

March 2024

## SYNTHESIS AND STRUCTURE OF MIXED LIGAND COORDINATION COMPOUND OF URANYL ACETATE WITH POTASSIUM DIISOPROPYLDITHIOPHOSPHATE AND 2-AMINO-1-METHYLBENZIMIZOLE

Kholida JABBOROVA

*Institute of General and Inorganic Chemistry, Tashkent, Uzbekistan, Jabborova0707@gmail.com*

Shakhlo DAMINOVA

*National University of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan; State Unitary Enterprise "Uzbek-Japanese Youth Innovation Center" at TSTU, Tashkent, Uzbekistan, daminova\_sh@mail.ru*

Khasan SHARIPOV

*Institute of General and Inorganic Chemistry, Tashkent, Uzbekistan, sharkhas@yandex.ru*

Follow this and additional works at: <https://cce.researchcommons.org/journal>

---

### Recommended Citation

JABBOROVA, Kholida; DAMINOVA, Shakhlo; and SHARIPOV, Khasan (2024) "SYNTHESIS AND STRUCTURE OF MIXED LIGAND COORDINATION COMPOUND OF URANYL ACETATE WITH POTASSIUM DIISOPROPYLDITHIOPHOSPHATE AND 2-AMINO-1-METHYLBENZIMIZOLE," *CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING*: Vol. 2023: No. 1, Article 4.

DOI: 10.34920/cce202314

Available at: <https://cce.researchcommons.org/journal/vol2023/iss1/4>

This Article is brought to you for free and open access by Chemistry and Chemical Engineering. It has been accepted for inclusion in CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING by an authorized editor of Chemistry and Chemical Engineering. For more information, please contact [zuchra\\_kadirova@yahoo.com](mailto:zuchra_kadirova@yahoo.com).

## SYNTHESIS AND STRUCTURE OF MIXED LIGAND COORDINATION COMPOUND OF URANYL ACETATE WITH POTASSIUM DIISOPROPYLDITHIOPHOSPHATE AND 2-AMINO-1-METHYLBENZIMIZOLE

*Kholida JABBOROVA*<sup>1</sup> (Jabborova0707@gmail.com), *Shakhlo DAMINOVA*<sup>2,3</sup> (daminova\_sh@mail.ru),  
*Khasan SHARIPOV*<sup>1</sup> (sharkhas@yandex.ru)

<sup>1</sup>Institute of General and Inorganic Chemistry, Tashkent, Uzbekistan

<sup>2</sup>National University of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

<sup>3</sup>State Unitary Enterprise "Uzbek-Japanese Youth Innovation Center" at TSTU, Tashkent, Uzbekistan

The purpose of this work is the synthesis and study of the structure and properties of mixed-ligand complex compounds  $UO_2^{2+}$  containing 2-amino-1-methylbenzimidazole ( $L^1$ ) and diisopropylidithiophosphoric acid ( $L^2$ ). A complex compound of uranyl acetate with 2-amino-1-methylbenzimidazole ( $L^1$ ) and potassium diisopropyl dithiophosphate ( $L^2$ ) was synthesized for the first time. The structure of the synthesized mixed-ligand coordination compound was studied by SEM-EDX, IR, Raman spectroscopy and thermogravimetric analysis.

**Keywords:** mixed ligand complex, ligand, uranyl acetate, complex compound, 2-amino-1-methylbenzimidazole, potassium diisopropylidithiophosphate, IR spectroscopy, thermogravimetric analysis

## СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ СМЕШАННОЛИГАНДНОГО КООРДИНАЦИОННОГО СОЕДИНЕНИЯ УРАНИЛАЦЕТАТА С ДИИЗОПРОПИЛДИТИОФОСФАТОМ КАЛИЯ И 2-АМИНО-1-МЕТИЛБЕНЗИМИЗОЛОМ

*Холлада ЖАББОРОВА*<sup>1</sup> (Jabborova0707@gmail.com), *Шахло ДАМИНОВА*<sup>2,3</sup> (daminova\_sh@mail.ru),  
*Хасан ШАРИПОВ*<sup>1</sup> (sharkhas@yandex.ru)

<sup>1</sup>Институт общей и неорганической химии, Ташкент, Узбекистан

<sup>2</sup>Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан

<sup>3</sup>Государственное унитарное предприятие «Узбекско-японский молодежный инновационный центр» при ТГТУ, Ташкент, Узбекистан

Целью данной работы является синтез и изучение строения, свойства разнолигандных комплексных соединений  $UO_2^{2+}$ , содержащих 2-амино-1-метилбензимидазол ( $L^1$ ) и диизопропилдитиофосфорной кислоты ( $L^2$ ). Впервые синтезировано комплексное соединение уранилацетата с 2-амино-1-метилбензимидазолом ( $L^1$ ) и диизопропилдитиофосфатом калия ( $L^2$ ). Строение синтезированного разнолигандного координационного соединения изучено методами SEM-EDX, ИК, рамановской спектроскопии и термогравиметрического анализа.

