

**СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ НОВЫХ ТРЕХЪЯДЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЦИНКА(II)
С АНИОНАМИ ГЕКСАНОВОЙ ИЛИ 3-ВИНИЛБЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ
И 1,10-ФЕНАНТРОЛИНОМ****Н.В. Гоголева, А.А. Чиркова, М.А. Шмелев, И.Л. Еременко***Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, Россия*

E-mail: gogolevanv@inbox.ru

Статья поступила
25.11.2025*С доработки*
04.12.2025*Принята к публикации*
04.12.2025

Впервые синтезированы и структурно охарактеризованы трехъядерные комплексы $[\text{Zn}_3(\text{vbzo})_6(\text{phen})_2] \cdot 4\text{MeCN}$ (**1**), $[\text{Zn}_3(\text{hex})_6(\text{phen})_2]$ **2**, содержащие анионы алкенил- и алкилзамещенных 3-винилбензойной (vbzo) и гексановой (hex) кислот в сочетании с концевыми молекулами 1,10-фенантролина (phen). В линейном трехъядерном металлоостове атомы цинка(II) попарно связаны двумя мостиковыми и одним хелатно-мостиковым (**1**) или тремя мостиковыми (**2**) карбоксилат-анионами. В кристалле за счет π - π -взаимодействий между молекулами фенантролина (**1**, **2**), а также фенантролина и vbzo (**1**) формируются супрамолекулярные цепи. Алкильные заместители анионов hex в **2** ориентированы в кристаллической упаковке параллельно друг другу и образуют гидрофобные зоны. Дополнительно упаковка **1** и **2** стабилизирована сетью водородных связей между атомами O карбоксилат-анионов и атомами H молекул phen.

DOI: 10.26902/JSC_id161625
EDN: ТТВНWX**Ключевые слова:** комплексы цинка(II), 3-винилбензойная кислота, гексановая кислота, молекулярная структура, рентгеноструктурный анализ.**ВВЕДЕНИЕ**

Цинк(II), будучи эссенциальным микроэлементом, входит в состав живых организмов [1], используется при создании материалов и биоактивных соединений для медицины [2–4]. Кроме того, в присутствии ионов лантанидов цинк может выполнять роль *d*-блока в составе антенны, увеличивая квантовый выход люминесценции комплекса [5, 6].

Показано, что цинк(II) позволяет синтезировать комплексы, устойчивые к воздействию воздуха, ультрафиолетового излучения и температуры, покрытия на основе цинка широко применяются для защиты поверхностей металлов от коррозии [7, 8]. Подбор лигандов и условий синтеза дает возможность варьировать состав соединения и геометрию металлоостова комплекса. Показано, что эффективность комплексов цинка(II) с анионами 4-метилбензойной кислоты и основанием Шиффа в катализе возрастает с увеличением их ядерности [9].

Один из подходов к модификации свойств координационных соединений – введение функциональных заместителей в органические лиганды. Протяженные углеводородные заместители повышают гидрофобность органических молекул и их комплексов. В результате координационные соединения приобретают способность к переходу в жидкокристаллическое состояние [10, 11], а также образуют пленки с защитными свойствами [12].

Для 4-винилбензоата цинка(II) показано, что наличие протяженных алкенильных заместителей в анионе карбоновой кислоты и большой размер молекулы позволяет использовать этот комплекс в качестве материала для ультрафиолетовой литографии [13]. Комплекс цинка(II) с анионами 3-винилбензойной кислоты [14] и пахикарпином, единственный структурно охарактеризованный к настоящему времени 3-винилбензоат, можно применить в качестве темплата для получения хиральных сополимеров.

В настоящей публикации представлен подход к синтезу трехъядерных комплексов цинка(II) со сходным строением металлоостова для алкил- и алкенилзамещенных карбоновых кислот гексановой и 3-винилбензойной в сочетании с 1,10-фенантролином, продемонстрировано влияние природы и геометрии карбоновой кислоты на кристаллическую упаковку соединений.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Все синтетические операции проводили на воздухе с использованием коммерчески доступных растворителей и реактивов: ацетонитрил (Химмед, ХЧ), толуол (Химмед, ХЧ), тетрагидрофуран (Химмед, ХЧ), $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ (Lanhit, 99 %), 3-винилбензойная кислота (Hvbzo, ABCR, 96 %), NBu_4OH (1M раствор в MeOH, Sigma-Aldrich), 1,10-фенантролин моногидрат ($phen \cdot H_2O$, Sigma-Aldrich, 97 %). Исходный гексаноат цинка(II) $[Zn(hex)_2]_n$ синтезировали по известной методике [15].

