

Ni (II) IONINING 2,6-PIRIDINDIKARBON KISLOTASI VA MEA BILAN KOMPLEKS BIRIKMASI SINTEZI VA TADQIQI

¹ Nazarov Yusufjon Eshqobilovich, ²Turayev Xayit Xudaynazarovich,
³Kasimov Sherzod Abduzairovich, ⁴Xolmatov Sadriddin Baxtiyorovich

¹Termiz davlat universiteti k.f.f.d., ²Termiz davlat universiteti k.f.d., prof.

³Termiz davlat universiteti k.f.d., prof. ⁴Termiz davlat universiteti magistranti

E-mail; nazarovy714@gmail.com

Annotatsiya. 2,6-piridindikarbon kislotasining metall ionlari bilan ta'sirlashishi va uning metallokompleks birikmalarining xossalarini tadqiq qilish maqsadida, Nikel(II) atsetat va MEA bilan M:L:L 1:2:2 nisbatdagi kompleks birikmasi sintez qilindi. Sintez qilingan kompleksning tarkibi va tuzilishi RTT yordamida aniqlandi. Molekulalararo o'zaro ta'sirlar xarakterini tavsiflash uchun Hirshfeld sirtini Crystal Explorer17.5 dasturi yordamida tahlil qilindi. Kompleksning UB spektroskopiyasi tahlili o'tkazildi.

Kalit so'zlar. 2,6-piridindikarbon kislotasi (2,6-PDCA, dipic), nikel(II) atsetat, MEA.

СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО СОЕДИНЕНИЯ ИОНА Ni(II) С 2,6-ПИРИДИНДИКАРБОНОВОЙ КИСЛОТОЙ И МЭА

¹Назаров Юсуфжон Эшқобилович, ²Тураев Хаит Худайназарович,
³Касимов Шерзод Абдузоирович, ⁴Холматов Садриддин Бахтиёрлович

¹Доктор философии (PhD) по химии, ²Термезский государственный
университет д.х.н., проф, ³Термезский государственный университет д.х.н.,
проф, ⁴Термезский государственный университет, магистрант

Абстрактный. С целью изучения взаимодействия 2,6-пиридинди карбоновой кислоты с ионами металлов и свойств ее металлокомплексных соединений синтезировано комплексное соединение с ацетатом никеля(II) и МЭА в соотношении M:L:L = 1:2:2. Состав и структура синтезированного комплекса были определены с помощью метода РСА. Для характеристики характера межмолекулярных взаимодействий был проведен анализ

поверхности Хиршфельда с использованием программы Crystal Explorer17.5. Проведен анализ УФ-спектроскопии комплекса.

Ключевые слова. 2,6-пиридиндикарбоновая кислота (2,6-PDCA, dipic), ацетат никеля (II), МЭА.

SYNTHESIS AND STUDY OF THE COMPLEX COMPOUND OF NI(II) ION WITH 2,6-PYRIDINEDICARBONIC ACID AND MEA

¹Nazarov Yusufjon Eshkabilovich, ²Turayev Khayit Khudaynazarovich,

³Kasimov Sherzod Abduzoirovich, ⁴Kholmatov Sadriddin Bakhtiyorovich

¹Doctor of Philosophy (PhD) in Chemistry, Termez State University,

²Termez State University Doctor of Chemical Sciences, professor,

³Termez State University Doctor of Chemical Sciences, professor, ⁴Termez State University, Master's student

Abstract. In order to study the interaction of 2,6-pyridinedicarboxylic acid with metal ions and the properties of its metal complex compounds, a complex compound with nickel(II) acetate and MEA was synthesized in the ratio M:L:L = 1:2:2. The composition and structure of the synthesized complex were determined using the X-ray diffraction method. To characterize the nature of intermolecular interactions, a Hirshfeld surface analysis was performed using the Crystal Explorer17.5 program. The UV spectroscopy of the complex were analyzed.

Key words: 2,6-pyridinedicarboxylic acid (2,6-PDCA, dipic), nickel(II) acetate, MEA.

Kirish. 2,6-piridindikarbon kislotasi (2,6-PDCA, dipic) bir yoki bir nechta karboksilat kislorod atomlari orqali barqaror komplekslar hosil qiluvchi ko'p qirrali N, O-xelatlovchi, bidentat va tridentat xelatlovchi liganddir [1-4]. Qiziqishning sababi shundaki, ligand H₂pda va markaziy piridin halqasi va ikkita karboksilat guruhi o'rtasida qattiq 120 ° burchakka ega va shuning uchun hosil bo'lish uchun turli xil bog'lanish usullarini ta'minlay oladi [5].

