

TURLI TAKIBLI Cu (II) TUZLARINING NORFLOKSATSIN BILAN HOSIL QILGAN KOMPLEKS BIRIKMALARI SINTEZI VA TUZILISHI

Rasulov A.A.,

Termiz iqtisodiyot va serviz universiteti, Tabiiy fanlar kafedrası katta o'qituvchisi, PhD, v.b dots

Annayev U.F.,

Termiz iqtisodiyot va serviz universiteti, Tabiiy fanlar kafedrası o'qituvchisi

Abduvoxidova M.B.,

Termiz iqtisodiyot va serviz universiteti, Tibbiyot fakulteti, Davolash ishi yo'nalishi talabasi

Suyunov J.R.,

Termiz davlat universiteti, Analitik kimyo kafedrası katta o'qituvchisi, PhD

Ashurov J.M.

O'zR FA O.S.Sodiqov nomidagi Bioorganik kimyo instituti, Kompleks birikmalar laboratoriyasi
mudiri, Kimyo fanlari doktori, professor

E-mail: abdusamat_rasulov@tues.uz

<https://orcid.org/0009-0005-3905-5556>

Tel: +99899-420-57-34

Annotatsiya. Cu(II) ioni turli atsido anionli tuzlarining Norfloksatsin (NL) bilan sirka kislotali muhitidagi o'zaro ta'siridan bir-biridan farq qiladigan tarkibli yangi metallokompleks birikmalari sintez qilindi. Ushbu kompleks birikmalarning tarkibi, molekulyar va kristall tuzilishlari rentgen tuzilish tahlili (RTT) yordamida tadqiq etildi. Ularning kristallari triklinik yoki ortarombik singoniya hosil qilgan, fazoviy shakli esa *P-1* yoki *Pbca* guruhga mansub. Termik (DCK) tahlili asosida kompleks birikmalarda kristalizatsion suv molekullari 60-100 °C oralig'ida, koordinatsion suv molekullari esa 130-160 °C oralig'ida ajralib chiqishi hisobiga endotermik effekt kuzatilishi aniqlandi.

Tayanch so'zlar: norfloksatsin, mis(II) ioni, atsido ligand, sirka kislota, endotermik effekt.

СИНТЕЗ И СТРУКТУРА КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ФОРМИРУЮЩИХСЯ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ НОРФЛОКСАЦИНА С РАЗЛИЧНЫМИ СОЛЯМИ Cu(II)

Расулов А.А.

Терминский университет экономики и сервиса, старший преподаватель кафедры
естественных наук, PhD, исполняющий обязанности доцента

Аннаев У.Ф.

Терминский университет экономики и сервиса, преподаватель кафедры естественных наук

Абдувохидова М.Б.,

Термезский университет экономики и сервиса, медицинский факультет, студент кафедры
лечебного дела

Суюнов Ж.Р.

Терминский государственный университет, старший преподаватель кафедры
аналитической химии, PhD

Ашуров Ж.М.

Руководитель лаборатории комплексных соединений Института биоорганической химии
имени О.С. Садыкова Академии наук Республики Узбекистан, доктор химических наук,
профессор

Аннотация. Новые металлокомплексные соединения с различным составом были синтезированы путем взаимодействия солей Cu(II), содержащих различные кислотные анионы, с норфлоксацином (NL) в среде уксусной кислоты. Состав, молекулярные и кристаллические структуры синтезированных комплексов были исследованы с использованием рентгеновской дифракции (РКД). Установлено, что кристаллы этих комплексов образуют либо триклинные, либо орторомбические системы с пространственными группами P-1 или Pbc₂ соответственно. На основании термического анализа (ДСК) были наблюдаемы эндотермические эффекты, связанные с выделением молекул воды кристаллизации в диапазоне 60–100 °С и координированных молекул воды в диапазоне 130–160 °С.

Ключевые слова: норфлоксацин, ион меди(II), ацетато-лиганд, уксусная кислота, эндотермический эффект.

SYNTHESIS AND STRUCTURE OF COMPLEX COMPOUNDS FORMED BY NORFLOXACIN WITH VARIOUS Cu(II) SALTS

Rasulov A.A.,

Termiz University of Economics and Service, Senior Lecturer at the Department of Natural
Sciences, PhD, Acting Associate Professor

Annayev U.F.,

Termiz University of Economics and Service, Teacher at the Department of Natural Sciences

Abduvoxidova M.B.,

Termez University of Economics and Service, Faculty of Medicine, Student of the Department
of Therapeutic Work

Suyunov J.R.,

Termiz State University, Senior Lecturer at the Department of Analytical Chemistry, PhD

Ashurov J.M.,

Head of the Complex Compounds Laboratory at the O'zR Academy of Sciences, Bioorganic
Chemistry Institute named after O.S. Sodiqov, Doctor of Chemical Sciences, Professor

Abstract. New metal–complex compounds with different compositions were synthesized through the interaction of Cu(II) salts containing various acidic anions with norfloxacin (NL) in an acetic acid medium. The composition,

molecular, and crystal structures of the synthesized complexes were investigated using X-ray diffraction analysis (RCA). It was found that the crystals of these complexes formed either triclinic or orthorhombic systems, with space groups P-1 or Pbc_a, respectively. Based on thermal analysis (DSC), endothermic effects were observed due to the release of crystallization water molecules in the 60–100 °C range and coordinated water molecules in the 130–160 °C range.