ИК спектры соединений **1**, **2** регистрировали в диапазоне 500–4000 cm^{-1} на спектрофотометре «JASCO FT/IR-4700LE», оснащенном приставкой «MIRacle ATR, Pike Technologies», методом нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО). В ИК спектрах могут быть обнаружены полосы поглощения, соответствующие валентным (ν), симметричным (ν_s) и асимметричным (ν_{as}), а также деформационным (δ) колебаниям [16].

Синтез $[Zn_3(vbzo)_6(phen)_2] \cdot 4MeCN$ (1). Смесь $(NBu)_4OH$ (0.218 г, 0.34 ммоль) и Hvbzo (0.050 г, 0.34 ммоль) в 20 мл ацетонитрила перемешивали при 70 °С 10 мин. К реакционной смеси последовательно добавляли раствор $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ (0.050 г, 0.17 ммоль) в 20 мл MeCN, 1,10-фенантролин (0.030 г, 0.17 ммоль), 10 мл тетрагидрофурана и 5 мл бензола, перемешивали 30 мин при 70 °С. Реакционный раствор отфильтровали от легкой мути, оставили медленно испаряться на воздухе при 20 °С. Сформировавшиеся через 15 дней кристаллы, пригодные для РСА, отделяли фильтрованием, промывали ацетонитрилом и высушивали на воздухе при 20 °С до постоянной массы. Выход: 0.012 г (13.33 %).

ИК спектр (НПВО; ν , cm^{-1}): 3059 сл., 2962 сл., 2933 сл., 2875 сл., 1613 ср., 1592 ср., 1570 ср., 1516 сл., 1439 сл., 1429 сл., 1389 с., 1345 ср., 1310 сл., 1284 сл., 1212 сл., 1169 сл., 1145 сл., 1089 сл., 987 сл., 911 сл., 868 сл., 849 ср., 795 сл., 849 сл., 770 с., 728 ср., 710 ср., 672 ср., 641 сл.

Синтез $[Zn_3(hex)_6(phen)_2]$ (2). К суспензии $[Zn(hex)_2]_n$ (0.100 г, 0.34 ммоль) в 15 мл гексана добавляли 1,10-фенантролин (0.067 г, 0.34 ммоль), 5 мл ТГФ и 5 мл MeCN и перемешивали 20 мин при 70 °С. Оставили прозрачный реакционный раствор медленно испаряться на воздухе при 20 °С. Сформировавшиеся через шесть дней кристаллы, пригодные для РСА, отделяли фильтрованием, промывали гексаном и высушивали на воздухе при 20 °С до постоянной массы. Выход: 0.082 г (58.20 %).

ИК спектр (НПВО; ν , cm^{-1}): 3060 сл., 2953 ср., 2926 ср., 2859 ср., 1583 с., 1515 ср., 1456 ср., 1406 с., 1347 сл., 1278 сл., 1256 сл., 1222 сл., 1194 сл., 1148 сл., 867 ср., 851 с., 780 сл., 729 с., 670 сл., 641 ср.

Рентгеноструктурный анализ (РСА) монокристаллов **1**, **2** выполнен на дифрактометре «Bruker Apex II», оборудованном CCD-детектором (MoK_{α} , $\lambda = 0.71073 \text{ \AA}$, графитовый монохроматор) [17]. Структура расшифрована прямым методом и уточнена в полноматричном анизотропном приближении для всех неводородных атомов. Атомы водорода при атомах углерода молекул воды заданы геометрически и уточнены в модели «наездника» Расчеты проведены с использованием комплекса программ SHELX [18] и Olex2 [19]. Кристаллографические параметры и детали уточнения структуры **1** при $T = 120(2) \text{ K}$: $C_{86}H_{70}N_8O_{12}Zn_3$, $M_w = 1603.61 \text{ г/моль}$, три-

