

Памяти известного ученого, крупного специалиста  
в области координационной химии С.В. Ларионова

## КОМПЛЕКСЫ Zn(II) И Cu(II) С АМИНОПРОИЗВОДНЫМИ ДЕЗОКСИХОЛЕВОЙ КИСЛОТЫ: СИНТЕЗ, СТРУКТУРА, СВОЙСТВА

© 2019 г. Т. Е. Кокина<sup>1,2,\*</sup>, О. В. Саломатина<sup>3</sup>, И. И. Попадюк<sup>3</sup>, Л. А. Глинская<sup>1</sup>,  
И. В. Корольков<sup>1,2</sup>, Л. А. Шелудякова<sup>1,2</sup>, М. И. Рахманова<sup>1</sup>, Н. Ф. Салахутдинов<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, Новосибирск, Россия

<sup>3</sup>Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН, Новосибирск, Россия

\*e-mail: kokina@niic.nsc.ru

Поступила в редакцию 07.12.2018 г.

После доработки 29.01.2019 г.

Принята к публикации 11.02.2019 г.

Синтезированы комплексы [Zn(L)Cl<sub>2</sub>] (I), Cu(L)Cl<sub>2</sub> · H<sub>2</sub>O (II), Zn(L<sup>1</sup>)Cl<sub>2</sub> · 0.5H<sub>2</sub>O (III) и Cu(L<sup>1</sup>)Cl<sub>2</sub> · 0.5H<sub>2</sub>O (IV), где L и L<sup>1</sup> – диаминопропилен- и диаминоэтиленпроизводные дезоксихолевой кислоты соответственно. Методом РСА (CIF file CCDC № 1875305) определена структура одноядерного комплекса I. Координационный полиэдр атома Zn Cl<sub>2</sub>N<sub>2</sub> – искаженный тетраэдр. По данным РФА, кристаллы соединений III и IV изоструктурны. Методом ИК-спектроскопии показано, что комплексы II–IV имеют строение, подобное строению комплекса I. В твердой фазе соединения L и L<sup>1</sup> обладают фотолюминесценцией в видимой области спектра ( $\lambda_{\max}$  = 440 и 415 нм соответственно). Комплексообразование с ионами Zn<sup>2+</sup> не привело к изменению фотолюминесцентных свойств L и L<sup>1</sup>.

*Ключевые слова:* дезоксихолевая кислота, комплексы, цинк, медь, синтез, кристаллическая структура

DOI: 10.1134/S0132344X1907003X

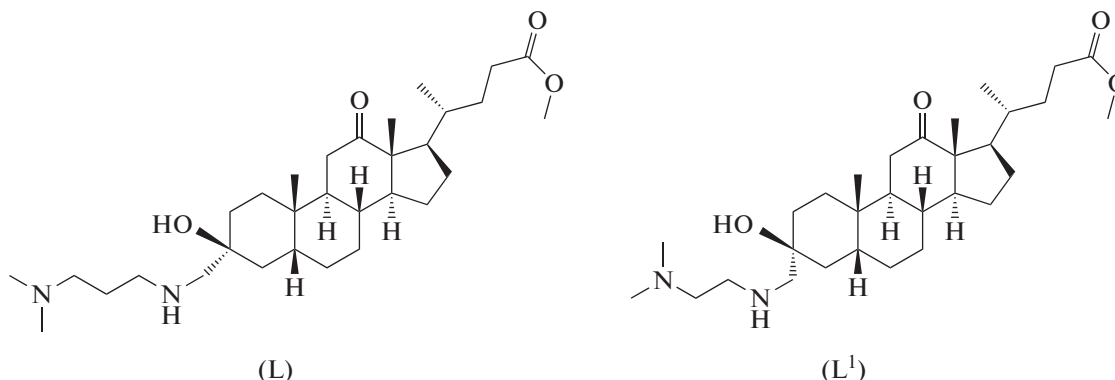
Изучение комплексообразования ионов металлов с органическими соединениями на основе веществ растительного и животного происхождения относится к актуальным направлениям координационной и бионеорганической химии [1, 2]. В последнее десятилетие внимание исследователей привлекают желчные кислоты и продукты их модификации, обладающие антипролиферативной, противоопухолевой, противомикробной и другими видами биологической активности [3–6]. Желчные кислоты, являющиеся метаболитами стероидного ряда, содержат гидроксильные и карбоксильные группы и могут выступать в качестве лигандов с образованием комплексов металлов, способных проявлять ценные физико-химические и биологические свойства [7, 8]. Так, комплексы Sn(IV) и Pt(II) с производными желчных кислот обладают противогрибковой и противоопухолевой активностью [9–11]. Введение дополнительных функциональных групп в различные положения стероидного остова позволяет значительно расширить круг новых веществ – производных желчных кислот, в том числе перспективных лигандов для получения координационных