Key words: norfloxacin, copper(II) ion, acetato ligand, acetic acid, endothermic effect.

KIRISH. Bugungi kunda sotuvda mavjud bo'lgan dori vositalarining ta'siriga chidamli bo'lgan zararli mikroorganizm shtammlarining paydo bo'lishi hamda ularning faoliyati oqibatida aholi orasida turli kasalliklar ko'payishiga olib kelmoqda. Hozirgi kunda mikroorganizmlarning antibiotiklarga chidamlilik global miqyosda jiddiy tibbiy muammo sifatida yuzaga kelmoqda. Mikroorganizmlarning antibiotiklarga qarshi chidamliligi infeksiyalarni davolashni sezilarli darajada qiyinlashtiradi. Chidamli shtammlar sog'liqni saqlash tizimiga ortiqcha yuk keltiradi, o'lim xavfini oshiradi va jarrohlik hamda saratonni davolash kabi tibbiy muolajalar samaradorligini pasaytiradi. Shuning uchun, mikroblarga qarshi samarali terapiyalarni ishlab chiqish, shuningdek, mavjud antibiotiklarni xelatlash jarayoni yordamida optimallashtirish zarur [1]. Bunday kompleks birikmalarda sinergizm hodisasi kuzatiladi.

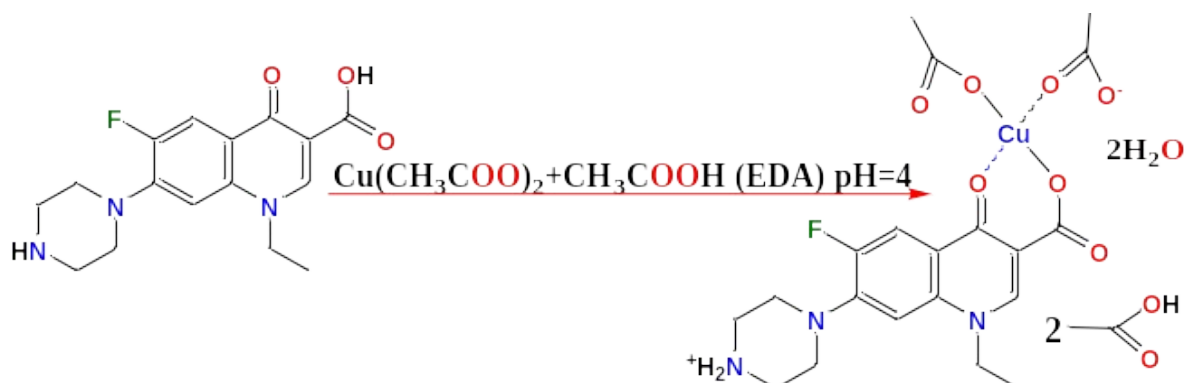
Mavzuga oid adabiyotlar tahlili. So'ngi yillarda alohida dori vositasining biologik faol metallar bilan hosil qilgan kompleks birikmalari erkin ligandga nisbatan faol bo'lishi aniqlangan [2]. Keng spektrli ta'sir doirasiga ega bo'lgan ftorxinolonlar guruhiga mansub dori vositasi sifatida qo'llanilib kelinayotgan norfloksetsin (NL) eng samarali ftorxinolonlardan biri hisoblanadi [3]. U tibbiyotda ovqat hazm qilish, ayirish va jinsiy sistema infeksiyalarida hamda boshqa kasallik qo'zg'atuvchi infeksiyalarga samarali ta'sir ko'rsatadi [4]. Dunyoning yetakchi olimlari oldiga dori vositalari tarkibidagi asosiy biologik faol modda (ligand) ning biofaol metallar bilan xelat kompleks birikmalari sintez qilingan va ularning tibbiyotdagi ahamiyati o'rganilgan [5]. Ushbu tadqiqotchilar

tomonidan ham NL ning Co(II) va Cu(II) ionlari bilan kompleks birikmasi sintez qilinib, tuzilishi va xossalari o'rganilgan [6-7]. Shu bilan birga aromatik birikmalarning Ni(II) va Cu(II) ionlari bilan aralash ligandli kompleks birikmalari sintez qilinib, kompleks birikmalarning tarkibi, tuzilishi, kristall qadoqlanishi, vodorod bog'lar geometriyasi, rentgen ma'lumotlari asosida yoritilgan [8-9]. Xelat komplekslarning tibbiyotdagi ahamiyatini inobatga olgan holda, NL ning metallar bilan kompleks birikmalarini sintez qilish hamda olingan kompleksning fizik-kimyoviy xossalarini o'rganish mazkur tadqiqot ishining maqsadi sifatida tanlandi. Maqsadni amalga oshirish uchun NL ning Cu (II) ionlari bilan kompleks birikmaslari sintezi amalga oshirildi. Olingan yangi kompleks birikmalarning kristallari olinib tuzilishi va xossalari termik analiz va RTT usulida tahlil qilindi.