**Ключевые слова:** смешаннолигандный комплекс, лиганд, уранил ацетат, комплексное соединение, 2-амино-1-метилбензимидазол, диизопропилдитиофосфат калия, ИК-спектроскопия, термогравиметрический анализ

## URANIL ASETATNING DIIZOPROPILDITIOFOSFAT KALIY VA 2-AMINO-1-METILBENZIMIZOL BILAN ARALASH LIGANDLI KOORDINATSION BIRIKMASI SINTEZI VA TUZILISHI

*Xolida JABBOROVA*<sup>1</sup> (Jabborova0707@gmail.com), *Shaxlo DAMINOVA*<sup>2,3</sup> (daminova\_sh@mail.ru),  
*Khasan SHARIPOV*<sup>1</sup> (sharkhas@yandex.ru)

<sup>1</sup>Umumiy va noorganik kimyo instituti, Toshkent, O'zbekiston

<sup>2</sup>O'zbekiston milliy universiteti, Toshkent, O'zbekiston

<sup>3</sup>TDTU huzuridagi "O'zbekiston-Yaponiya yoshlar innovatsion markazi" DUK, Toshkent, O'zbekiston

Ushbu ishning maqsadi 2-amino-1-metilbenzimidazol ( $L^1$ ) va diizopropilditiofosforik kislota ( $L^2$ ) ni o'z ichiga olgan  $UO_2^{2+}$  aralash ligandli kompleks birikmalarining tuzilishi va xususiyatlarini sintez qilish va o'rganishdir. Uranil asetatning 2-amino-1-metilbenzimidazol ( $L^1$ ) va diizopropil ditiofosfat kaliy ( $L^2$ ) bilan kompleks birikmasi ilk marta sintez qilindi. Sintez qilingan aralash ligandli koordinatsion birikmaning tuzilishi SEM-EDX, IQ, Raman spektroskopiyasi va termogravimetrik tahlil yordamida o'rganildi.

**Kalit so'zlar:** aralash ligand kompleksi, ligand, uranil asetat, kompleks birikma, 2-amino-1-metilbenzimidazol diizopropilditiofosfat kaliy, IQ spektroskopiyasi, termogravimetrik tahlil

DOI: 10.34920/ccc202314

### Введение

Как наиболее распространенный актиноид в природе и наиболее важный элемент ядерного топливного цикла, уран демонстрирует богатую координационную химию [1]. За последнее десятилетие наблюдается рост числа структурно охарактеризованных комплексных соединений урана [2]. Одной из основных причин возрождения интереса к соединениям ура-

на является их замечательная структурная универсальность. Более глубокое понимание координационной химии урана имеет ключевое значение для разработки новых технологий безопасной обработки и долгосрочной иммобилизации облученного ядерного топлива. Другой причиной возрождения интереса к соединениям урана является их замечательная конструктивная универсальность. В степенях окисления +3

и +4 обычно встречаются восьми- и девятикоординационные урановые окружения, аналогичные наблюдаемым в комплексах лантаноидов [3, 4]. Однако оксосоединения урана в степени окисления +4 образуют приблизительно линейные трехатомные ионы уранила  $UO_2^{2+}$ . Хотя этот катион может связывать дополнительные лиганды, лежащие перпендикулярно оси уранила, с образованием пяти-, шести-, семи- и восьмикоординационных металлических центров, семикоординация особенно распространена для оксосоединений шестивалентного урана [5-7]. В зависимости от стерических требований, вызванных отталкиванием лиганд-лиганд, более слабыми связями и, как правило, пониженной стабилизацией кристаллического поля, гептакоординированные центры урана могут иметь пентагональную бипирамидальную форму колпачковую октаэдрическую и колпачковую тригональную призматическую координационную геометрию. Несмотря на обилие слоистых структур для  $U^{IV}$ -оксосоединений [8, 9], структурные исследования соединения уранила с одномерной топологией или многомерным каркасом встречаются довольно редко [10, 11].

Среди огромного количества комплексов большинство из них с лигандами, содержащими атомы кислорода и азота, которые являются двумя наиболее доступными донорами как в природе, так и в лаборатории [12-15]. Напротив, комплексообразование урана с серо-содержащими лигандами относительно менее изучено, в основном из-за меньшей стабильности этих лигандов и идеи о том, что связь между твердым металлом урана и мягким донорным атомом серы обычно неблагоприятна. Тем не менее в последние годы число исследований по этой тематике увеличивается [16, 17]. Такое увеличение может быть вызвано растущим интересом к поиску эффективных лигандов для разделения актиноидов и к исследованию ковалентности в связывании актиноидов [18, 19].

