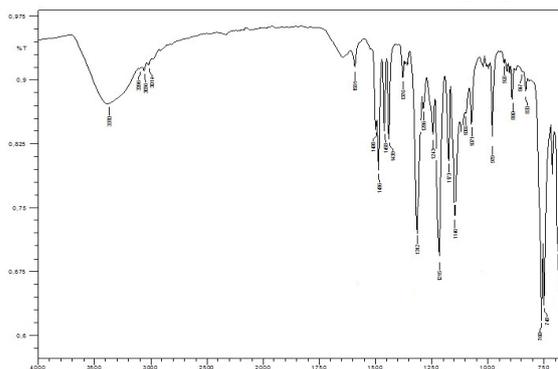


Рис. 2. ИК-спектр лиганда Dtz

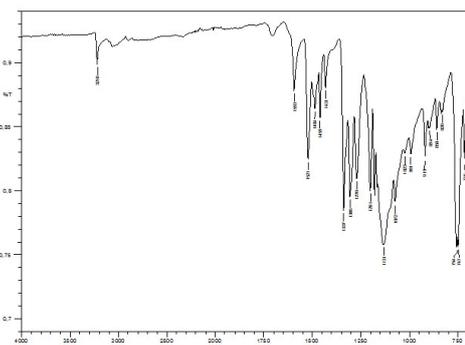


Рис. 3. ИК спектр [Zn(Dtz)₂]

На рис. 3 представлен ИК-спектры синтезированного комплекса Zn(II) на основе лиганда дифенилтиокарбазона, в котором наблюдаются полосы поглощения лиганда с соответствующими сдвигами, обусловленными комплексообразованием. Частоты валентных колебаний, отнесенные к группе N-H, наблюдаются в области 3218 см^{-1} . В ИК-спектре комплекса наблюдаются характерный сдвиг ($\Delta=23\text{ см}^{-1}$) полосы поглощения группы N=N, зафиксированной в области 1521 см^{-1} , что указывает на координацию атома азота в комплексе. Полоса поглощения в области $1131-1201\text{ см}^{-1}$ отнесена к симметричным и ассиметричным валентным колебаниям группы S=C, ее значение также смещено в низкочастотную область ($\Delta=14\text{ см}^{-1}$) за счет координации с металлом в комплексах. Полосы, наблюдаемые, при частотах 678 см^{-1} и 497 см^{-1} отнесены, к связям M-S и M-N соответственно, что подтверждает бидентатного координацию гетероциклического лиганда с центральным атомом посредством атомов серы и азота [11]. Основные частоты поглощения колебания связей функциональных групп в свободном лиганде и комплексе представлены в таб. 1.

Таблица 1

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

Соединение	$\nu\text{ NH}$ см^{-1}	$\delta\text{ NH}$ см^{-1}	$\nu\text{N=N}$ см^{-1}	$\nu\text{N=N}_{\text{as}}$ см^{-1}	$\Delta\text{ N=N}$ см^{-1}	$\nu\text{ S=C}_s$ см^{-1}	$\nu\text{ S=C}_{\text{as}}$ см^{-1}	$\Delta\text{ S=C}$ см^{-1}	$\nu\text{M-S}$	$\nu\text{M-N}$
Dtz	3370	1591	1486	1498	-	1173	1215	-	-	-
[Zn(Dtz) ₂]	3218	1591	1484	1521	23	1131	1201	14	678	497

Таким образом, по результатам ИК-спектроскопического анализа комплекса доказано, что лиганд бидентатно координирован к атому металла посредством атомов серы и азота диазогруппы.

Термический анализ считается основным физико-химическим методом исследования, позволяющий получить информацию о термической стабильности веществ, фазовых переходах и потерях массы, происходящих в молекулах при повышении температуры. При изучении состава комплексных соединений данным методом можно получить дополнительную

информацию о наличии в нем координационных и кристаллизационных молекул воды [12-14].