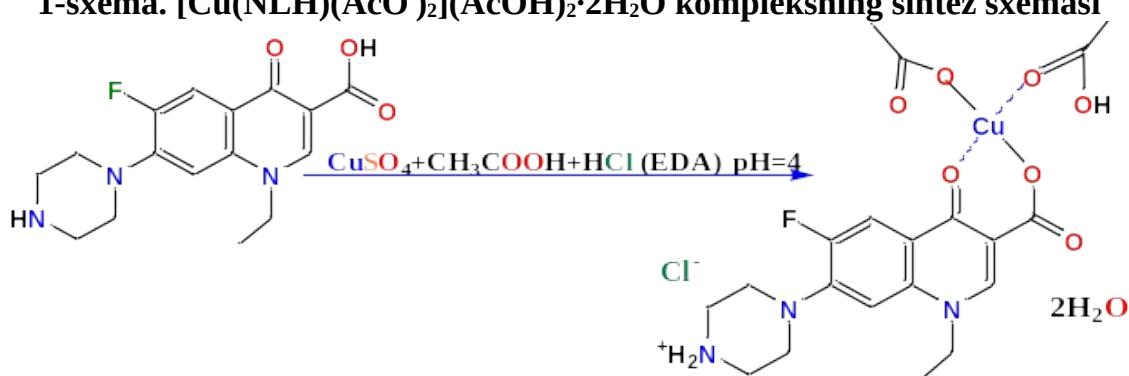
Tadqiqot metodologiyasi. Tadqiqotning asosiy usullari sifatida kristallning strukturasi aniqlash xona haroratida avtomatik *Xcalibur R Oxford Diffraction* CCD (CuK α , - nurlanish, $\lambda=1,54184$ Å, ω - skanerlash rejimi, grafit monoxromatorida (293K da)) amalga oshirilgan [10]. Struktura SHYELX-97 dasturiy paketi yordamida olindi [11]. Molekulyar chizmalar Olex2 dasturiy paketi tomonidan olingan [12].

Tajribaviy qism. Bu tajribalarda kompleks hosil bo'lishida metall tuzlari tarkibidagi atsido ligandlarning ta'siri o'rganilgan. Reaksiyalarda ham NL ning suvda kam erishini inobatga olib reaksiya kislotali muhitda olib borildi. 50 ml suvga muz sirka kislota aralashtirilib pH=4 ga teng bo'lgan erituvchi tayyorlandi. Tayyorlangan erituvchida ligand NL eritilib tiniq eritma olindi. Uchta idishga Cu(II) ning asetatli, sulfatli va xloridli tuzlarining suvdagi tiniq eritmaları olindi. Eritmalar 1:1 mol (NL:Cu(II) tuzlari) nisbatda aralashtilganda eritmalar turlicha tiniqlashmagan holatga o'tdi. Eritmalarni tiniq holatga o'tkazish maqsadida DEA yoki xlorid kislota eritmalaridan tomchilatib tiniqlashguncha aralashtirib turildi. Eritmalar xona haroratida bug'latish uchun qoldirildi. Taxminan 9-12 kundan so'ng Cu(II) asetat tuzidan to'q ko'k, Cu(II) sulfat tuzidan ko'k va Cu(II) xlorid tuzidan yashil rangli kristallar hosil bo'ldi. Hosil bo'lgan kristallarni RTT da tekshirish uchun o'lchamlari 0.1-0.3 mm bo'lgan yaroqli kristallar tanlab olinib

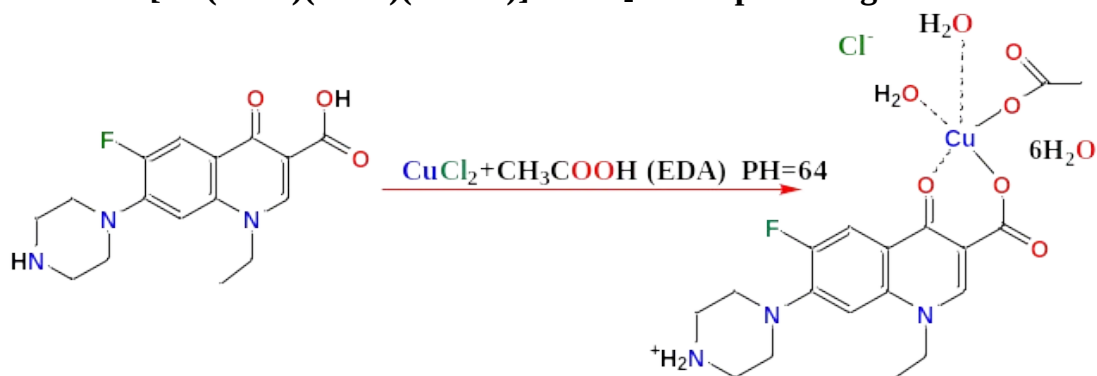
tekshirilganda barchasi yangi tarkibli kompleks birikmalar ekanligi aniqlandi. Reaksiya unumlari 65-75 %. Komplekslarning sintez reaksiya tenglamalari 1-2-3-sxemalarda keltirilgan.