So'nggi paytlarda monoetanolaminlar va oddiy bir o'rnini bosuvchi benzoy kislotalar asosidagi aralash ligandlardan tayyorlangan oltita muvofiqlashtirilgan mono- va ikki yadroli mis komplekslari, xususan, monoetanolamin (MEA) va p-

nitroben kislota (p-nitrobenzo) va yuqori darajadagi mualliflar tomonidan nashr etilgan $[\text{Cu}^{2+}(\text{MEA})_2]$ va $[2\text{Cu}^{2+}(\text{MEA})_2(\text{H}_2\text{O})_2]$. Yann-Teller effekti tufayli buzilgan oktaedrik tuzilishli komplekslar. Bitta $[\text{Ni}(\text{dipic})_2](\text{mea})_2$ tarkibli yangi kompleks birikmaning monokristali piridin-2,6-dikarboksilik kislota (PDC yoki dipic) bilan (MEA) aralashgan holatda o'stirildi [6].

Hozirgi vaqtda kimyogarlar metall ionlariga biriktirilgan donor atomlarining soniga qarab di, tri, tetra yoki ko'p ligandli komplekslar bo'lishi mumkin bo'lgan qiziqarli fizik-kimyoviy xossalari tufayli aralash ligand komplekslari bo'yicha keng qamrovli tadqiqotlar olib bormoqda [7-9].

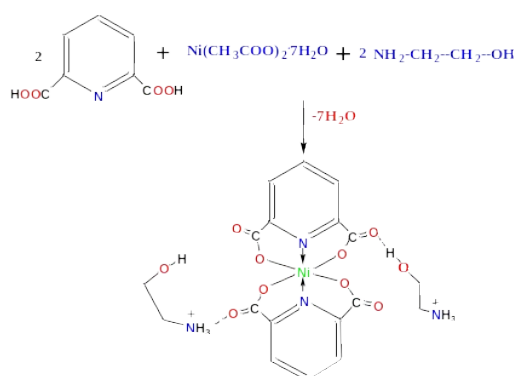
Aslida, bunday mononuklear va ikki yadroli komplekslarni o'rganish bo'yicha harakatlarimiz piridin-2,6-dikarboksilik kislota (dipic) ning aralash ligandlarining muvofiqlashtirish harakatida sezilarli farqlarni ko'rsatdi. Shunga ko'ra, mualliflar piridin-2,6-dikarbon kislota (dipic) ligandning mononuklear, Ni(II) va ikki yadroli, Cu(II) komplekslari hamda aralash ligandlar haqidagi adabiyotlarni o'rganib chiqdilar va dipic va shuningdek aralash dipic ligandning metall komplekslarining tuzilishi haqida atroflicha fikr yuritdilar. Yuqoridagi fikrlarni hisobga olgan holda, bizning guruhimiz aralash dipic ligandning mononuklear va ikki yadroli metall komplekslarini o'rganmoqda [10].

Ushbu tadqiqot ishida biz bitta yangi kompleks haqida xabar berdik, $[\text{Ni}(\text{dipic})_2](\text{mea})_2$ (1-rasm) Piridin-2,6-dikarik kislota (mono) (MEA) yordamchi ligandlar sifatida ishlatilgan.

Tajribaviy qism. Yuqori sifatli kristallarni olish muhimligini hisobga olib, barcha ishlatiladigan kimyoviy moddalar va reagentlar tijorat manbalaridan (Sigma-Aldrich) olingan. $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (98%) va 2,6 -PDCA (99%) qo'shimcha tozalashsiz ishlatilgan. Ushbu sintezda monoetanolamin (MEA) va distillangan suv ham ishlatilgan.

$[\text{Ni}(\text{dipic})_2](\text{mea})_2$ kompleksi sintezi. Nikel(II)atsetat kristallogidra tidan $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.1525 gr (0.5 mmol), 0.167 gr (1 mmol) 2,6 -PDCA ni tegishlicha suvda eritib, 1;2 mol nisbatdagi eritmaları tayyorlandi. Eritmalar aralashtirildi. Aralash ligandli kompleks birikma olish maqsadida monoetanolamin