Термогравиметрические исследования комплекса $[Zn(Dtz)_2]$ проводились в температурном интервале от 20 до 800°C (рис. 4.). В этом интервале на кривой ТГ наблюдается участок потери веса с эндотермическим процессом от 26,57°C до 138°C, с убылью массы 6,37% (пик DSC при $T_{min}=84,85^\circ C$), который соответствует удалению трех молекул кристаллизационной воды из молекулы комплекса. Вторая стадия потери массы на кривой ТГ наблюдается в интервале температур от 138°C до 331,96°C, в этой области обнаружен экзотермический эффект и потеря массы равна 49,97 % (пик DSC при $T_{max}=180,95^\circ C$), данный этап термоллиза относится к разложению молекулы комплекса. Третья стадия потерь охватывает интервал температур от 331,96 до 800,67°C, при этом потери массы составляет 34,41%, что характеризуются полным разложением лиганда. Конечным продуктом термоллиза является ZnO. В результате термоллиза можно сделать вывод, что природа термических эффектов связана разложением органической части комплекса, горением продуктов термораспада и образованием оксида цинка (II).

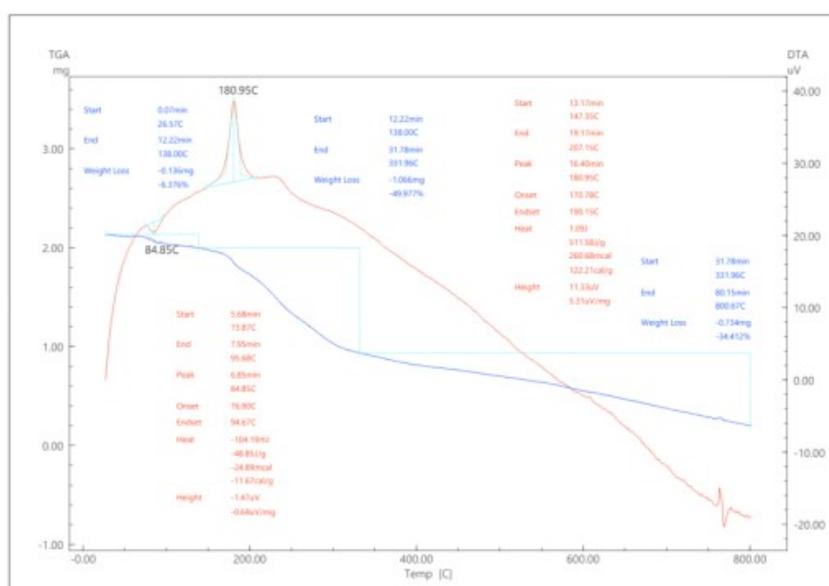


Рис. 4. Термограмма комплексного соединения $[Zn(Dtz)_2] \cdot 3H_2O$

В результате обработки дифрактограммы рентгенофазового анализа с помощью программы FullProf были определены кристаллическая структура комплекса $[Zn(Dtz)_2]$ твёрдого состояние. Структурный анализ полученного комплекса проводился в лаборатории «Физики твёрдого тела» института ядерной физики АН РУз. Кристаллографические характеристики и результаты рентгенофазового анализа были сопоставлены с литературными данными [7] (табл. 2).

Таблица 2

Кристаллографические данные и параметры, уточняющие строение комплексного соединения $[Zn(Dtz)_2]$

Параметр	Величина	[7]
Структура	$[Zn(Dtz)_2]$	$Zn(HDz)_2$
Молекулярная формула	$ZnC_{26}H_{22}N_8S_2$	$ZnC_{26}H_{22}N_8S_2$
M_r	576.03	576.01
Сингония	Триклинная	Моноклинная
Пространственная группа	B1	$P 2_1/c$
a, Å	24.564	7.875(2)
b, Å	17.37	22.352 (3)
c, Å	24.564	15.217 (3)
$\alpha, \beta, \gamma, \text{deg}$	90; 90; 90	
V, Å ³	10480.73	2678.8(9)

Z	2	4
$D_x, \text{g/cm}^{-3}$	0.183	1.430
$\mu(\text{CuK}\alpha), \text{mm}^{-1}$	0.141	11.05
Размер кристалла, [mm]	0.16×0.12×0.08	
T, °K	294	
$\theta, \text{град.}$	3,4; -66,54	3.5-25.1
Интервал h,k,l	-20/24, -8/12, -14/16	
Рефлекс	4758	4721
Показатель преломления	1562	1488
R_{int}	0.054	0.032
$F^2 \geq 2\sigma(F^2)$ критерий	1062	
Критерии приемлемости (F^2)	596	
$R_1, wR_2(I > 2\sigma(I))$	0.0423, 1.523, 1.12	