клинная сингония, пространственная группа $P\bar{1}$, $a = 11.423(5)$, $b = 12.997(6)$, $c = 15.559(7)$ Å, $\alpha = 67.039(11)^\circ$, $\beta = 88.360(8)^\circ$, $\gamma = 65.163(12)^\circ$, $V = 1904.8(15)$ Å³, $Z = 1$, $\rho_{\text{выч}} = 1.398$ г/см³, $\mu = 1.006$ мм⁻¹, $2.05 \leq \theta \leq 26.22^\circ$, сегмент сферы $-14 \leq h \leq 14$, $-16 \leq k \leq 16$, $-19 \leq l \leq 19$, $R_{\text{int}} = 0.0583$, 15532 измеренных рефлексов, 7491 независимых рефлексов, 5201 отражений с $I > 2.0\sigma(I)$, GOOF = 1.029, $R_1(I > 2.0\sigma(I)) = 0.0540$, $wR_2(I > 2.0\sigma(I)) = 0.1063$, $R_1(\text{все данные}) = 0.0854$, $wR_2(\text{все данные}) = 0.1247$, $\Delta\rho_{\text{min}}/\Delta\rho_{\text{max}} = -0.469/0.418$ е/Å³. Кристаллографические параметры и детали уточнения структуры **2** при $T = 100.0$ К: $C_{60}H_{82}N_4O_{12}Zn_3$, $M_w = 1247.40$ г/моль, моноклинная сингония, пространственная группа $P2_1/n$, $a = 14.2353(8)$, $b = 14.7561(9)$, $c = 15.7775(9)$ Å, $\beta = 115.584(2)^\circ$, $V = 2989.2(3)$ Å³, $Z = 2$, $\rho_{\text{выч}} = 1.386$ г/см³, $\mu = 1.257$ мм⁻¹, $1.99 \leq \theta \leq 30.52^\circ$, сегмент сферы $-20 \leq h \leq 16$, $-21 \leq k \leq 21$, $-21 \leq l \leq 22$, $R_{\text{int}} = 0.0745$, 32086 измеренных рефлексов, 9086 независимых рефлексов, 5253 отражений с $I > 2.0\sigma(I)$, GOOF = 0.989, $R_1(I > 2.0\sigma(I)) = 0.0526$, $wR_2(I > 2.0\sigma(I)) = 0.1185$, $R_1(\text{все данные}) = 0.1106$, $wR_2(\text{все данные}) = 0.1464$, $\Delta\rho_{\text{min}}/\Delta\rho_{\text{max}} = -1.393/0.754$ е/Å³. Геометрия координационного окружения атомов металлов рассчитана на основе анализа данных PCA с использованием программы SHAPE 2.1 [20–22]. Полный набор рентгеноструктурных данных депонирован в Кембриджском банке структурных данных (CCDC № 2503587–2503588; deposit@ccdc.cam.ac.uk или http://www.ccdc.cam.ac.uk/data_request/cif).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

При взаимодействии нитрата цинка(II) с нейтрализованной гидроксидом тетрабутиламмония 3-винилбензойной кислотой и 1,10-фенантролином в MeCN (соотношение Zn:vbzo:phen составляло 1:2:1) закристаллизован молекулярный трехъядерный комплекс $[Zn_3(vbzo)_6(phen)_2] 4MeCN$ (**1**). Комплекс для гексановой кислоты $[Zn_3(hex)_6(phen)_2]$ (**2**) со сходным строением металлоостова и лигандным составом синтезирован при взаимодействии предварительно выделенного гексаноата цинка(II) с 1,10-фенантролином в смеси гексана и MeCN (соотношение Zn:phen составляло 1:1). В случае комплекса **1** установлена триклинная пространственная группа $P\bar{1}$, а **2** – моноклинная $P2_1/n$. Центральный атом цинка(II) находится в октаэдрическом ок-

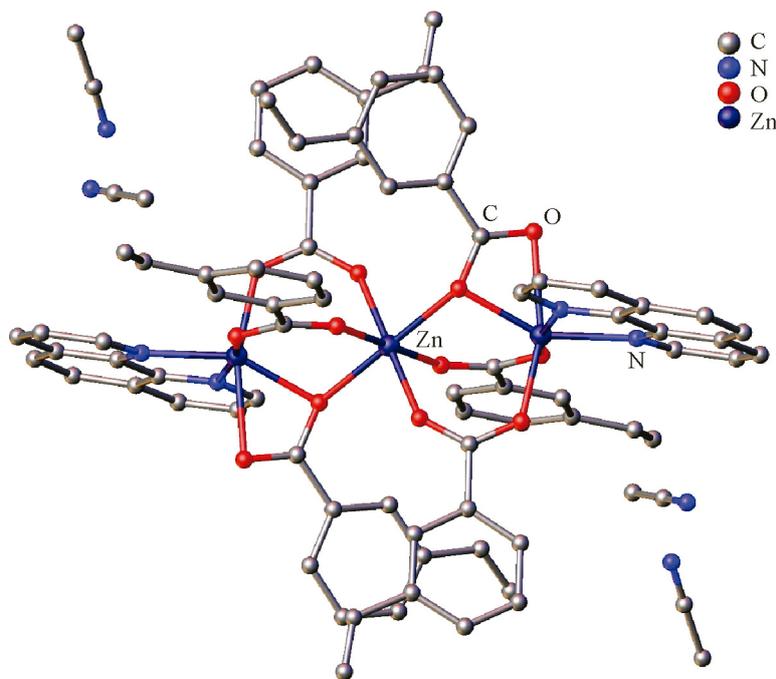


Рис. 1. Строение молекулы комплекса **1** (атомы Н не показаны)