1-sxema. $[\text{Cu}(\text{NLH})(\text{AcO}^-)](\text{AcOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ kompleksning sintez sxemasi



2-sxema. $[\text{Cu}(\text{NLH})(\text{AcO}^-)(\text{AcOH})]\text{Cl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ kompleksning sintez sxemasi

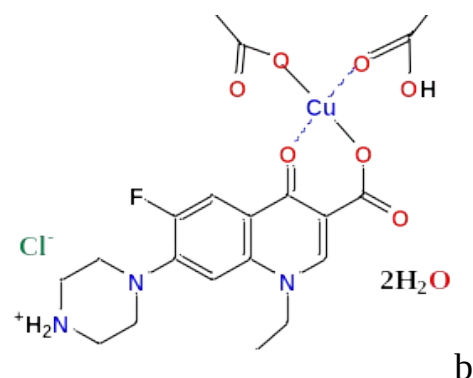
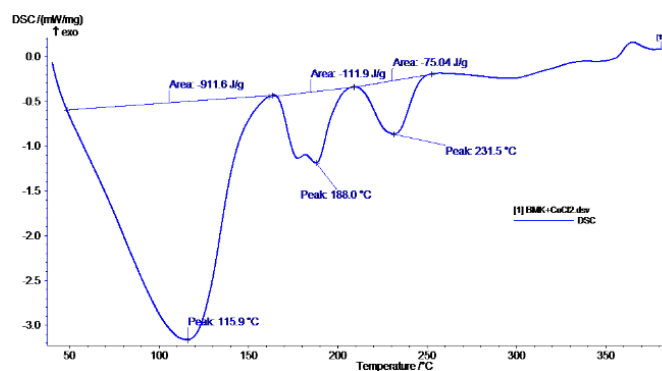


3-sxema. $[\text{Cu}(\text{NLH})(\text{AcO}^-)(\text{H}_2\text{O})_2]\text{Cl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ kompleksning sintez sxemasi

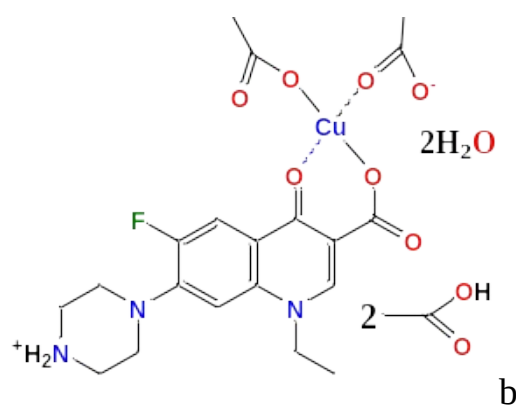
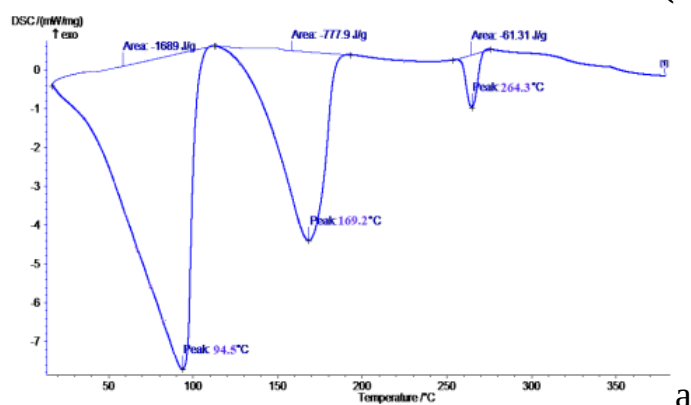
Olingan natijalar tahlili. Sintez qilingan kompleks birikmalarining termik (DCK) tahlili o'tkazildi. Termik tahlilida tuzilishi bir-biriga o'xshash bo'lgan kompleks birikmalar solishtirildi. Ma'lumki birikmalar tarkibidagi atomlar turli kimyoviy bog'lar orqali bog'langan bo'ladi. Kimyoviy bog'ning tabiatiga hamda kristall panjarasining turiga qarab temperatura ta'siriga turlicha reaksiya beradi. Kompleks birikmaning tashqi sferasida suv molekulasida bo'lsa kristalizatsion suv