$[\text{Zn}(\text{Dtz})_2]$ представляет собой мооядерный комплекс, где центральный атом цинка координирован с двумя молекулами дифенилтиокарбазона (Dtz). Нейтральный характер комплекса обусловлен, вероятно, наличием двух депротонированных молекул Dtz, который выступает в роли бидентатного лиганда, координируясь с цинком через атомы серы и азота (рис. 5). Упаковка комплекса приведена на рис. 6.

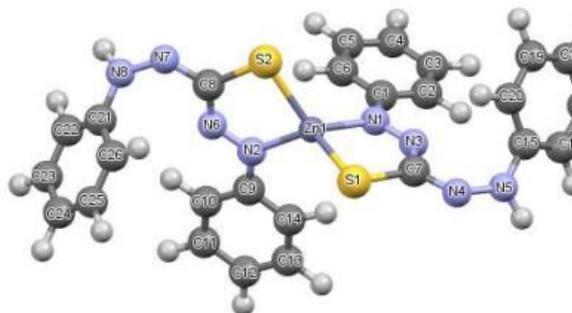


Рис. 5. Структура комплекса $[\text{Zn}(\text{Dtz})_2]$

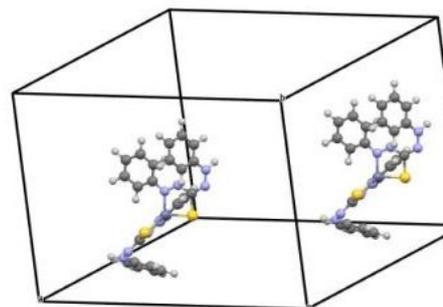


Рис. 6. Расположение молекул $[\text{Zn}(\text{Dtz})_2]$ в кристаллической ячейке

Сопоставленные кристаллографические данные свидетельствуют о существенных различиях в структурах комплексов $\text{Zn}(\text{HDz})_2$ [7] и $\text{Zn}(\text{Dtz})_2$. Несмотря на практически идентичную молекулярную массу (M) обоих соединений (576.01 и 576.03), их кристаллические системы (сингонии) кардинально различаются. $\text{Zn}(\text{HDz})_2$ кристаллизуется в моноклинной сингонии с пространственной группой $P2_1/c$. $\text{Zn}(\text{Dtz})_2$ кристаллизуется в триклинной сингонии с пространственной группой B1 (что является необычным обозначением и может указывать на низкую симметрию, возможно $P1^-$). Наиболее заметное различие наблюдается в объеме элементарной ячейки (V). У $\text{Zn}(\text{Dtz})_2$ он значительно больше ($V=10480.73 \text{ \AA}^3$), чем у $\text{Zn}(\text{HDz})_2$ ($V=2678.8(9) \text{ \AA}^3$). Это огромное расхождение (при $Z=2$ для $\text{Zn}(\text{Dtz})_2$ и $Z=4$ для $\text{Zn}(\text{HDz})_2$) может объясняться наличием большого количества сольватных молекул в структуре $\text{Zn}(\text{Dtz})_2$ или совершенно иным типом упаковки. Несмотря на структурное сходство лигандов, изменение их состояния (протонирование/депротонирование) и/или условий кристаллизации привело к получению двух различных полиморфных форм цинкового комплекса: более плотной, высокосимметричной моноклинной модификации $\text{Zn}(\text{HDz})_2$ и крайне рыхлой, низкосимметричной триклинной модификации $\text{Zn}(\text{Dtz})_2$.