с одним из атомов O μ, κ^3 -карбоксилат-аниона удлинена до 2.759(3) Å, он остается координированным только одним атомом кислорода и все анионы карбоновой кислоты становятся μ, κ^2 -мостиковыми. В результате формируется линейный трехъядерный металлоостов, угол Zn—Zn—Zn в котором соответствует 180° (расстояние Zn···Zn составляет 3.436(1) Å (**1**) 3.293(1) Å (**2**)). Каждый из концевых атомов цинка(II) координирует по два атома азота phen, достраивая свое окружение до искаженного октаэдра (для **1**, OC–6, $\tau = 2.838$ [20–22]) или тригональной бипирамиды (для **2**, ТВРУ–5, $\tau = 1.877$ [20–22]) (рис. 1–4). Основные длины связей в комплексах **1** и **2** представлены в табл. 1.

Кристаллическая упаковка формируется супрамолекулярными цепями молекул **1** и **2**, в которых ароматические фрагменты phen (в **1**, **2**) или phen и vbzo (в **1**) взаимно параллельно ориентированы в результате $\pi \cdots \pi$ взаимодействий (табл. 2). Кроме того, водородные связи C—H···O между атомами кислорода карбоксилат-анионов и атомами водорода phen (в **1**, **2**) или phen и vbzo (в **1**) соседних молекул комплекса дополнительно стабилизируют кристалл (табл. 3).

По данным ИК спектроскопии (НПВО) в спектрах поликристаллических образцов **1** и **2** регистрируются полосы валентных колебаний $\nu(\text{CH})$, $\nu_{\text{as}}(\text{CH}_3)$, $\nu_{\text{as}}(\text{CH}_2)$ и $\nu_{\text{sy}}(\text{CH}_2)$ (3059, 2962, 2933, 2875 cm^{-1} для **1**; 3060, 2953, 2926, 2859 cm^{-1} для **2**). Колебания $\nu(\text{C}=\text{C})$ и $\nu(\text{C}=\text{N})$ проявляются в спектре **1** в виде полос при 1613 и 1592 cm^{-1} . Для **2** они, вероятно, накладываются на полосы других колебаний, смещаясь в низкочастотную область спектра. Полосы валентных колебаний $\nu_{\text{as}}(\text{COO}^-)$ и $\nu_{\text{sy}}(\text{COO}^-)$ карбоксилат-анионов представлены характеристическими частотами при 1570 cm^{-1} , 1389 cm^{-1} для **1**, 1583 cm^{-1} и 1406 cm^{-1} для **2**. Данные согласуются с ИК спектрами, полученными ранее для гексаноата цинка с мостиковым типом координации hex [16]. Максимумы при 1439, 1429 cm^{-1} для **1**, 1456 cm^{-1} для **2** соответствуют асимметричным деформационным колебаниям метильных групп $\delta_{\text{as}}(\text{CH}_3)$, $\delta(\text{CH}_2)$, при 1345 cm^{-1} для **1**, 1347 cm^{-1} для **2** – симметричным $\delta_{\text{sy}}(\text{CH}_3)$. Частоты 1516 cm^{-1} для **1**, 1515 cm^{-1} для **2** относятся к колебаниям C—C в phen, 770 cm^{-1} в **1**, 729 cm^{-1} в **2** – к деформационным колебаниям C—H связей 1,10-фенантролина.