deyiladi, agar ichki sferada suv bo'lsa koordinatsion suv deyiladi. Kompleks birikmalarning termik tahlillari o'rganilganda birikmada kristalizatsion suv 60-100 °C oralig'ida, koordinatsion suv molekulalari esa 130-160 °C oralig'ida ajralib chiqishi hisobiga endotermik effekt kuzatilishi aniqlandi. Kompleks birikma tarkibidagi suv molekulalari xuddi tuzlarning kristallogidratlaridek birikmaning tashqi muhit ta'siriga chidamliligini oshiradi. Kompleksning tashqi sferasidagi sirka kislota yoki etil spirti molekulalari kristalizatsion suv molekulalarining parchalanish haroratiga yaqin haroratda parchalanishi aniqlandi. Tarkibi yaqin bo'lgan NL ning Cu(II) ioni bilan hosil qilgan kompleks birikmalari $[\text{Cu}(\text{NLH})(\text{AcO}^-)(\text{AcOH})]\text{Cl}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (I), $[\text{Cu}(\text{NLH})(\text{AcO}^-)_2](\text{AcOH})_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (II), $[\text{Cu}(\text{NLH})(\text{AcO}^-)(\text{H}_2\text{O})_2]\text{Cl}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (III) uchun DSK - egri chiziqlarining tabiati amalda bir xil bo'ladi. Birinchi egri chiziqlari I kompleks uchun 115.9 °C va $\Delta Q = -911.6 \text{ J/g}$ da, II kompleks uchun DSC - egri chiziqlarining tabiati amalda bir xil bo'ladi. Birinchi egri chiziqlari 94.5 °C va $\Delta Q = -1689 \text{ J/g}$ da, III kompleks uchun DSK - egri chiziqlarining tabiati amalda bir xil bo'ladi. Birinchi egri chiziqlari 86.5 °C va $\Delta Q = -1159 \text{ J/g}$ da endotermik effektda vodorod bog'lar orqali bog'lanib turgan kristalizatsion H_2O , AcOH molekulalari va xlorid anionining parchalanishiga to'g'ri kelsa, ikkinchi egri chiziqlari esa I kompleks uchun 188.0°C va $\Delta Q = -111.9 \text{ J/g}$ da, II kompleks uchun 169.2°C va $\Delta Q = -777.9 \text{ J/g}$ da, III kompleks uchun 150.7°C va $\Delta Q = -578.8 \text{ J/g}$ da endotermik effektda, markaziy atom bilan koordinatsiyalangan sirka kislota anioni hamda molekulasi va suvning parchalanishiga to'g'ri keladi, uchunchi egri chiziqlari I kompleks uchun 234.5 °C, $\Delta Q = 75.04 \text{ J/g}$ da, II kompleks uchun 264.3 °C, $\Delta Q = 61.31 \text{ J/g}$ da, III kompleks uchun 290.9 °C, $\Delta Q = -55.7 \text{ J/g}$ da endotermik effektlarni kuzatilishi moddaning erishi va keyinchalik isitilganda moddalarning parchalanishiga olib keldi. Termoliz mahsuloti sifatida $\text{CuO} + \text{NL}$ ligand hosil bo'ladi (1-2-3-rasmlar).

$[\text{Cu}(\text{NLH})(\text{AcO}^-)(\text{AcOH})]\text{Cl}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ kompleks birikmaning DSC tahlilidagi e'tiborli tomoni shundaki kristalizatsion suvning parchalishi 100 °C dan yuqori haroratda kuzatildi. Bu holatga sabab sifatida kristalizatsion suv kompleksning ichki sferasi bilan kuchli vodorod bog' hosil qilganligi bilan ifodalash mumkin.

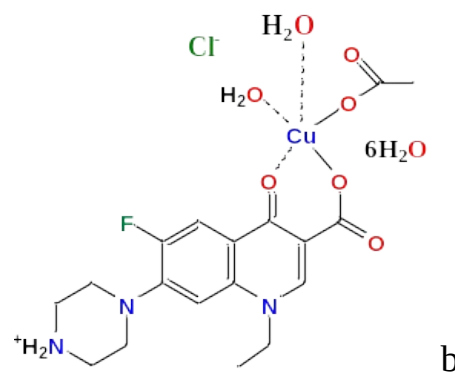
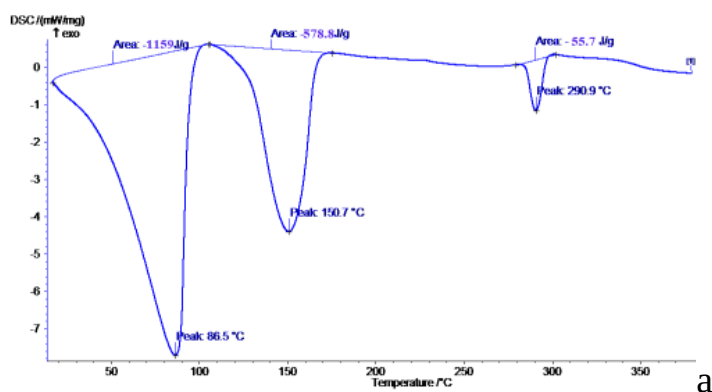