В начале наших исследований отсутствовали сведения о разнолигандных координационных соединениях катиона уранила, содержащих производные бензимидазола и диалкилдитиофосфорных кислот, причины конкретной координации лигандов вокруг центрального атома не были изучены.

Целью данной работы является синтез и изучение строения, свойств разнолигандных комплексных соединений  $UO_2^{2+}$ , содержащих 2-амино-1-метилбензимидазол ( $L^1$ ) и диизопропилдитиофосфорной кислоты ( $L^2$ ).

#### **Объекты и методы исследования**

Для получения комплексов использовали соли  $UO_2(CH_3COO)_2$ , диизопропилдитиофосфат калия (DiPDTF), а также 2-амино-1-метил-1H-бензимидазол (MAB). В качестве растворителей использовали 96% этанол. Используемые в работе органические реагенты и растворители очищали и высушивали известными методами [20].

Соединение  $[UO_2(L^1)(L^2)_2]$  синтезировано по следующей методике: в колбе снабженной обратным холодильником и магнитной мешалкой при постоянном перемешивании при 50-60 °C нагревали реакционную смесь, содержащую спиртовой раствор 0.001 моль (0,194 г) уранилацетата и этанольный раствор 0,002 моль (0,450 г) лиганда  $L^2$ . Через полчаса к смеси по каплям добавляли спиртовой раствор 0.002 моль (0,147 г) лиганда  $L^1$ . Полученную реакционную смесь перемешивали в течение 2 часов, после реакционную смесь отфильтровали и оставили для кристаллизации. Через несколько дней светложелтый осадок собирали, несколько раз промывали этиловым спиртом и сушили при комнатной температуре. Выход основного продукта составил 68%.

В качестве методов исследования комплексного соединения использовались методы SEM-EDX (Zeiss EVO MA 10, Carl Zeiss, Германия), термический анализ (Thermo Scientific GC1310 combined Tsq 9000\_TA), ИК - (Perkin-Elmer, США) и раман спектроскопию (Horiba MacroRam).

#### **Результаты и обсуждение**

В настоящее время для определения количества N, S, C и металлов в синтезированных комплексах широко используется сканирующий электронный микроскоп SEM-EDX (рис. 1).

SEM микрофотография показывает, что синтезированный комплекс  $[UO_2]^{2+}$  имеет хорошо сформированную аморфную структуру, что подтверждают и полученные результаты энергодисперсионного анализа. На основании данных

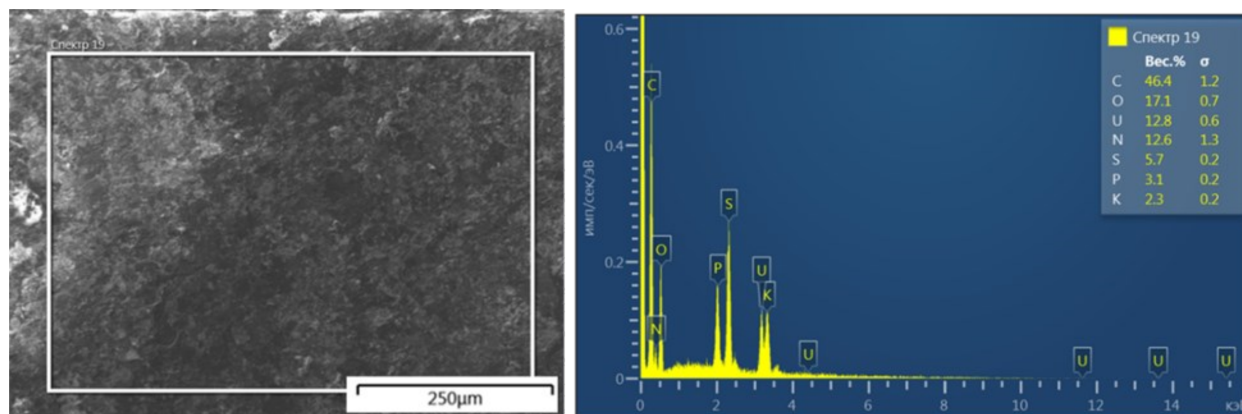


Рисунок 1. Микроструктура и элементный анализ комплексного соединения  $[UO_2(L^1)(L^2)_2]$ .

SEM и энергодисперсионного анализа можно заключить, что комплексообразование ионов металлов с органическими лигандами приводит к изменению микроструктуры лигандов.