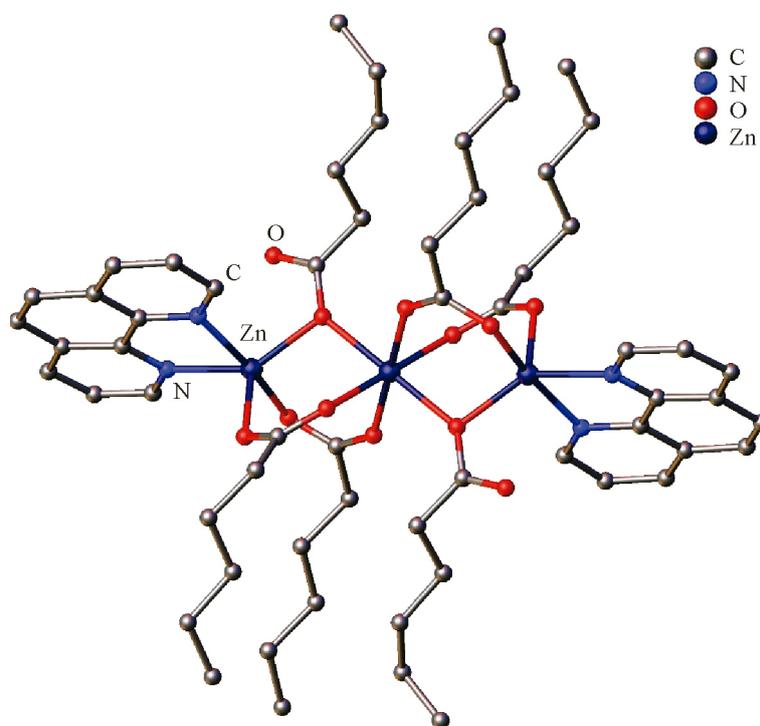


Рис. 3. Строение молекулы комплекса **2** (атомы Н не показаны)