1-rasm. $[\text{Cu}(\text{NLH})(\text{AcO}^-)(\text{AcOH})]\text{Cl}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ kompleksning DSC tahlili (a), tuzilish sxemasi (b)



2-rasm. $[\text{Cu}(\text{NLH})(\text{AcO}^-)_2](\text{AcOH})_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ kompleksning DSC tahlili (a), tuzilish sxemasi (b)

$[\text{Cu}(\text{NLH})(\text{AcO}^-)_2](\text{AcOH})_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ kompleks birikmaning DSC tahlilidagi e'tiborli tomoni shundaki kristalizatsion suvning parchalishi 94.5 °C haroratda kuzatildi. Bu haroratda kristalizatsion suv bilan birga kompleksning tashqi sferasidagi sirka kislota molekulasining ham parchalanishi kuzatiladi.



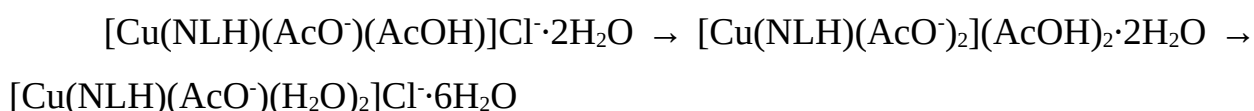
3-rasm. $[\text{Cu}(\text{NLH})(\text{AcO}^-)(\text{H}_2\text{O})_2]\text{Cl}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ kompleksning DSC tahlili (a), tuzilish sxemasi (b)

$[\text{Cu}(\text{NLH})(\text{AcO}^-)(\text{H}_2\text{O})_2]\text{Cl}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ kompleks birikmaning DSC tahlilidagi e'tiborli tomoni shundaki kristalizatsion suv molekulalarining parchalishi 86.5°C haroratda kuzatildi. Bu holatga kristalizatsion suv molekulalarining ko'pligi bilan

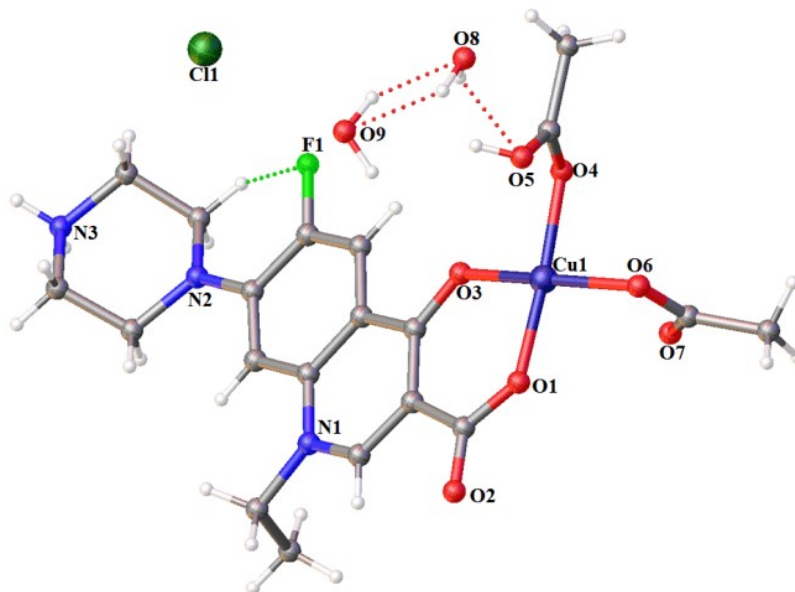
ifodalash mumkin. Kompleksning tashqi sferasidagi suv molekulari ko'pligi harorat ta'siriga sizgirligi pastroq haroratda kuzatilgan.

Xulosa o'rnida kompleks birikmaning harorat ta'siriga sezgirligi tarkibiga va qanday holatda bog'langanligiga bog'liq bo'ladi. Tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki kristalizatsion suv molekularining kompleks tarkibidan parchalanib chiqishi hatto 100 °C dan yuqori bo'lishi mumkin ekan. Tahlil qilingan kompleks birikmalar faqat misli komplekslar bo'lib, olingan natijalardan shunday xulosaga kelish mumkin: Kompleksning tashqi sferasida molekularning ko'p bo'lishi uning termik barqarorligiga ta'sir ko'rsatadi. Shu bilan birga koordinatsion suv molekulari ichki sferaning termik barqarorligini oshiradi. Bu holatning isboti III kompleksda uchunchi endotermik effektning yuqori bo'lishi bilan namoyon bo'ldi.

DSC tahlili o'rganilgan birinchi endotermik effekt asosida komplekslarning termik barqarorligi quyidagi tartibda kamayib borishi aniqlandi.