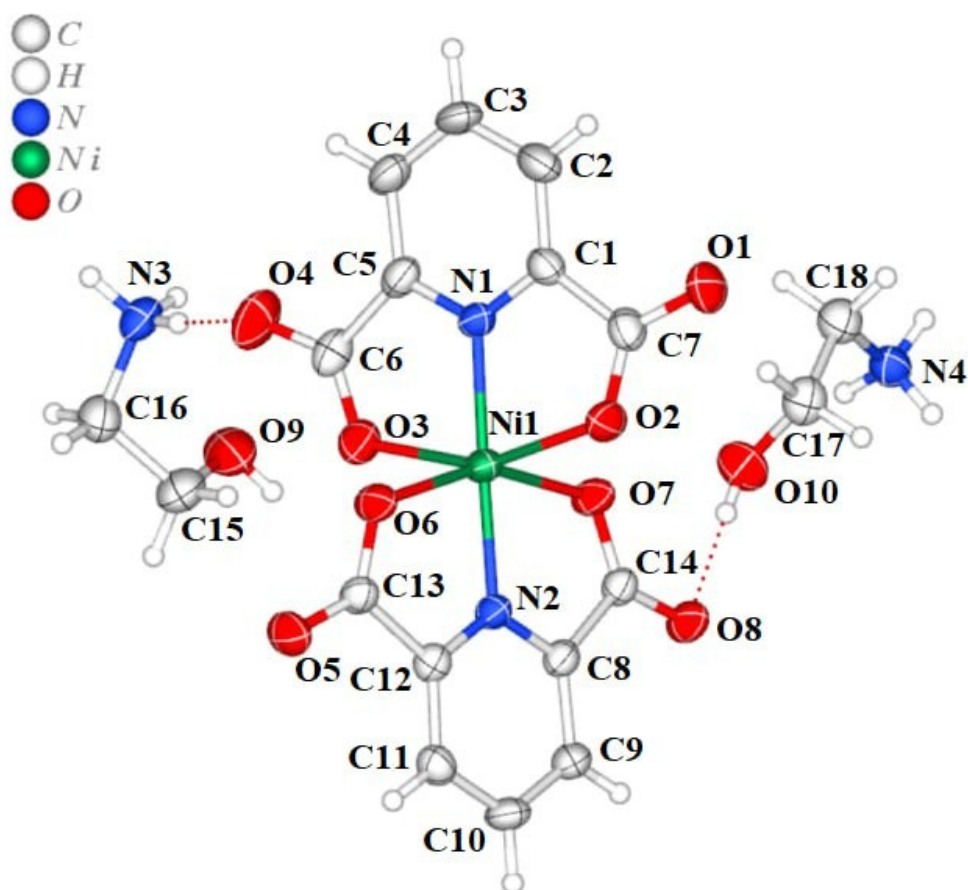
(MEA) ning eritmasidan tomizildi. Soʻngra magnitli aralashtirgich yordamida 60 °C da 30 minut davomida intensiv aralashtirildi. Eritma xona haroratida qoldirildi. Natijada 10 kundan soʻng idish tubida och yashil rangli kompleks birikma monokristali oʻsganligi kuzatildi. RTT analizi uchun yaroqli kristallar ajratilib, tekshirilganda $[\text{Ni}(\text{dipic})_2](\text{mea})_2$ tarkibli ekanligi aniqlandi. Unumi 86 % $[\text{Ni}(\text{dipic})_2](\text{mea})_2$ ($M_r=434.208\text{g/mol}$) $\text{C}_{16}\text{H}_{26}\text{N}_4\text{O}_{10}$ tahlili nazariy jihatdan: C 44.21, H 6.03, N 12.89, O 36.84 % ni koʻrsatdi: maʼlum boʻldiki C 44.06, H 5.86, N 12.67, O 36.69 %. Reaksiya tenglamasi quyidagicha (1-sxema).



1-sxema. $[\text{Ni}(\text{dipic})_2](\text{mea})_2$ kompleks birikma sintezi.

Tahlil natijalari.

Kompleks uchun kristallografik maʼlumotlar va bogʻlanish uzunligi va burchaklari 1, 2-jadvalda keltirilgan. Bundan tashqari, vodorod bogʻlanish 3-jadvalga kiritilgan. Kompleks uchun kristall qadoqlash 3-rasmga kiritilgan. Kompleksda ikkita azot va toʻrtta kislorod atomi Ni atomlari bilan muvofiqlashtiriladi va hosil boʻlgan struktura bogʻlanish uzunligi va bogʻlanish burchagi qiymatlari asosida tasdiqlanadi. Ikki tridentat dipic ligandlarning har biri karboksilik guruhning ikkita kislorod atomi va dipic dianion ligandlarining piridin halqasining azot atomlari va monoetanolamin kationlari (MEA) orqali koordinatalanadigan qarama-qarshi ionlardir. Kompleksda ikkita azot va toʻrtta kislorod atomi Ni atomlari bilan muvofiqlashtiriladi va hosil boʻlgan struktura bogʻlanish uzunligi va bogʻlanish burchagi qiymatlari asosida tasdiqlanadi.