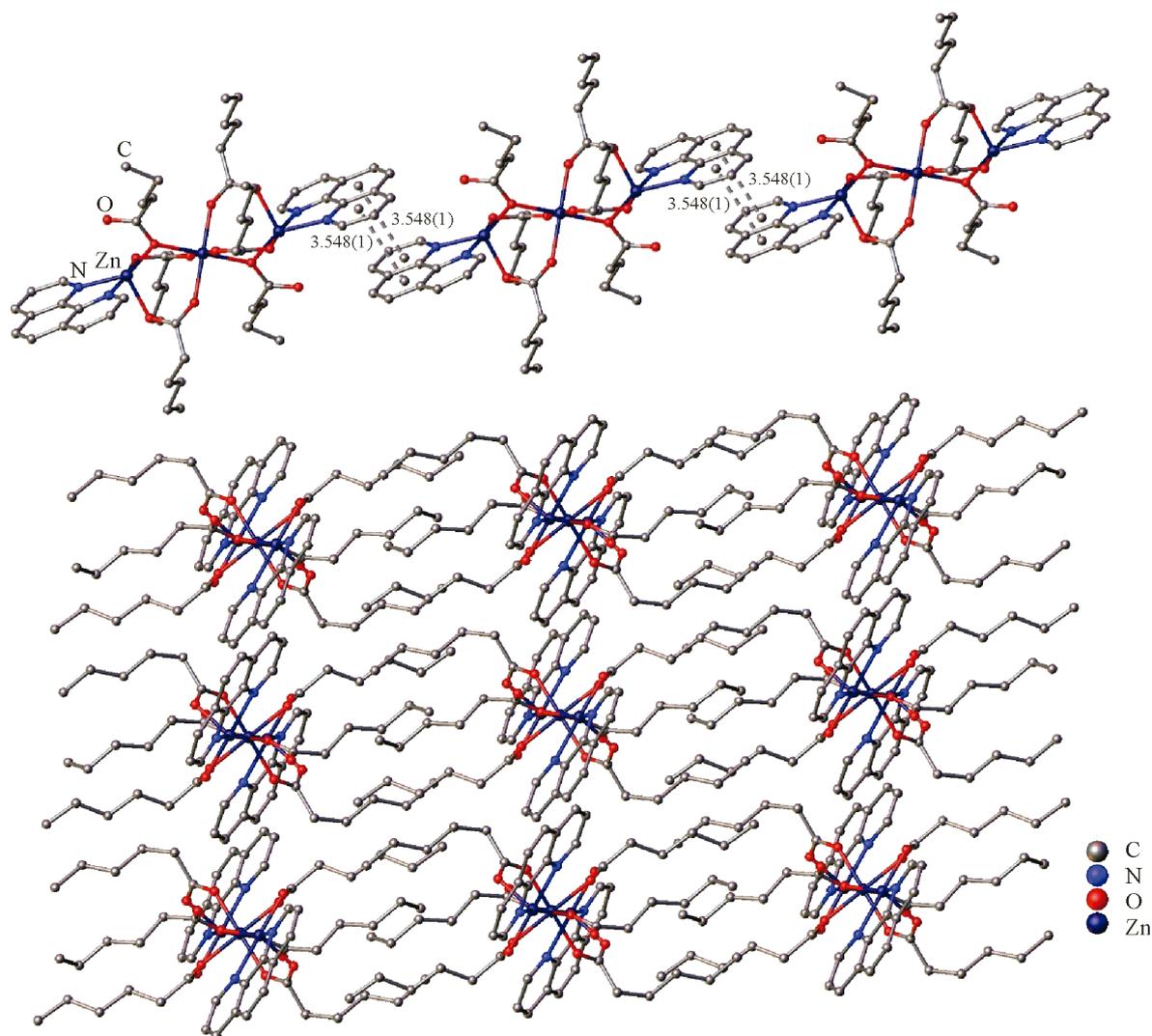


Рис. 4. Фрагмент кристаллической упаковки комплекса **2** (атомы Н и сольваты не показаны, штрихами показаны $\pi \cdots \pi$ -взаимодействия)

Следует отметить, что трехъядерный металлоостов получен ранее для соединений цинка(II) с анионами монокарбоновых кислот в сочетании с монодентатными [23, 24] и хелатирующими лигандами [25–27].

Таким образом, показано, что анионы 3-винилбензойной и гексановой кислоты в присутствии 1,10-фенантролина формируют с цинком(II) линейные трехъядерные комплексы $[\text{Zn}_3(\text{vbzo})_6(\text{phen})_2] \cdot 4\text{MeCN}$ и $[\text{Zn}_3(\text{hex})_6(\text{phen})_2]$, в которых металлоцентры связаны между собой мостиковыми и хелатно-мостиковыми карбоксилат-анионами. За счет межмолекулярных $\pi \cdots \pi$ -взаимо-

Т а б л и ц а 1

Основные длины связей (Å) в соединениях **1, 2**

Комплекс	Zn—O (μ, κ^3)	Zn—O (μ, κ^2)	Zn—N
1	2.118(3)–2.362(3)	2.025(3)–2.091(3)	2.133(3)–2.196(3)
2	–	2.010(2)–2.095(2)	2.080(3)–2.204(3)

Примечание: для O указан тип координации карбоксилат-аниона.

Т а б л и ц а 2

Параметры $\pi \cdots \pi$ взаимодействий в кристаллических упаковках соединений **1, 2**

Взаимодействие	$Cg \cdots Cg$, Å	Код симметрии	$Cg \cdots Perp$, Å	α , град	$C \cdots C_{min}$
Соединение 1					
RCOO \cdots phen	3.849(3)	$-x, 1-y, 1-z$	3.3662(17)	8.5(2)	3.479(6)
phen \cdots phen	3.484(3)	$1-x, -y, 1-z$	3.2548(18)	0.0(2)	3.324(7)
Соединение 2					
phen \cdots phen	3.548(2)	$1-x, 1-y, 1-z$	3.3746(16)	1.94(17)	3.371(6)

Примечание: Cg – центр масс ароматических колец, $Perp$ – перпендикуляр к плоскости кольца, α – угол между плоскостями ароматических фрагментов.

Т а б л и ц а 3

Параметры H -связей в кристаллических упаковках соединений **1, 2**

$D-H \cdots A$ (элемент симметрии)	$D-H$, Å	$H \cdots A$, Å	$D \cdots A$, Å	$\angle D-H \cdots A$, град.
Соединение 1				
C21—H21 \cdots O4 ($1-x, 1-y, 1-z$)	0.95	2.41	3.344(6)	167
C35—H35 \cdots O1 ($1-x, -y, 1-z$)	0.95	2.53	3.409(4)	155
C37—H37 \cdots O5 ($1-x, -y, 1-z$)	0.95	2.59	3.110(6)	114
Соединение 2				
C19—H19 \cdots O5	0.95	2.59	3.131(4)	117
C21—H21 \cdots O2 ($1-x, 1-y, 1-z$)	0.95	2.41	3.241(4)	146
C24—H24 \cdots O4 ($1/2-x, -1/2+y, 1/2-z$)	0.95	2.59	3.415(4)	146
C28—H28 \cdots O4 ($1/2-x, -1/2+y, 1/2-z$)	0.95	2.50	3.352(4)	149
C29—H29 \cdots O2 ($-1/2+x, 3/2-y, -1/2+z$)	0.95	2.53	3.264(4)	134

действий между ароматическими фрагментами лигандов и за счет водородных связей отдельные молекулы в кристалле комплекса упорядочены в параллельные супрамолекулярные цепи. Протяженные алкильные заместители в кристаллической упаковке гексаноатного комплекса расположены параллельно и образуют гидрофобные зоны. В случае 3-винилбензоата такого эффекта не наблюдается.