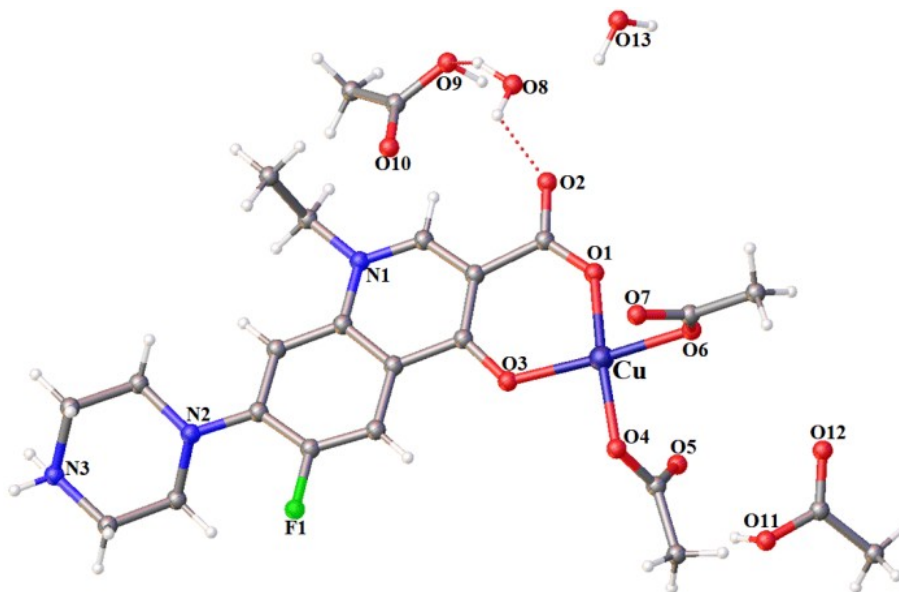


Sintez qilingan kompleks birikmalarning RTT tahlillari ham olinib tarkibi va molekulyar tuzilishi to'liq isbotlandi. I kompleks birikmada markaziy atom sp^2 holatda gibridlangan bo'lib, fazoviy shakli teks kvadratga yaqin tuzilishga ega. RTT ma'lumotlari asosida kristalining elementar yacheykasi parametrlaridan singoniyasi triklinik, fazoviy guruhi $P-1$ (4-rasm).



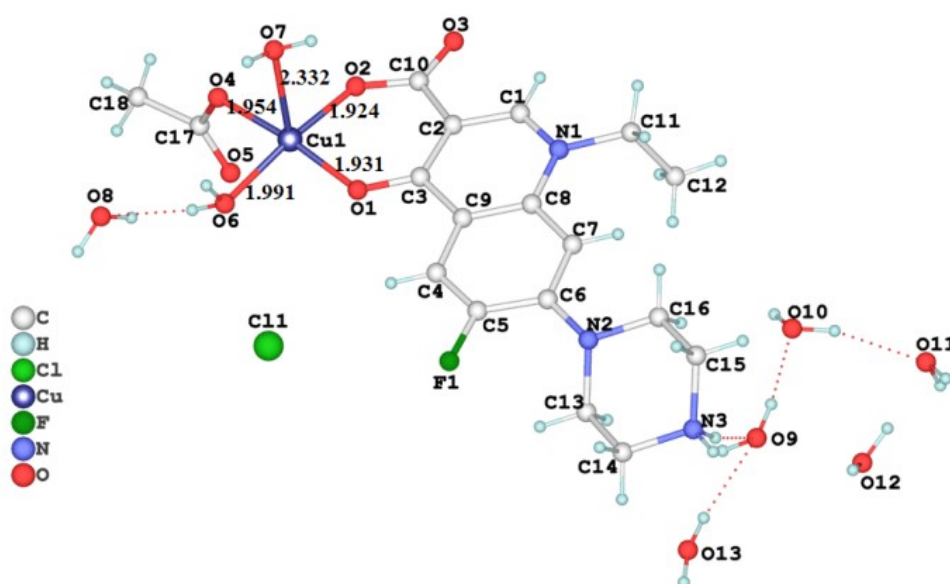
4-rasm. $[\text{Cu}(\text{NLH})(\text{AcO}^-)(\text{AcOH})]\text{Cl}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ kompleksning molekulyar tuzilishi

II kompleks birikmada markaziy atom sp^2d holatda gibridlangan bo‘lib, fazoviy shakli teks kvadratga yaqin tuzilishga ega. Kompleks birikma kristalining elementar yacheykasi parametrlaridan singoniyasi triklinik, fazoviy guruhi $P-1$ (5-rasm).



5-rasm. $[Cu(NLH)(AcO)_2](AcOH)_2 \cdot 2H_2O$ kompleksning molekulyar tuzilishi, ekvatorial va aksial bog‘ uzunliklari ifodalangan

III kompleks birikmada markaziy atom sp^3d holatda gibridlangan bo‘lib, fazoviy shakli teks kvadratga yaqin tuzilishga ega. Kompleks birikma kristalining elementar yacheykasi parametrlaridan singoniyasi ortorombik, fazoviy guruhi $Pbca$ (6-rasm).