соединений разнообразного строения. В [12] описан синтез производных дезоксихолевой кислоты, содержащих в положении С(3) аминогруппы (алифатические и циклические); изучены цитотоксические свойства этих новых соединений. Результаты исследования показали, что некоторые аминопроизводные демонстрировали улучшенную антипролиферативную активность по сравнению с исходной дезоксихолевой кислотой. Изучение возможности комплексообразования с данными производными дезоксихолевой кислоты позволит получить новую группу комплексных соединений с перспективными свойствами.

Цель настоящей работы – синтез комплексов Zn(II) и Cu(II) с аминопроизводными дезоксихолевой кислоты – метиловым эфиром 3 $\beta$ -гидрокси-3 $\alpha$ -((3-(диметиламино)пропиламино)метил)-12-оксо-5 $\beta$ -холан-24-овой кислоты (L) и метиловым эфиром 3 $\beta$ -гидрокси-3 $\alpha$ -((2-(диметиламино)этиламино)метил)-12-оксо-5 $\beta$ -холан-24-овой кислоты (L<sup>1</sup>), а также исследование их строения и свойств. Выбор металлов обусловлен участием ионов этих металлов в физиологических

процессах живых организмов. Для комплексов Zn(II) возможно проявление люминесцентных

свойств, что делает их перспективными в качестве флуоресцентных хемосенсоров.



### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Реагенты L и L<sup>1</sup> получали по методике [12]. Для синтеза комплексов использовали ZnCl<sub>2</sub>, CuCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O, *изо*-PrOH квалификации “ч. д. а.”, EtOH — ректификат.

**Синтез [Zn(L)Cl<sub>2</sub>] (I).** К раствору 0.052 г (0.1 ммоль) L в 4 мл EtOH постепенно при перемешивании добавляли раствор 0.014 г (0.1 ммоль) ZnCl<sub>2</sub> в 1 мл EtOH. Полученный раствор перемешивали, затем испаряли растворитель до минимально возможного объема (~1–2 мл). Белый осадок отфильтровывали с отсасыванием на пористом стеклянном фильтре, промывали охлажденным *изо*-PrOH, высушивали в вакуумном эксикаторе. Выход 0.046 г (70%).

Найдено, %: C 57.1; H 8.0; N 4.1.  
Для C<sub>31</sub>H<sub>54</sub>N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub>Zn  
вычислено, %: C 56.8; H 8.3; N 4.3.

**Синтез [Cu(L)Cl<sub>2</sub>] · H<sub>2</sub>O (II).** К раствору 0.052 г (0.1 ммоль) L в 4 мл EtOH постепенно при перемешивании добавляли раствор 0.034 г (0.2 ммоль) CuCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O в 3 мл EtOH. Полученный раствор перемешивали, затем испаряли растворитель до минимально возможного объема (~1–2 мл). Голубой осадок отфильтровывали с отсасыванием на пористом стеклянном фильтре, промывали охлажденным *изо*-PrOH, высушивали в вакуумном эксикаторе. Выход 0.030 г (45%).

Найдено, %: C 55.4; H 8.2; N 4.2.  
Для C<sub>31</sub>H<sub>56</sub>N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>Cl<sub>2</sub>Cu  
вычислено, %: C 55.5; H 8.4; N 4.2.