Инфракрасная спектроскопия является очень важным методом определения способа координации лигандов с ионами металлов. Известно, что лиганды с большими стерическими затруднениями и высокой остаточной электронной плотностью могут легко нарушать классическую бипирамидальную геометрию комплексов урана. Кроме того, длина связей  $U=O$  варьируется в зависимости от растворителя или количества лигандов, присоединенных к

иону уранила вокруг экваториальной плоскости. Лиганд  $L^1$  состоит из объемных радикальных групп с большим количеством электронов. При образовании комплексов  $U(VI)$  с  $L^1$  и  $L^2$  соответственно изменяются и линии колебаний координационного звена  $U(VI)$ . Например, асимметричное валентное колебание свободного уранила  $\nu_{as}(UO_2)$  наблюдалось при  $942\text{ см}^{-1}$ , а в комплексном соединении колебание этой группы проявлялись при  $933\text{ см}^{-1}$ .

Инфракрасные спектры лиганда  $L^1$  имеют полосы при  $3450\text{--}3330\text{ см}^{-1}$  и приблизительно  $1650\text{ см}^{-1}$ , отнесенные к  $\nu(NH_2)$  и  $\delta(NH_2)$  бензимидазольного кольца соответственно

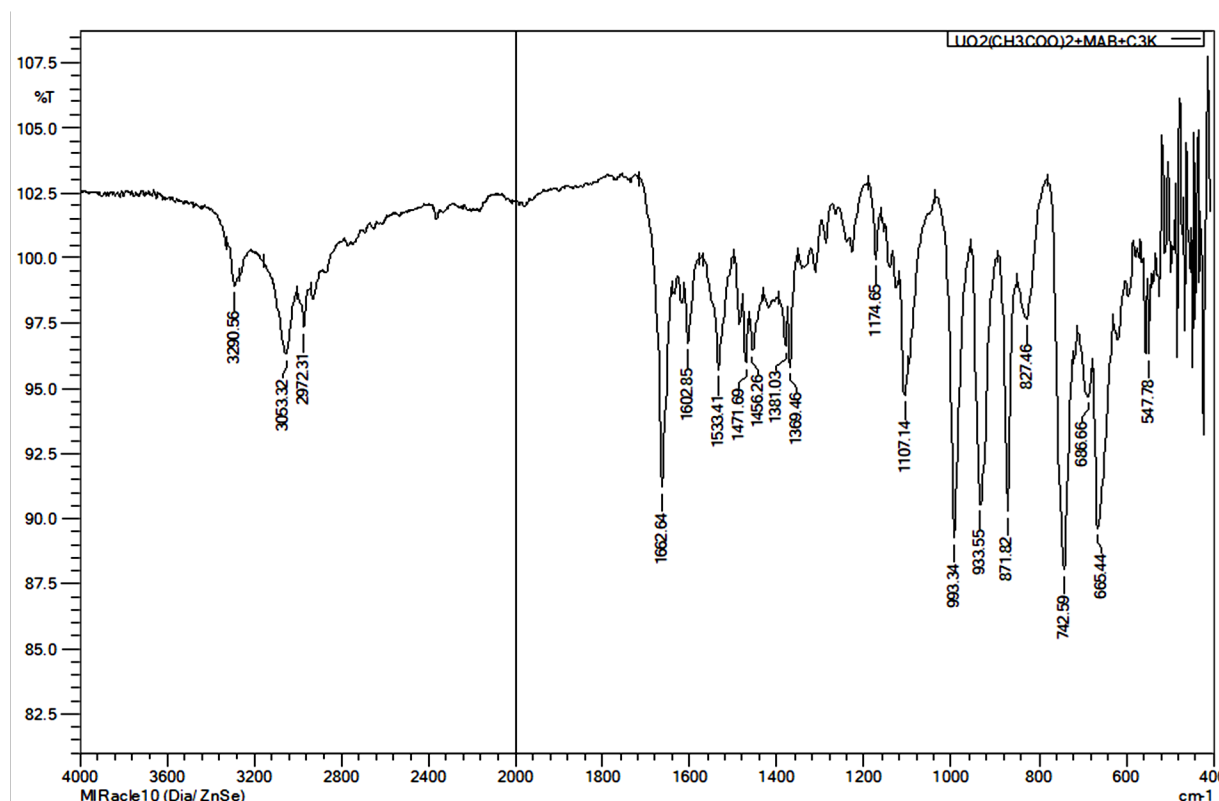


Рисунок 2. ИК спектр комплексного соединения  $[UO_2(L^1)_2(L^2)_2]$ .