6-rasm. $[Cu(NLH)(AcO)(H_2O)_2]Cl \cdot 6H_2O$ kompleksning molekulyar tuzilishi hamda ekvatorial va aksial bog‘ uzunliklari ifodalangan

XULOSA

Olib borilgan tadqiqotlar natijasida norflokssatsinning mis (II) ioni bilan kompleks birikmasi hosil qilishida atsido anionlarning ta'siri katta ekanligi aniqlandi. Sintezning maqbul sharoiti ko'rsatib berildi. Yangi kompleks birikmalarning tarkibi, molekulyar va kristall tuzilishlari RTT yordamida aniqlandi. Komplekslar tarkibidagi markaziy atomlarning sp^2d holatda gibridlangani teks kvadrat tuzilishga ega ekanligi bilan, sp^3d holatda gibridlangani kvadrat piramida tuzilishga ega ekanligi bilan tushuntirildi. Termik tahlil asosida kompleks birikmalarning harorat ta'siriga sezgirligi tarkibiga va qanday holatda bog'langanligiga bog'liq ekanligi tushuntirildi. Tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki kristalizatsion suv molekulalarining kompleks tarkibidan parchalanib chiqishi (III kompleksda 115.9 °C) hatto 100 °C dan yuqori bo'lishi mumkin ekanligi aniqlandi. Kompleksning tashqi sferasida molekulalarning ko'p bo'lishi uning termik barqarorligiga ta'sir ko'rsatadi. Shu bilan birga koordinatsion suv molekulalari ichki sferaning termik barqarorligini oshiradi.

Adabiyotlar

1. Lutgring J. D., Granados C. A. D., McGowan J. E. Antimicrobial resistance: an international public health problem //Antimicrobial Drug Resistance: Clinical and Epidemiological Aspects, Volume 2. – 2017. – C. 1519-1528.
2. Y.-J. Huang., J. Zhang. Synthesis and characterization a series of Norfloxacin-transition metal complexes. Inorg. Chim. Acta, 2020, 501, 119244. <https://doi.org/10.1016/j.ica.2019.119244>
3. Živec, P., Perdih, F., Turel, I., Giester, G., & Psomas, G. Different types of copper complexes with the quinolone antimicrobial drugs ofloxacin and norfloxacin: Structure, DNA- and albumin-binding. J. Inorg. Biochem., 2012, 117, 35–47. <https://doi.org/10.1016/j.jinorgbio.2012.08.008>
4. Xu, Y., Jiang, L., & Mei, X. Supramolecular structures and physicochemical properties of norfloxacin salts. Acta Crystallographica Section B Structural Science, Crystal Engineering and Materials, 2014, 70(4), 750–760. <https://doi.org/10.1107/S2052520614011718>

5. Sha, J., Sun, L., Zheng, E., Qiu, H., Liu, M., Zhao, H., & Yuan, H. Study about quinolone antibacterial agent modifying the Keggin polyoxotungstates. // *Journal of Coordination Chemistry*, –2013. 66(4), –602–611. <https://doi.org/10.1080/00958972.2013.765950>
6. Rasulov A., Torambetov B., Alimnazarov B., Kadirova S., Suyunov J., Nazarov Y., Ashurov J. Norfloxacinium nitrate // IUCrData, 2024. T. 9. x240813 // <https://doi.org/10.1107/S2414314624008137>.
7. Rasulov A.A., Yeshimbetov A.G., Ashurov J.M., Ibragimov B.T. Co(II) ionlari va norfloksatsin asosidagi kompleks birikmaning sintezi va tahlili. O‘zbekiston Kimyo jurnali. – T., 2023. – № 4. – B. 10-17.
8. Suyunov J.R., Turaev Kh.Kh., Alimnazarov B.Kh., Ibragimov A.B., Mengnorov I.J., Rasulov A.A., Ashurov J.M., Synthesis and crystal structure of tetra-aqua-(ethylenediamine-N,N’)-nickel(II) naphthalene-1,5-disulfonate dihydrate. IUCR Data (International Union of Crystallography) 2023, 8, x231032 <https://doi.org/10.1107/S2414314623010325>
9. Nuralieva G., Umirzakova O., Torambetov B., Rasulov A., Ashurov J and Kadirova Sh. Synthesis, crystal structure and Hirshfeld analysis of a novel supramolecular compound $[\text{Co}(\text{tsc})_3]_2[\text{Co}(\text{cit})_2](\text{NO}_3)_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Acta Cryst E (Crystallographic Communications) E-ISSN: 2056-9890. 2025-yil. <https://doi.org/10.1107/S2056989025001136>
10. Xcalibur. Oxford Diffraction Ltd. CrysAlisPro. Version.1.171.33.44, 2009.
11. G. M. Sheldrick, “SHELXS-97 and SHELXL-97, Program for Crystal Structure Solution and Refinement,”University of Gottingen, Gottingen, 1997
12. Olex² Crystallography Software. <http://www.olexsys.org/Software>.