**Синтез [Zn(L<sup>1</sup>)Cl<sub>2</sub>] · 0.5H<sub>2</sub>O (III).** К раствору 0.050 г (0.1 ммоль) L<sup>1</sup> в 2 мл EtOH постепенно

при перемешивании добавляли раствор 0.014 г (0.1 ммоль) ZnCl<sub>2</sub> в 2 мл EtOH. Полученный раствор перемешивали, затем испаряли растворитель до минимально возможного объема (~1–2 мл). Белый осадок отфильтровывали с отсасыванием на пористом стеклянном фильтре, промывали охлажденным *изо*-PrOH, высушивали в вакуумном эксикаторе. Выход 0.050 г (77%).

Найдено, %: C 55.6; H 8.1; N 4.2.  
Для C<sub>30</sub>H<sub>52</sub>N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub>Zn  
вычислено, %: C 55.4; H 8.1; N 4.2.

**Синтез [Cu(L<sup>1</sup>)Cl<sub>2</sub>] · 0.5H<sub>2</sub>O (IV).** К раствору 0.050 г (0.1 ммоль) L<sup>1</sup> в 4 мл смеси *изо*-PrOH—EtOH (1 : 1 по объему) постепенно при перемешивании добавляли раствор 0.034 г (0.2 ммоль) CuCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O в 2 мл *изо*-PrOH. Полученный раствор перемешивали, затем испаряли растворитель до минимально возможного объема (~1–2 мл). Голубой осадок отфильтровывали с отсасыванием на пористом стеклянном фильтре, промывали охлажденным *изо*-PrOH, высушивали в вакуумном эксикаторе. Выход 0.040 г (60%).

Найдено, %: C 55.9; H 8.3; N 4.3.  
Для C<sub>30</sub>H<sub>53</sub>N<sub>2</sub>O<sub>4.5</sub>Cl<sub>2</sub>Cu  
вычислено, %: C 55.6; H 8.2; N 4.3.

Монокристаллы соединения I, пригодные для РСА, выращивали медленным испарением раствора, полученного при синтезе комплекса I.

Микроанализы на C, H, N выполняли на анализаторе Euro EA 3000. ИК-спектры регистрировали в области 4000–80 см<sup>-1</sup> на ИК-Фурье-спектрометрах ScimitarFTS 2000 и Vertex 80. Образцы готовили прессованием с KBr для области 4000–

**Таблица 1.** Кристаллографические характеристики, детали эксперимента и уточнения структуры комплекса I

Параметр	Значение
<i>M</i>	655.03
Сингония	Триклинная
Пр. гр.	$P\bar{1}$
<i>a</i> , Å	6.5682(7)
<i>b</i> , Å	7.3866(7)
<i>c</i> , Å	18.728(2)
$\alpha$ , град	99.495(3)
$\beta$ , град	91.224(3)
$\gamma$ , град	114.96(1)
<i>V</i> , Å <sup>3</sup>	808.26(16)
<i>Z</i> ; $\rho$ (выч.), мг/см <sup>3</sup>	1; 1.346
$\mu$ , мм <sup>-1</sup>	0.962
Размеры кристалла, мм	0.22 × 0.13 × 0.06
Область сканирования по $\theta$ , град	4.44 – 61.56
Число измеренных отражений	15343
Число независимых отражений	9454
<i>R</i> <sub>int</sub>	0.0509
Число отражений с $I > 2\sigma(I)$	6544
Число уточняемых параметров	367
GOOF по $F^2$	0.921
<i>R</i> -фактор ( $I > 2\sigma(I)$ )	$R_1 = 0.0526$ , $wR_2 = 0.0729$
<i>R</i> -фактор (по всем $I_{hkl}$ )	$R_1 = 0.0955$ , $wR_2 = 0.0849$
Остаточная электронная плотность (max/min) $e/\text{Å}^3$	0.60/–0.69
Абсолютный структурный параметр	0.046(8)

400 см<sup>-1</sup> и со спектроскопическим полиэтиленом для области 500–80 см<sup>-1</sup>.