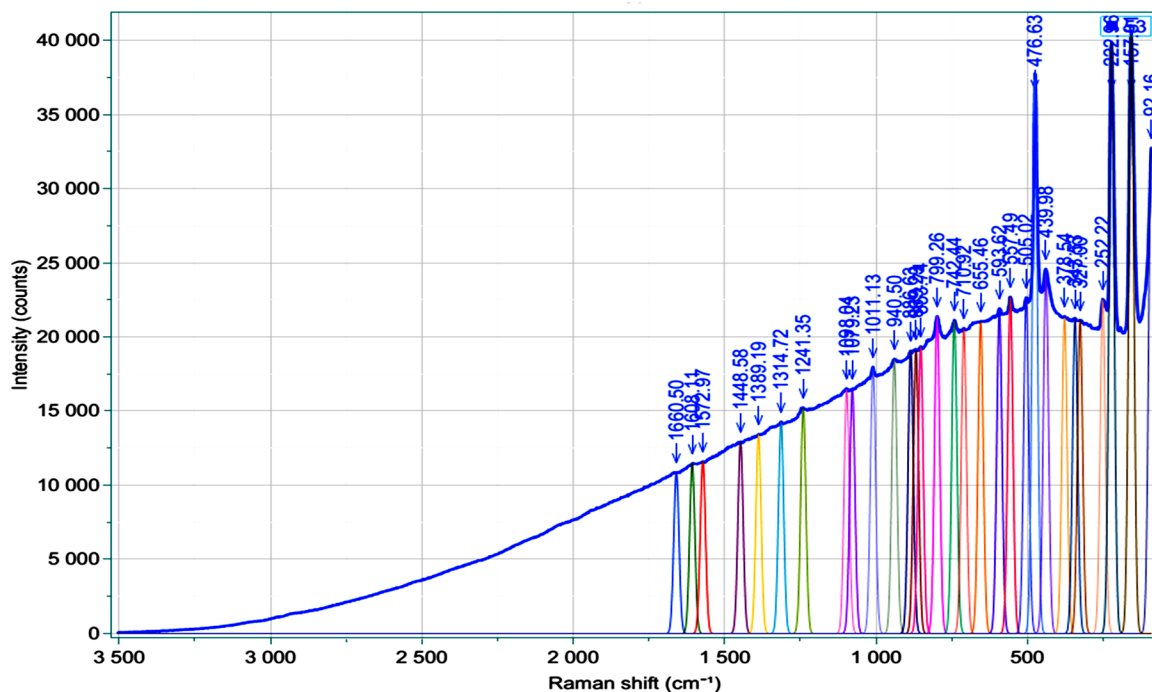
[21]. Появление полосы около  $1550\text{ см}^{-1}$  может быть отнесено к колебаниям  $\nu(\text{C}=\text{N})$ . Замещенная фенильная группа демонстрирует кольцевые колебания при  $1485\text{--}1454\text{ см}^{-1}$  и  $740\text{--}725\text{ см}^{-1}$ . Асимметричное валентное колебание связи C-N наблюдается в ИК спектре при  $1042\text{ см}^{-1}$ . Полосы, наблюдаемые между  $1144$  и  $1280\text{ см}^{-1}$  относятся к деформационным колебаниям группы (C-C-N). Кроме того, симметричное и асимметричное валентное поглощение  $\text{C}=\text{C}$  проявляется при  $1370\text{ см}^{-1}$ . Средняя полоса, наблюдаемая при  $1470\text{ см}^{-1}$  в ИК спектре, относится к колебаниям H-N.

При переходе от лигандов к комплексам наблюдаются низкочастотные сдвиги полос  $n\text{P}=\text{S}$  и  $n\text{P}-\text{S}$ -, доказывающие образование ковалентной связи металл-сера (рис. 2). В комплексе полосы  $\text{P}=\text{S}$  связей смещены в низкочастотную область на  $45\text{--}25\text{ см}^{-1}$  по отношению к частоте колебаний этой группы в лиганде и наблюдаются в области  $640$  и  $615\text{ см}^{-1}$ . Существенным образом меняется также полоса в области колебаний связи  $n\text{P}-\text{S}$ , смещаясь в комплексе на  $50\text{--}35\text{ см}^{-1}$ . Понижение

частот  $n\text{P}=\text{S}$  и  $n\text{P}-\text{S}$ - в комплексе по сравнению со свободным  $n\text{PSS}$  ионом лиганда  $\text{L}^2$  говорит о координации металла через атомы серы. Лиганд  $\text{L}^2$  выступает как бидентатный лиганд, координируется к металлу двумя атомами серы с образованием четырехчленного хелатного цикла. Также анализ ИК спектров синтезированного комплекса указывает на вхождение молекулы  $\text{L}^1$  в координационную сферу комплекса, что подтверждает наличие характеристических полос поглощения аминоксимидазола в ИК спектре и соответствующих смещению полос, свидетельствующие об образовании координационной связи.

При анализе раманских спектров полученного комплексного соединения наблюдались четкие интенсивные спектры в областях  $222$  и  $476\text{ см}^{-1}$ . Предполагалось, что эти спектры принадлежат связям уран-сера и уран-азот (рис. 3).