1-rasm. $[\text{Ni}(\text{dipic})_2](\text{mea})_2$ kompleksining molekulyar tuzilishi

Ikki tridentat dipik ligandlarning har biri karboksilik guruhning ikkita kislorod atomi va dipik dianion ligandlarining piridil halqasining azot atomlari va monoetanolamin kationlari (MEA) orqali koordinatsiyalanadigan qarama-qarshi ionlardir. Oxir-oqibat, mualliflar tomonidan buzilgan oktaedral kompleks struktura taklif qilindi. $[\text{Ni}(\text{dipic})_2]^{2-}$ divalent anion $2[\text{NH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}]^+$ ikki valentli kation bilan muvozanatlangan zaryaddir. Har bir dipiv ligandning karboksilik guruhining O atomi bilan vodorod aloqalari orqali bog'langan muvofiqlashtirilmagan ikkita monoetanolamin (MEA) molekulalari. 1-rasmda ko'rsatilganidek, Ni(II) atrofida koordinatsiya geometriyasi buzilgan oktaedr bo'lib, har bir ikki valentli anion dipik ligand ekvatorial o'rinlarni ikkita kislorod atomi ($\text{Ni}(1)-\text{O}(3) = 2,133(3) \text{ \AA}$) va ($\text{Ni}(1)-\text{O}(7) = 2,136(3) \text{ \AA}$) va ($\text{Ni}(1)-\text{O}(6) = 2,149(2) \text{ \AA}$) egallaydi. Boshqa ekvatorial pozitsiyalarni boshqa dipik liganddan ikkita kislorod atomi ($\text{Ni}(1)-\text{O}(1) = 2,133(3) \text{ \AA}$) va ($\text{Ni}(1)-\text{O}(2) = 2,133(3) \text{ \AA}$) egallaydi.

Kompleksning kristallografik ma'lumotlari

Parametr	Qiymatlar	Parametr	Qiymatlar
Brutto formulasi	$C_{14}H_6N_2NiO_8, 2(C_2H_8NO)$	Z	2
Molekulyar massa	513.10	ρ_{calc}/cm^3	1.650
Singoniya	triclinic	F(000)	532
Fazoviy guruhi	P-1	Kristall o'lchami (mm)	0.32 x 0.30 x 0.28
a, Å	8.4966(6)	Diffraktometr	XtaLAB Synergy, Single source at home/near, HyPix3000
b, Å	11.1995(11)	Mu(CuKa) [/mm]	1.960
c, Å	11.7482(10)	T (K)	293
a, b, c °	68.099(8) 85.213(6), 86.064(6)	Theta Min-Max [Deg]	4.1, 76.1
V /Å ³	1032.78(16)	Nref, Npar	4157, 302
Min. and Max. Resd. Dens. [e/Å ³]	-0.47, 2.53	(sin θ/λ) _{max} (Å ⁻¹)	0.630
Tot., Uniq. Data, R(int)	7229, 4157, 0.048	R _{int}	0.048
R, wR2, S	0.0536, 0.1698, 0.96	CCDC-raqami	2403742

Kompleks birikmaning vodorod bog'lanishi mos ravishda 4-jadvalga kiritilgan. Muhimi, D–H...A burchaklari va H....A va D....A masofalari mos ravishda kompleksda kuchsiz va kuchli vodorod bog'lanishlar mavjudligini ko'rsatdi. Ushbu kompleksning molekulyar tuzilish va qadoqlash sxemasiga ko'ra, ikkita monoetanolamin (MEA) molekulalarining har biri dipic ligandning vodorod bog'lari orqali bevosita asosiy kompleks tuzilishda ishtirok etganligi aniqlandi. Bu shuni anglatadiki, monoetanolamin (MEA) molekulalarining har bir O atomi har bir dipic ligandning karboksilat guruhining vodorod atomi bilan vodorod bog'lanishida ishtirok etgan. Bundan tashqari, N3-- H3B..O1, O9-- H9A ..O6, O10-- H10A..O8 va N4-- H4B..O2 4-jadvalda kuchli vodorod bog'larini ko'rsatdi va qoldiqlar donor-akseptor masofalari bo'yicha Å da deyarli kuchsiz edi.