Рентгенофазовый анализ (РФА) поликристаллов соединения I проводили на дифрактометре Shimadzu XRD-7000 (CuK $\alpha$ -излучение, Ni-фильтр, диапазон 5°–50° 2 $\theta$ , шаг 0.03° 2 $\theta$ , накопление 1 с). Образцы для исследования готовили следующим образом. Поликристаллы истирали в агатовой ступке в присутствии гептана; полученную суспензию наносили на полированную сторону стандартной кварцевой кюветы; после высыхания гептана образец представлял собой тонкий ровный слой (толщина ~100 мкм). Дифрактограммы индентировали по данным исследования монокристаллов.

**РСА.** Для монокристаллов комплекса I параметры элементарной ячейки и интенсивности рефлексов измерены при низкой температуре (150 К) на автодифрактометре Bruker X8 Apex CCD, оснащенном двухкоординатным детектором, по стандартной методике (MoK $\alpha$ -излучение,  $\lambda = 0.71073$  Å, графитовый монохроматор). Кристаллографиче-

ские характеристики, детали рентгеновского дифракционного эксперимента и уточнение структуры I приведены в табл. 1. Структура решена прямым методом и уточнена полноматричным МНК по  $F^2$  в анизотропном для неводородных атомов приближении по комплексу программ SHELXTL [13]. Позиции всех атомов Н определены из разностных синтезов Фурье и включены в уточнение в изотропном приближении. Значения основных межатомных расстояний и валентных углов приведены в табл. 2.

Полные таблицы координат атомов, длин связей и валентных углов депонированы в Кембриджском банке структурных данных (№ 1875305); deposit@ccdc.cam.ac.uk или [http://www.ccdc.cam.ac.uk/data\\_request/cif](http://www.ccdc.cam.ac.uk/data_request/cif), а также могут быть получены у авторов.

Спектры фотолюминесценции (ФЛ) и возбуждения люминесценции (ВЛ) измеряли на спектрофлуориметре Fluorolog-3 (Horiba Jobin Yvon) с 450 W ксеноновой лампой и двойным монохроматором для поглощения и испускания. Спектры

**Таблица 2.** Основные межатомные расстояния ( $d$ , Å) и валентные углы ( $\omega$ , град) в структуре комплекса I\*

Связь	$d$ , Å	Связь	$d$ , Å
Zn(1)–N(1)	2.047(4)	C(3)–C(26)	1.519(6)
Zn(1)–N(2)	2.057(4)	C(10)–C(19)	1.548(6)
Zn(1)–Cl(1)	2.202(1)	C(13)–C(18)	1.542(6)
Zn(1)–Cl(2)	2.268(1)	C(17)–C(20)	1.531(6)
N(1)–C(30)	1.479(6)	C(20)–C(21)	1.532(7)
N(1)–C(31)	1.485(6)	C(20)–C(22)	1.538(6)
N(1)–C(29)	1.496(5)	C(22)–C(23)	1.540(7)
N(2)–C(27)	1.490(6)	C(23)–C(24)	1.488(7)
N(2)–C(26)	1.493(6)	C(27)–C(28)	1.529(6)
O(1)–C(3)	1.436(5)	C(28)–C(29)	1.526(6)
O(2)–C(12)	1.216(5)	O(3)–C(25)	1.445(6)
O(3)–C(24)	1.343(6)	O(4)–C(24)	1.211(6)
Угол	$\omega$ , град	Угол	$\omega$ , град
N(1)Zn(1)N(2)	101.0(2)	N(1)Zn(1)Cl(2)	108.8(1)
N(1)Zn(1)Cl(1)	115.2(1)	N(2)Zn(1)Cl(2)	103.1(1)
N(2)Zn(1)Cl(1)	110.3(1)	Cl(1)Zn(1)Cl(2)	116.7(1)

\* Длины связей C–C в трех шестичленных циклах изменяются от 1.507(7) до 1.557(6) Å, в пятичленном цикле – от 1.550(6) до 1.567(7) Å.