Для установления термической устойчивости синтезированного комплексного соединения был проведен дифференциальный



Date	12.10.2022 1...	Acq. time (s)	1	Accumulations	10	Laser (nm)	785
Spectro (cm <sup>-1</sup> )	2016.54	Hole		Slit		Grating	685
ND Filter		Objective		ICS correction	Off	Range (cm <sup>-1</sup> )	

Рисунок 3. КР -спектр комплексного соединения  $[\text{UO}_2(\text{L}^1)(\text{L}^2)_2]$ .



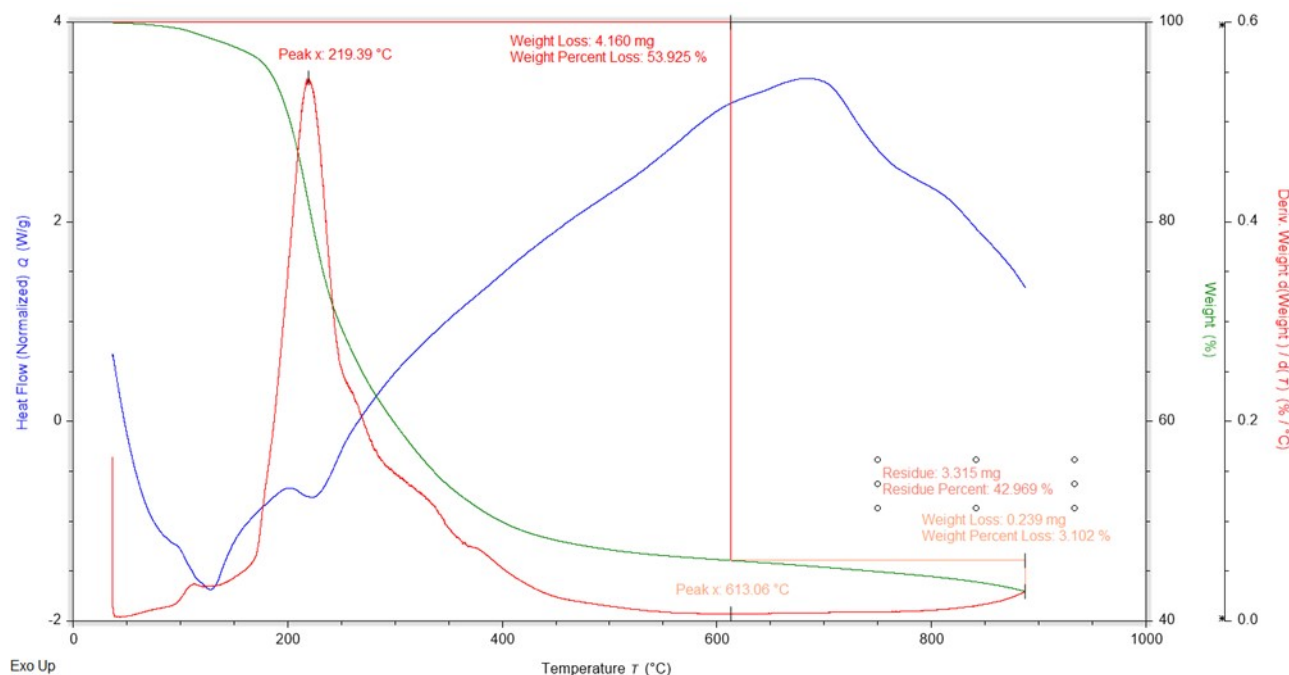


Рисунок 4. Дериватограмма комплексного соединения  $[UO_2(L^1)(L^2)_2]$ .

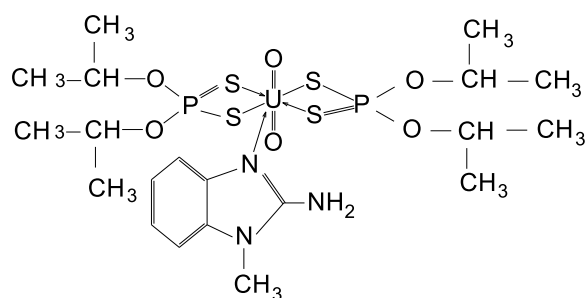
термический анализ [26]. Полученная дериватограмма представлена на рисунке 4.

Анализ кривой динамического термогравиметрического анализа (ДТГА) показывает, что кривая ДТГА имеет место в основном в 2-х диапазонах интенсивных температур разложения. Диапазон первого разложения соответствует температуре 102-400 °C, а диапазон второго разложения соответствует температуре 420-900 °C. Анализ показывает, что первый интервал разложения происходит более интенсивно. Потеря массы в этом диапазоне составляет 53,93%. Характер экзотермического эффекта при 219 °C обусловлен интенсивным разложением комплекса. Природа других термических эффектов связана со ступенчатым разложением, горением и образованием конечных продуктов термолитиза изученного соединения. Общая потеря массы в диапазоне температур 165-705 °C по кривой ТГ составляет 89,35%. Исследование термических свойств комплекса подтвердило отсутствие молекул координационной и кристаллизационной воды.