2-jadval

[Ni(dipic)₂] (mea)₂ kompleksining bog' uzunligi

Bog' uzunligi	(Å)	Bog' uzunligi	(Å)
Ni1 -O1	2.150(2)	O9 -C15	1.413(7)
Ni1 -O3	2.138(3)	C10 -C11	1.377(7)
Ni1 -O5	2.133(3)	C11 -C12	1.388(6)
Ni1 -O7	2.181(2)	C12 -C13	1.517(6)
Ni1 -N1	1.965(3)	C2 -H2	0.930(5)
Ni1 -N2	1.956(3)	C3 -H3	0.931(5)
O1 -C6	1.264(4)	N3 -C16	1.476(6)
O2 -C6	1.239(5)	C4 -H4	0.930(5)
O3 -C7	1.252(4)	C9 -H9	0.930(7)
O4 -C7	1.250(5)	O9 -H9A	0.82(2)
O5 -C13	1.254(6)	C10 -H10	0.930(6)
O6 -C13	1.247(6)	C11 -H11	0.930(7)
O7 -C14	1.272(5)	N3 -H3B	0.887(18)
O8 -C14	1.244(6)	N3 -H3A	0.890(13)
N1 -C1	1.335(5)	N3 -H3A	0.890(13)
N1 -C5	1.327(5)	N3 -H3C	0.890(9)
N2 -C8	1.327(5)	O10 -C18	1.409(5)
N2 -C12	1.331(5)	C15 -C16	1.495(7)
C1 -C2	1.381(5)	N4 -C17	1.493(6)

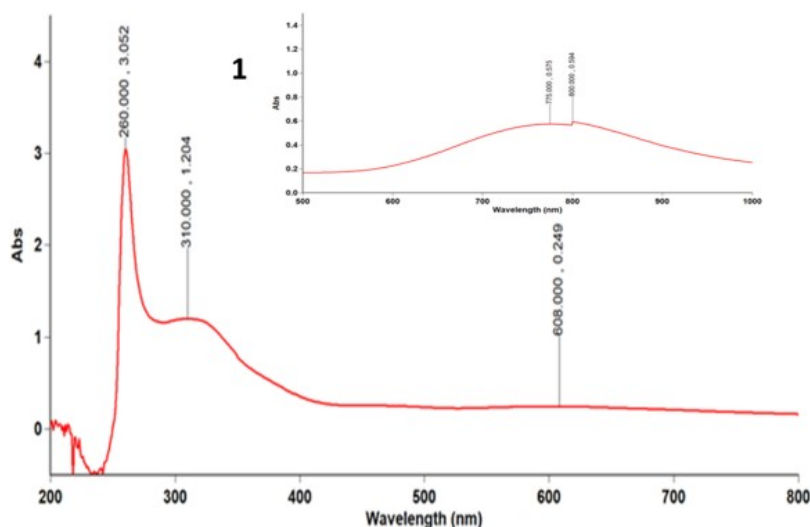
3-jadval

[Ni(dipic)₂] (mea)₂ kompleksining bog' burchagi

Bog' burchagi	(°)	Bog' burchagi	(°)
O1 -Ni1 -O3	155.27(9)	C1 -C2 -C3	118.1(4)
O1 -Ni1 -O5	86.69(11)	C2 -C3 -C4	120.7(3)
O1 -Ni1 -O7	98.45(9)	C3 -C4 -C5	117.6(3)
O1 -Ni1 -N1	77.20(11)	N1 -C5 -C4	121.8(3)
O1 -Ni1 -N2	103.02(11)	N1 -C5 -C6	112.4(3)
O3 -Ni1 -O5	98.17(11)	C4 -C5 -C6	125.8(3)
O3 -Ni1 -O7	87.15(9)	O1 -C6 -O2	126.4(3)
O3 -Ni1 -N1	78.09(11)	O1 -C6 -C5	114.6(3)
O3 -Ni1 -N2	101.71(11)	O2 -C6 -C5	119.0(3)
O5 -Ni1 -O7	155.52(11)	O3 -C7 -O4	126.2(3)
O5 -Ni1 -N1	103.61(13)	O3 -C7 -C1	115.8(3)
O5 -Ni1 -N2	78.16(13)	O4 -C7 -C1	118.0(3)
O7 -Ni1 -N1	100.87(11)	N2 -C8 -C9	121.0(4)
O7 -Ni1 -N2	77.36(11)	N2 -C8 -C14	113.3(3)
N1 -Ni1 -N2	178.23(14)	C9 -C8 -C14	125.7(4)
Ni1 -O1 -C6	114.6(2)	C8 -C9 -C10	117.8(4)
Ni1 -O3 -C7	114.2(2)	C9 -C10 -C11	120.7(4)
Ni1 -O5 -C13	113.8(3)	C10 -C11 -C12	118.3(4)
Ni1 -O7 -C14	112.5(3)	N2 -C12 -C11	120.7(4)