возбуждения записывали от 300 до 500 нм и корректировали на спектральный диапазон интенсивности лампы. Спектры эмиссии записывали от 400 до 700 нм и корректировали на отклик монохроматоров и детектора с использованием спектров коррекции, предоставляемых изготовителем. Первую и вторую гармонику источника возбуждения блокировали с использованием фильтров.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При взаимодействии хлоридов Zn(II) и Cu(II) с L и L<sup>1</sup> в среде EtOH получены комплексы I–IV с соотношением M : L = 1 : 1. Синтез комплексов Zn(II) проводили при стехиометрическом соотношении исходных реагентов, а для получения комплексов Cu(II) требуется избыток соли металла.

Кристаллическая структура I состоит из изолированных молекул одноядерного комплекса (рис. 1). Атом Zn координирует два атома N бидентатно-хелатного лиганда L, а также два атома Cl в *цис*-положении. В результате координации L замыкается шестичленный хелатный цикл ZnN<sub>2</sub>C<sub>3</sub>, имеющий конформацию кресла: атомы Zn(1) и C(28) отклоняются от плоскости четырех других атомов C на –0.786(4) и 0.732(5) Å соответственно. Полиэдр ZnCl<sub>2</sub>N<sub>2</sub> – искаженный тетраэдр. Значение параметра  $\tau_4$ , характеризующего геометрию координационного полиэдра (КЧ 4), равно 0.91 [14]. Значения длин связей Zn–N, Zn–

Cl и величины валентных углов в I сопоставимы с аналогичными значениями в комплексах Zn(II) с производными алифатических диаминов [15–20]. В молекуле комплекса I стероидный фрагмент состоит из конденсированных алициклов (трех шестичленных (A, B, C) и пятичленного). Три шестичленных цикла имеют общие ребра C(5)–C(10) и C(8)–C(9) (рис. 1). Конформация этих циклов – кресло: атомы C(3) и C(10) в A, C(5) и C(8) в B, C(9) и C(13) в C отклоняются от плоскостей четырех других атомов C на 0.646(5) и –0.656(4), 0.671(5) и –0.654(5), 0.631(5) и –0.780(5) Å соответственно. Циклы A и B в комплексе I находятся в *цис*-сочленении (атом водорода в положении 5 имеет  $\beta$ -конфигурацию). Пятичленный алицикл (D) имеет с шестичленным циклом C общее ребро C(13)–C(14). Конформация цикла D – конверт с отклонением атома C(13) от плоскости четырех других атомов C на –0.651(5) Å.

На рис. 2 представлена проекция кристаллической структуры I на плоскость (010). Молекула комплекса с помощью слабых контактов C $\cdots$ O (C(31) $\cdots$ O(4'') 3.404(7) Å) взаимодействует с трансляционно идентичной молекулой с образованием зигзагообразной цепочки вдоль оси *c*. Изгиб наблюдается между двумя циклами A и B, плоские фрагменты в них располагаются под двугранным углом 81.0(2)°. На элементарную ячейку приходится одна такая цепочка, следующая – трансляционно идентична. Кроме того, кратчайшие расстояния между соседними молекулами