Значения длин связей Zn-S (2.3124 Å и 2.3123 Å) указывают на ковалентный характер связи между атомами цинка и серы. Эти значения характерны для координационных соединений цинка с мягкими донорными атомами серы. Длины связей Zn-N (1.9282 Å и 1.9284 Å) также свидетельствуют о ковалентном характере связи. Эти значения несколько короче, чем Zn-S связи, что отражает более высокую электроотрицательность азота по сравнению с серой. Значения углов S-Zn-S (120.070°), S(1)-Zn(1)-N(1) (88.020°), S(1)-Zn(1)-N(2) (121.840°) и

S(2)-Zn(1)-N(1) (121.940°) указывают на искаженную тетраэдрическую геометрию вокруг атома цинка. Идеальный тетраэдрический угол равен 109.5°. Отклонение от этого значения свидетельствует о том, что электронные пары и лиганды отталкиваются друг от друга, что приводит к искажению геометрии. Различия в углах связей могут быть обусловлены стерическими эффектами лигандов. Большие и объемные лиганды могут вызывать большее искажение геометрии.

Таким образом, данные рентгенофазового анализа синтезированных координационных соединений показали наличие в комплексах индивидуальной кристаллической решетки, не обнаруженной в кристаллографической базе данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования успешно синтезировано комплексное соединение цинка(II) с дифенилтиокарбазоном в твердом состоянии. Комплекс охарактеризован с применением методов рентгенофазового анализа, инфракрасной спектроскопии и термического анализа. Полученные данные свидетельствуют о формировании координационного соединения, в котором лиганда координируется к иону Zn(II) через атомы азота и серы, с образованием хелатного цикла в соотношении металл:лиганд - 1:2.

Сравнение кристаллографических параметров с литературными данными подтвердило идентичность структуры и соответствие предполагаемой координационной модели. Спектральные характеристики указывают на образование прочной связи металл–лиганд, а результаты термического анализа подтверждают высокую термическую стабильность комплекса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ntoi, L. L. A., et al. (2017). *Seven chromisms associated with dithizone*. *Journal of Physical Chemistry A*.
2. Aguado, R. J., et al. (2023). *Durable nanocellulose-stabilized emulsions of dithizone for colorimetric heavy-metal detection*. *ACS Applied Materials & Interfaces*.
3. Mei, Q., et al. (2015). *Zinc–dithizone complex engineered upconverting nanosensors for the detection of hypochlorite in living cells*. *Small*.
4. Math, K. S. (1971). *Crystal and molecular structure of zinc dithizonate*. *Journal of Coordination Chemistry*.
5. Mudasir, M., et al. (2020). *Simultaneous adsorption of Zn(II) and Hg(II) ions on dithizone-modified adsorbents*. *Environmental Chemistry*.
6. Cheng, G., He, M., Peng, H., & Hu, B. (2012). *Dithizone-modified magnetic nanoparticles for fast and selective solid phase extraction of trace elements in environmental and biological samples prior to their determination by ICP-OES*. *Talanta*, 88, 507–515.
7. Armelao, L., Bandoli, G., Barreca, D., Bottaro, G., Tondello, E., Venzo, A., & Vittadini, A. (2007). *Molecular photochromic systems: A theoretical and experimental investigation on zinc(II) dithizonate*. *Applied Organometallic Chemistry*, 21, 246–254.
8. Беллами, Л. (1963). *Инфракрасные спектры сложных молекул*. Москва: Издательство.
9. Bakir, S. R., Al-Hamdani, A. A. S., & Jarad, A. J. (2013). *Synthesis and characterization of mixed ligands of dithizone and Schiff base complexes with selected metal ions*. *Diyala Journal for Pure Sciences*, 9(2), 82–95.
10. Эшимбетов, А. Г. (2014). *ИК-спектроскопия усулуда амалий қўлланма*. Тошкент.
11. Накамото, К. (1966). *Инфракрасные спектры неорганических и координационных соединений*. Москва: Мир.
12. Сазанов, Ю. Н. (2016). *Термический анализ органических соединений*. Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета.
13. Топор, Н. Д., Огородова, Л. П., & Мельчакова, Л. В. (1987). *Термический анализ минералов и неорганических соединений*. Москва: Издательство МГУ.
14. Кукушкин, Ю. Н., Ходжаев, О. Ф., Буданова, В. Ф., & Парпиев, Н. А. (1986). *Термолиз координационных соединений*. Ташкент: Фан.