**[Ni(dipic)₂](mea)₂ kompleksidagi ichki va molekulalararo vodorod bog‘lanish
uzunligi (Å) va burchaklari (°)**

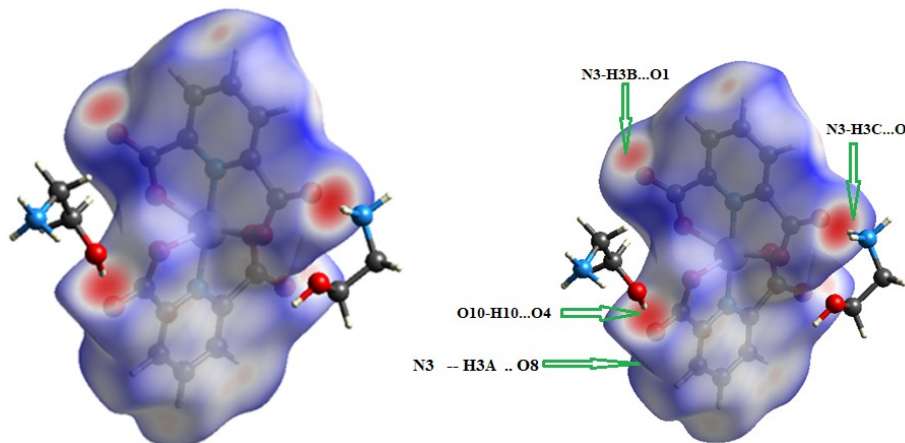
D-H-A	D-H, Å	H···A, Å	D···A, Å	D-H···A, (°)
N3 -- H3A .. O8 ⁽ⁱ⁾	0.8900	1.9600	2.839(4)	172.00
N3 -- H3B .. O9	0.8900	2.4500	2.792(5)	103.00
N3 -- H3B .. O1 ⁽ⁱⁱ⁾	0.8900	2.1300	2.935(5)	149.00
N3 -- H3C .. O4	0.8900	1.8400	2.727(5)	175.00
N4 -- H4A .. O1 ⁽ⁱⁱⁱ⁾	0.8900	2.1600	2.923(5)	143.00
N4 -- H4A .. O10 ^(iv)	0.8900	2.4700	2.982(4)	117.00
N4 -- H4B .. O2 ^(v)	0.8900	1.9600	2.837(4)	168.00
N4 -- H4C .. O5 ^(vi)	0.8900	1.9400	2.780(4)	156.00
O9 -- H9A .. O6 ^(vii)	0.8200	1.9300	2.749(4)	178.00
O10 -- H10A .. O8	0.8200	1.9500	2.774(4)	178(4)
C2 -- H2 .. O9 ^(viii)	0.9300	2.3900	3.292(6)	164.00
C10 -- H10 .. O3 ^(ix)	0.9300	2.5700	3.118(5)	118.00
C16 -- H16A .. O5 ^(x)	0.9700	2.5300	3.444(6)	158.00
Symmetry codes: (i) x,-1+y,z,(ii) 1-x,1-y,1-z,(iii) -1+x,y,z,(iv) -x,2-y,1-z,(v) 1-x,2-y,1-z, (vi)-1+x,y,1+z (vii) -1+x,y,z,(viii) 1-x,1-y,1-z,(ix) 1-x,2-y,-z, (x) 1-x,1-y,-z				



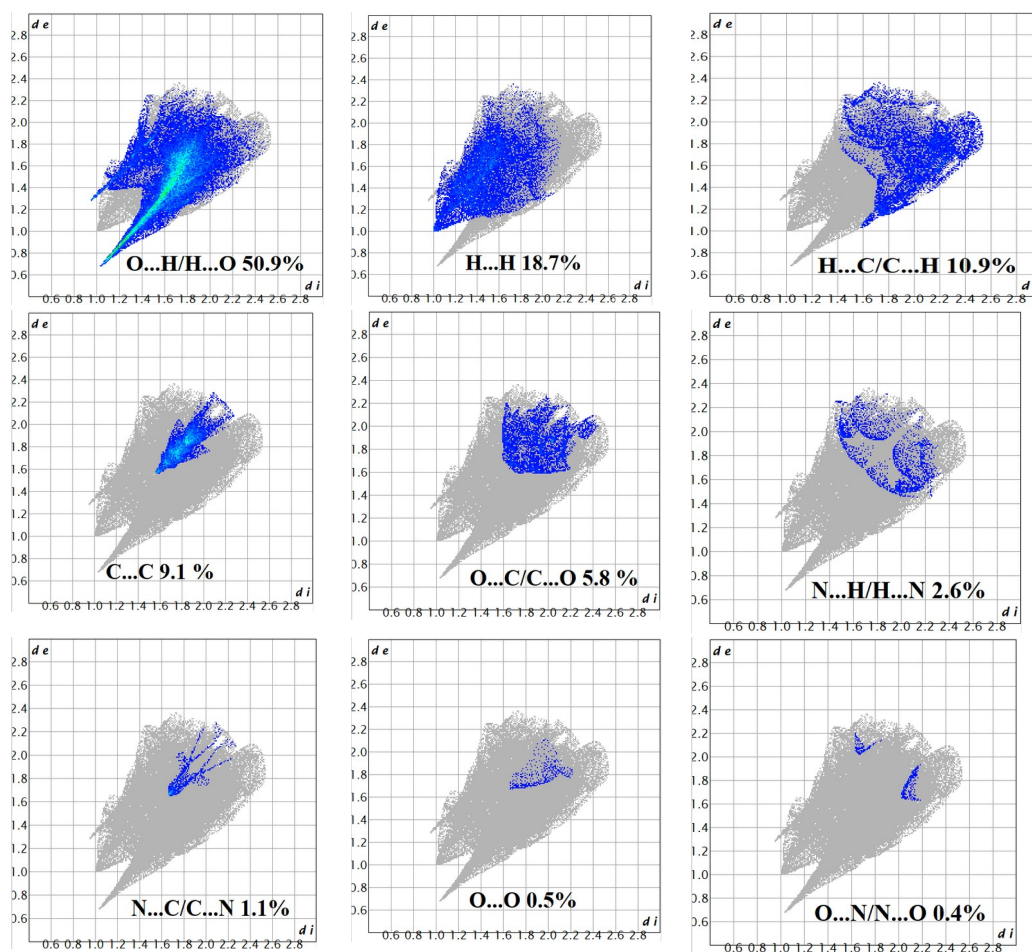
2-rasm. [Ni(dipic)₂](mea)₂ kompleksining UB-spektri