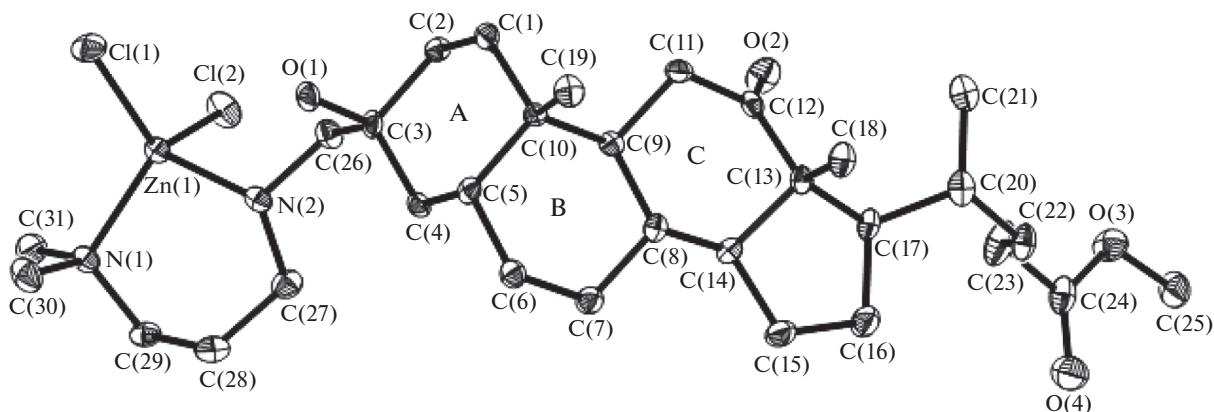


Рис. 1. Строение молекулы комплекса I с нумерацией неводородных атомов, атомы Н опущены для ясности, эллипсоиды представлены с 50%-ной вероятностью.

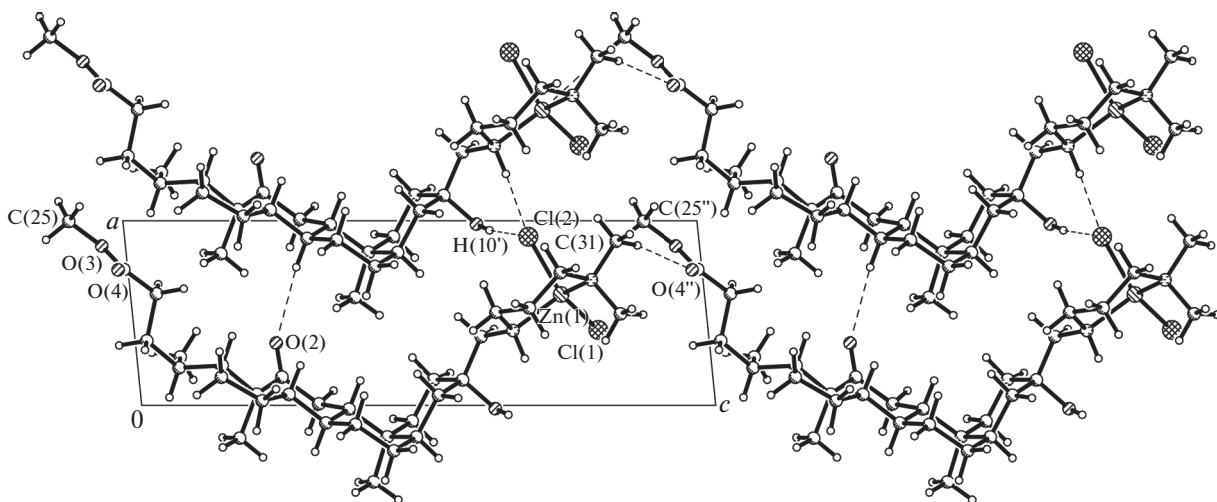


Рис. 2. Упаковка молекул в кристаллической структуре комплекса I в проекции на плоскость (010). Пунктиром показаны межмолекулярные контакты.

находятся на уровне ван-дер-ваальсовых взаимодействий:  $\text{Cl}(2)\cdots\text{O}(1)$  3.298(4) и  $\text{Cl}(2)\cdots\text{N}(2)$  3.371(4) Å. Расстояния  $\text{Zn}\cdots\text{Zn}$  между цепочками составляют 6.5682(7) Å вдоль оси *a* и 7.3866(7) Å по оси *b*.

РФА соединения I показал идентичность монокристалла и синтезированной поликристаллической фазы. Порошковый образец однофазный. Сравнение порошковых дифрактограмм комплексов III и IV, имеющих одинаковый состав, показало изоструктурность кристаллов этих соединений (рис. 3).