## Заключение

На основании данных элементного, термического анализов и ИК спектроскопического изучения лиганда и его комплекса можно сделать вывод, что лиганд  $L^1$  при синтезе комплекса с уранил ацетатом координируется монодентатно через атома гетероциклического азота, а второй лиганд  $L^2$  бидентатно координируется к металлу двумя атомами серы с образованием четырехчленного хелатного цикла и предполагается образование комплексов состава 1:1:2 ( $M:L^1:L^2$ ).

На основании проведенных исследований предложена следующая структура синтезированного комплексного соединения:



## REFERENCES

1. Bart S.C., Meyer K. Highlights in uranium coordination chemistry. *Organometallic and coordination chemistry of the actinides*, 2008, 127, 119-176. DOI: 10.1007/430\_2007\_081
2. El-Sonbati A.Z., Diab M.A., Morgan S.M., Seyam H.A. Supramolecular structures for determination and identification of the bond lengths in novel uranyl complexes from their infrared spectra. *Journal of Molecular Structure*, 2018, 1154, 354-365. DOI: 10.1016/j.molstruc.2017.10.020.
3. Khedr A.M., Saad, F.A. Synthesis, structural characterization, and antimicrobial efficiency of sulfadiazine azo-azomethine dyes and their bi-homonuclear uranyl complexes for chemotherapeutic use. *Turkish Journal of Chemistry*, 2015, 39/2, 267-280. DOI: 10.3906/kim-1409-21.
4. Ho D. M. L., Jones A. E., Goulermas J. Y., Turner P., Varga Z., Fongaro L., Fanghanel Th., Mayer K. Raman spectroscopy of uranium compounds and the use of multivariate analysis for visualization and classification. *Forensic science international.*, 2015, 251, 61-68. DOI: 10.1016/j.forsciint.2015.03.002.