Komplekslarning elektron spektrlari 2-rasmda ko‘rsatilgan. Aralashtirilgan ligand va metall tuzlarining to‘g‘ridan-to‘g‘ri reaksiyasidan foydalangan holda komplekslar tayyorlash tufayli ligandning elektron spektrlari kiritilmagan, faqat komplekslar spektrlari kiritilgan. Ni (II) kompleksining elektron spektrlari xona haroratida $1 \cdot 10^{-3}$ M konsentratsiyali H₂O erituvchida qayd etilgan. Kompleks uchun kutilgan assimilyatsiya hududining intensivligi ma‘lum bir mintaqada

mavjud edi. Ni (II) kompleksi uchun mos ravishda 310 nm. Kompleks uchun p-p o'tish va shuningdek, metaldan ligand zaryadiga o'tish tufayli xarakteristikalar 310 nm gacha o'tish kuzatilgan va qo'shimcha ravishda 608 nm da d-d o'tish aniqlangan.



3-rasm. $[\text{Ni}(\text{dipic})_2](\text{mea})_2$ ning uch o'lchamli Hirshfeld sirtining dnorm bo'yicha xaritasi ko'rinishi.



4-rasm $[\text{Ni}(\text{dipic})_2](\text{mea})_2$ ning barcha o'zaro ta'sirlarning foiz hissalarini va o'zaro ta'sirlarning alohida turlarini ko'rsatuvchi 2D barmoq izi chizmalari.

4- rasmda de va di funksiyalari yordamida olingan ikki o'lchovli barmoq izining grafiklari ko'rsatilgan bo'lib, $[\text{Ni}(\text{dipic})_2](\text{mea})_2$ kompleksining Hirshfeld yuzalarida kristall o'rash hosil bo'lishiga individual o'zaro ta'sirlarning hissasi ko'rsatilgan. Shunday qilib, Hirshfeld yuzasini tahlil qilish natijasida quyidagi o'zaro ta'sirlar aniqlandi: O... H/H... O (50,9%), H... H (18,7%), H... C/C... H (10,9%), C... C (9,1%), O... C/C... O (5,8%), H... N/N... H (2,6%), N... N/N... H (2,6%), N... C/C, N... C/C. O..Yo'q/Yo'q..O 0,4%. Chuqur qizil dog'lar qo'shni turlar bilan kuchli yaqin o'zaro ta'sirni ko'rsatadi. Kompleks birikmaning molekulasi uchun uchastkaning o'rtasida qisqa va tor tikanlar bo'lgan keng hudud umumiy Xirshfeld sirtlarining O-H/H-O o'zaro ta'siri sifatida aks ettiriladi va bu kompleks-1 uchun hisoblangan eng yuqori foizdir va bu dipik lagandning metall kompleksi bilan solishtirish mumkin. Ni (II) kompleksining dnormasi uchun Hirshfeld yuzasi xaritasi (4-rasm) ko'rinib turibdiki, o'tkir qizil rang monoetanolamin (MEA) ning vodorod aloqasi va dipic ligandning karboksilik guruhining kislorodli aloqasi o'rtasida molekulalararo vodorod bog'lanish kuzatilganligini ko'rsatadi.