РСА и ИК спектроскопия выполнены с использованием оборудования ЦКП ФМИ ИОНХ РАН.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 25-23-00726, <https://rscf.ru/project/25-23-00726>).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. K. Jeejeebhoy. Zinc: An essential trace element for parenteral nutrition. *Gastroenterology*, **2009**, 137(5), S7–S12. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2009.08.014>
2. X. Liu, Z. Xia, Y. Wang, D. Luo, Z. Li, Z. Meng, H. Lian. Zinc-doped inorganic bioactive materials: A comprehensive review of properties and their applications in osteogenesis, antibacterial, and hemostasis. *Appl. Mater. Today*, **2024**, 40, 102393. <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2024.102393>
3. E. Saedian Moghadam, Z. Emamgholipour, A. Foroumadi, M. Amini. A review on zinc, cadmium, and mercury complexes with anticancer activity. *Inorg. Chem. Commun.*, **2024**, 170, 113382. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2024.113382>

4. P. Kumari, A. Das, A. Kumar, Jyoti, M. Choudhary, P. Yadav, Richa, R. Kataria, V. Kumar. Zinc(II) complexes: Synthetic and antiviral perspective. *Inorg. Chem. Commun.*, **2025**, *177*, 114355. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2025.114355>
5. Y.-M. Wang, Y. Wang, R.-X. Wang, J.-Q. Qiu, Y.-X. Chi, J. Jin, S.-Y. Niu. Syntheses, structures and photo-physical properties of a series of Zn–Ln complexes. *J. Phys. Chem. Solids*, **2017**, *104*, 221–227. <https://doi.org/10.1016/j.jpcs.2017.01.022>
6. L.-J. Xu, G.-T. Xu, Z.-N. Chen. Recent advances in lanthanide luminescence with metal-organic chromophores as sensitizers. *Coord. Chem. Rev.*, **2014**, *273–274*, 47–62. <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2013.11.021>
7. K.R. Ansari, A. Singh, M. Younas, I.H. Ali, Y. Lin. Progress in metal-organic frameworks (MOFs) as multifunctional material: Design, synthesis and anticorrosion performance techniques. *Coord. Chem. Rev.*, **2025**, *523*, 216294. <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2024.216294>
8. C. Zhou, M. Pan, S. Li, Y. Sun, H. Zhang, X. Luo, Y. Liu, H. Zeng. Metal organic frameworks (MOFs) as multifunctional nanoplatform for anticorrosion surfaces and coatings. *Adv. Colloid Interface Sci.*, **2022**, *305*, 102707. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2022.102707>
9. D.C. Akintayo, W.A. Munzeiwa, S.B. Jonnalagadda, B. Omondi. Influence of nuclearity and coordination geometry on the catalytic activity of Zn(II) carboxylate complexes in ring-opening polymerization of ϵ -caprolactone and lactides. *Inorg. Chim. Acta*, **2022**, *532*, 120715. <https://doi.org/10.1016/j.ica.2021.120715>
10. P. Kalle, S.I. Bezzubov, L.G. Kuzmina, A.V. Churakov. New insights into the structure, thermal properties, and photostability of industrially relevant salts of sorbic acid. *Cryst. Growth Des.*, **2024**, *24*(21), 9173–9181. <https://doi.org/10.1021/acs.cgd.4c01197>
11. N. Abdullah, R. Hashim, L.N. Ozair, Y. Al-Hakem, H. Samsudin, A. Marlina, M. Salim, S. Mohd. Said, B. Subramanian, A.R. Nordin. Structural, mesomorphic, photoluminescence and thermoelectric studies of mononuclear and polymeric complexes of copper(II) with 2-hexyldecanoate and 4,4'-bipyridine ligands. *J. Mater. Chem. C*, **2015**, *3*(42), 11036–11045. <https://doi.org/10.1039/c5tc02273h>
12. Y. Li, F. Chang, G. Wei, L. Ren, C. Ji, B. Zhu, C. Xu. Sub-zero temperature self-healing anticorrosion coatings based on dynamic reversible imine and metal coordination bonds. *Prog. Org. Coatings*, **2025**, *209*, 109629. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2025.109629>