5. Sessler J. L., Melfi P. J., & Pantos, G. D. Uranium complexes of multidentate N-donor ligands. *Coordination chemistry reviews*, 2006, 250/7-8, 816-843. DOI: 10.1016/j.ccr.2005.10.007.
6. Albrecht-Schmitt T.E. Actinide materials adopt curvature: Nanotubules and nanospheres. *Angewandte Chemie International Edition*, 2005, 44/31, 4836-4838. DOI: 10.1002/anie.200500936.
7. Chakraborty S., Dinda S., Bhattacharyya R., Mukherjee A.K. Syntheses, spectroscopic and X-ray structure analyses of two dioxouranium (VI) complexes: supramolecular framework built from O—H... O, C—H... O and stacking interactions. *Zeitschrift für Kristallographie-Crystalline Materials*, 2006, 221/8, 606-611. DOI: 10.3906/kim-1409-21.
8. Almond P.M., Albrecht-Schmitt T.E. Do secondary and tertiary ammonium cations act as structure-directing agents in the formation of layered uranyl selenites?. *Inorganic chemistry*, 2003, 42/18, 5693-5698.
9. Neu M.P., Johnson M.T., Matonic J.H., Scott B.L. Actinide interactions with microbial chelators: the dioxobis [pyridine-2, 6-bis (monothiocarboxylato)] uranium (VI) ion. *Acta Crystallographica Section C: Crystal Structure Communications*, 2001, 57/3, 240-242. DOI: 10.1107/S0108270100017285
10. Bean A.C., Ruf M., Albrecht-Schmitt T.E. Excision of uranium oxide chains and ribbons in the novel one-dimensional uranyl iodates K<sub>2</sub>[(UO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>(IO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>O<sub>2</sub>] and Ba[(UO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>(IO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>O<sub>2</sub>](H<sub>2</sub>O). *Inorganic Chemistry*, 2001, 40/16, 3959-3963. DOI: 10.1021/ic010342l
11. Doran M.B., Stuart C.L., Norquist A.J., O'Hare D. [N<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>]<sub>2</sub>[(UO<sub>2</sub>)<sub>6</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>F<sub>2</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(HPO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>]×4H<sub>2</sub>O: A New Microporous Uranium Phosphate Fluoride. *Chemistry of materials*, 2004, 16/4, 565-566. DOI: 10.1021/cm0350838
12. Sessler J.L., Melfi P.J., Pantos G.D. Uranium complexes of multidentate N-donor ligands. *Coordination chemistry reviews*, 2006, 250/7-8, 816-843. DOI: 10.1016/j.ccr.2005.10.007.
13. Fortier S., Hayton, T.W. Oxo ligand functionalization in the uranyl ion (UO<sub>2</sub><sup>2+</sup>). *Coordination Chemistry Reviews*, 2010, 254/3-4, 197-214. DOI: 10.1016/j.ccr.2009.06.003
14. Priya S., Sengupta A., Jayabun S. Understanding the extraction/complexation of uranium using structurally modified sulphoxides in room temperature ionic liquid: speciation, kinetics, radiolytic stability, stripping and luminescence investigation. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2016, 310, 1049-1059. DOI: 10.1007/s10967-016-4970-7
15. Singh M., Sengupta A., Murali M.S., Thulasidas S.K., Kadam R.M. Selective separation of uranium from nuclear waste solution by bis(2,4,4-trimethylpentyl)phosphonic acid in ionic liquid and molecular diluents: a comparative study. *J. Radioanal Nucl. Chem.*, 2016, 309, 1199-1208. DOI: 10.1007/s10967-016-4691-y
16. Behrle A.C., Barnes C.L., Kaltsoyannis N., Walensky J.R. Systematic investigation of thorium(IV)-and uranium(IV)-ligand bonding in dithio-phosphonate, thioselenophosphinate, and diselenophosphonate complexes. *Inorg. Chem.* 2013, 52, 10623-10631. DOI: 10.1021/ic401642a
17. Narducci A.A., Ibers J.A. Ternary and quaternary uranium and thorium chalcogenides. *Chem. Mater.*, 1998, 10, 2811-2823. DOI: 10.1021/cm9802200
18. Ephritikhine M. Molecular actinide compounds with soft chalcogen ligands. *Coord. Chem. Rev.*, 2016, 319, 35-62. DOI: 10.1016/j.ccr.2016.04.020
19. Chang Y.P., Levason W., Reid G. Developments in the chemistry of the hard early metals (Groups 1-6) with thioether, selenoether and telluroether ligands. *Dalton Trans*, 2016, 45, 18393-18416. DOI: 10.1039/C6DT03409H
20. Tietze L.F., Eicher T., Diederichsen U., Speicher A. *Reactions and Syntheses: In the Organic Chemistry*. Wiley-VCH; 1st edition, 2007. 598.
21. Ctoyk O.V. *Kompleksnyye soyedineniya perekhodnykh metallov s ge-terotsiklicheskimy ligandami na osnove pirazina i aminobenzimidazola*. Diss. kand. khim. nauk. [Complex compounds of transition metals with heterocyclic ligands based on pyrazine and aminobenzimidazole. Diss. cand. chem. Sciences]. Tashkent, 2002. 127.
22. Daminova Sh.Sh., Turayev Kh.Kh., Alimnazarov B.Kh., Abdurakhmonov SH. [IR spectroscopic study of the structure of metal complexes with phosphorus dithioacids]. *XXIV Mezhd. Chugayevskaya konf. po koordinatsionnoy khimii. Tez. dokl.* [XXIV Intl. Chugaev Conf. in coordination chemistry. Tez. report]. Sankt-Peterburg, 2009, 55-56.
23. Daminova Sh.Sh., Sharipov Kh.T. [IR spectroscopic study of Pd(II), Pt(II,IV) and Rh(III) compounds with phosphorus thioacids]. *XIX Mezhdunarodnaya Chernyayevskaya konferentsiya po khimii, analitike i tekhnologii platinovykh metallov* [XIX International Chernyaev Conference on Chemistry, Analytics and Technology of Platinum Metals]. 2010, 95-96.
24. Daminova SH.SH., Safarov O. T., Pardayev O. T., Sharipov KH.T., Turayev KH.KH. [Synthesis, electronic and IR spectra of Fe(III) with dialkyl-dithiophosphoric acids]. *Resp. ilmiy-texnika anjumani "Kimyo va oziq-ovqat sanoatlari hamda neft-gaz qayta ishlashning innovasion texnologiyalarini dolzarb muammoalari"* [Resp. scientific and technical conference "Current problems of innovative technologies of chemical and food industries and oil and gas processing"]. Tashkent, 2011, 197-199.
25. Daminova Sh.Sh., Kadirova Z.Ch., Pardayev O.T., Sharipov K.T. [Synthesis and IR spectroscopic study of mixed-ligand complexes of platinum (II) dialkyl-dithiophosphates]. *Pyataya Respublikanskaya konferentsiya po analiticheskoy khimii s mezhdunarodnym uchastiyem «Analitika RB-2017» Sbornik tezisev dokladov* [Fifth Republican Conference on Analytical Chemistry with international participation "Analytics of the Republic of Belarus-2017" Collection of abstracts]. Minsk, 2017, 111.
26. Sazanov YU.N. *Termicheskiy analiz organicheskikh soyedineniy* [Thermal analysis of organic compounds]. SPb., Polytech. University Publ., 2016. 367.