Xulosa: Tadqiqotlar natijasida 2,6-piridindikarbon kislotasining Nikel(II) atsetat va MEA bilan M:L:L 1:2:2 nisbatdagi kompleks birikmasi sintez qilindi. Sintez qilingan kompleksning tarkibi va tuzilishi RTT yordamida aniqlandi. Kompleks birikmaning kristallografik ma'lumotlari Kembridj kristallografik ma'lumotlar bazasiga (Cambridge Crystallographic Data Center) ga kiritildi (CCDC 2256725).<https://www.ccdc.cam.ac.uk/structures/Search?Ccdc=2403742&Author=nazarov&Access=referee>. Kompleksning molekulalararo o'zaro ta'sirlari xarakterini tavsiflash uchun Hirshfeld sirti tahlili o'tkazildi. Ushbu tahlil natijasiga ko'ra o'zaro ta'sirlarning asosiy qismini O... H/H... O (50,9%), H... H (18,7%) tashkil qildi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati.

1. Mirzaei M. et al. On the importance of non-covalent interactions in the structure of coordination Cu (II) and Co (II) complexes of pyrazine-and pyridine-

dicarboxylic acid derivatives: experimental and theoretical views //CrystEngComm. – 2014. – T. 16. – No. 27. – pp. 6149-6158.

2. Das B., Baruah J. B. Water clusters in mixed ionic complexes with metal dipicolinate anions //Journal of molecular structure. – 2013. – T. 1034. – C. 144-151.

3. Hadadzadeh H. et al. Pyridine-2, 6-dicarboxylic acid (Dipic): crystal structure from co-crystal to a mixed ligand nickel (II) complex //Journal of Chemical Crystallography. – 2010. – T. 40. – C. 48-57.

4. Ilkimen H. et al. Synthesis and characterization of a novel proton salt of 2-amino-6-nitrobenzothiazole with 2, 6-pyridinedicarboxylic acid and its metal complexes and their antimicrobial and antifungal activity studies // Journal of Molecular Structure. – 2016. – T. 1120. – P. 25-33.

5. Ghasemi K. et al. Potential antidiabetic drug involving a zinc anionic complex of dipic and metformin as counter ions: Synthesis, characterization, crystal structure and electrochemical studies //Journal of Molecular Structure. – 2014. – T. 1074. – C. 79-84.

6. Khayit Kh. Turaev, Yusufjon E. Nazarov, Abdukadir Kh. Tashkulov, Sherzod A. Kasimov, Bekmurod Kh. Alimnazarov, Jamshid M. Ashurov, Aziz B. Ibragimov, Takashiro Akitsu, Changkun Xia, Abul Monsur Showkot Hossain. Synthesis of mononuclear Ni (II) and binuclear Cu (II) complexes from pyridine-2, crystal structure and Hirshfeld surface analysis, 6-dicarboxylic acid with monothenolamine and hydrochloric acid solution //Structural Chemistry. – 2025. – C. 1-13 <https://link.springer.com/article/10.1007/s11224-025-02468-9>

7. Ghosh S. K., Ribas J., Bharadwaj P. K. Metal-organic framework structures of Cu (II) with pyridine-2, 6-dicarboxylate and different spacers: identification of a metal bound acyclic water tetramer //CrystEngComm. – 2004. – T. 6. – No. 45. – C. 250-256.

8. Ghosh S. K., Ribas J., Bharadwaj P. K. Characterization of 3-D Metal– Organic Frameworks Formed through Hydrogen Bonding Interactions of 2-D Networks with Rectangular Voids by CoII-and NiII-Pyridine-2, 6-dicarboxylate and 4, 4 ‘-

Bipyridine or 1, 2-Di (pyridyl) ethylene //Crystal growth & design. – 2005. – T. 5. – №. 2. – C. 623-629.

9. Chihaoui N. et al. A new mononuclear complex: structure, vibrational (FT-IR and Raman), Hirshfeld surfaces analysis, electrical properties and equivalent circuit //J Phys Chem Biophys. – 2016. – T. 6. – №. 216. – C. 2161-0398.10002.

10. Nazarov Y.E., Turaev Kh.Kh., Suyunov J.R., Ibragimov B.T., Alimnazarov B.Kh., Ashurov J.M. 8-Hydroxyquinolinium trichlorido(pyridine-2,6-dicarboxylic acid- κ^3O,N,O')copper(II) dihydrate Acta Crystallographica Section E: Crystallographic Communications, 2024, 80(10), c 1049–1053
<https://doi.org/10.1107/S2056989024009186>