13. Y. Si, Y. Zhao, G. Shi, D. Zhou, F. Luo, P. Chen, J. Fan, X. Peng. A novel stable zinc–oxo cluster for advanced lithography patterning. *J. Mater. Chem. A*, **2023**, *11*(9), 4801–4807. <https://doi.org/10.1039/d3ta00115f>
14. S. Jana, P.A.G. Cormack, A.R. Kennedy, D.C. Sherrington. Synthesis of main chain chiral methacrylate copolymers via chirality transfer from polymerizable chiral metal complexes. *J. Mater. Chem.*, **2009**, *19*(21), 3427. <https://doi.org/10.1039/b823205a>
15. R.A. Taylor, H.A. Ellis, P.T. Maragh, N.A.S. White. The room temperature structures of anhydrous zinc(II) hexanoate and pentadecanoate. *J. Mol. Struct.*, **2006**, *787*(1–3), 113–120. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2005.11.004>
16. E. Pretsch, P. Bühlmann, C. Affolter. Structure Determination of Organic Compounds. Berlin/Heidelberg, Germany: Springer, **2000**. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-04201-4>
17. L. Krause, R. Herbst-Irmer, G.M. Sheldrick, D. Stalke. Comparison of silver and molybdenum microfocus X-ray sources for single-crystal structure determination. *J. Appl. Crystallogr.*, **2015**, *48*(1), 3–10. <https://doi.org/10.1107/s1600576714022985>
18. G.M. Sheldrick. Crystal structure refinement with SHELXL. *Acta Crystallogr., Sect. C: Struct. Chem.*, **2015**, *71*(1), 3–8. <https://doi.org/10.1107/s2053229614024218>
19. O.V. Dolomanov, L.J. Bourhis, R.J. Gildea, J.A.K. Howard, H. Puschmann. OLEX2: a complete structure solution, refinement and analysis program. *J. Appl. Crystallogr.*, **2009**, *42*(2), 339–341. <https://doi.org/10.1107/s0021889808042726>
20. J. Cirera, E. Ruiz, S. Alvarez. Shape and spin state in four-coordinate transition-metal complexes: The case of the d^6 configuration. *Chem. – Eur. J.*, **2006**, *12*(11), 3162–3167. <https://doi.org/10.1002/chem.200501516>
21. M. Pinsky, D. Avnir. Continuous symmetry measures. 5. The classical polyhedra. *Inorg. Chem.*, **1998**, *37*(21), 5575–5582. <https://doi.org/10.1021/ic9804925>
22. D. Casanova, J. Cirera, M. Llunell, P. Alemany, D. Avnir, S. Alvarez. Minimal distortion pathways in polyhedral rearrangements. *J. Am. Chem. Soc.*, **2004**, *126*(6), 1755–1763. <https://doi.org/10.1021/ja036479n>
23. D.C. Akintayo, W.A. Munzeiwa, S.B. Jonnalagadda, B. Omondi. Influence of nuclearity and coordination geometry on the catalytic activity of Zn(II) carboxylate complexes in ring-opening polymerization of ϵ -caprolactone and lactides. *Inorg. Chim. Acta*, **2022**, *532*, 120715. <https://doi.org/10.1016/j.ica.2021.120715>
24. K. Yadava, J.J. Vittal. Photosensitive behavior of photoreactive Zn(II) complexes. *Cryst. Growth Des.*, **2019**, *19*(5), 2542–2547. <https://doi.org/10.1021/acs.cgd.9b00260>

25. X.-W. Wang, F.-P. Chen, L. Chen, J.-Z. Chen, W.-J. Jiang, T.-J. Cai, Q. Deng. Crystal structures and fluorescent properties of two linear trinuclear zinc(II) complexes. *J. Mol. Struct.*, **2007**, 842(1–3), 75–80. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2006.12.017>
26. N. Muhammad, M. Ikram, A. Wadood, S. Rehman, S. Shujah, Erum, M. Ghufraan, S. Rahim, M. Shah, C. Schulzke. Synthesis, crystal structure, DNA binding and molecular docking studies of zinc(II) carboxylates. *Spectrochim. Acta, Part A*, **2018**, 190, 368–377. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2017.09.020>
27. E.S. Bazhina, A.A. Bovkunova, M.A. Shmelev, A.A. Korlyukov, A.A. Pavlov, L. Hochvaldová, L. Kvítek, A. Panáček, P. Kopel, I.L. Eremenko, M.A. Kiskin. Zinc(II) and copper(II) complexes with N-substituted imines derived from 4-amino-1,2,4-triazole: Synthesis, crystal structure, and biological activity. *Inorg. Chim. Acta*, **2023**, 547, 121359. <https://doi.org/10.1016/j.ica.2022.121359>