В ИК-спектрах L, L<sup>1</sup> и комплексов I–IV идентифицированы полосы, отвечающие колебаниям  $\nu(\text{OH})$ ,  $\nu(\text{NH})$ ,  $\nu(\text{C}=\text{O})$  (табл. 3). По сравнению с ИК-спектрами свободных лигандов L и L<sup>1</sup> в спектрах комплексов I–IV наблюдается низкочастотный сдвиг полосы  $\nu(\text{NH})$ , что свидетельствует о

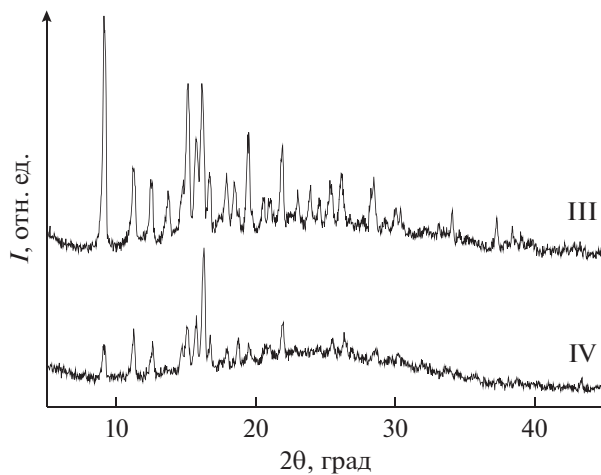


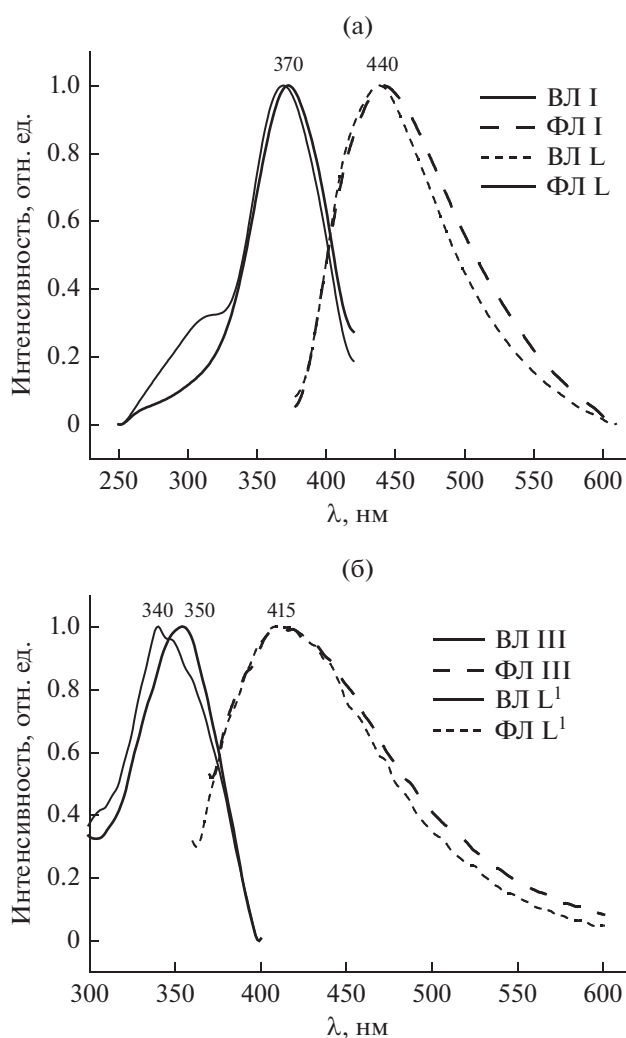
Рис. 3. Дифрактограммы комплексов  $\text{ZnL}^1\text{Cl}_2 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$  (III) и  $\text{CuL}^1\text{Cl}_2 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$  (IV).

**Таблица 3.** Основные колебательные частоты в ИК-спектрах L, L<sup>1</sup> и комплексов I–IV

Отнесение	см <sup>-1</sup>					
	L	I	II	L <sup>1</sup>	III	IV
$\nu(\text{OH})$	3440 пл, 3375 пл	3483	3450 пл, 3390 пл, 3325 пл	3500, 3386	3442	3388
$\nu(\text{NH})$	3246	3241	3169	3278	3228	3168
$\nu(\text{C=O})$	1740, 1697	1737, 1670	1739, 1705	1737, 1699	1737, 1704	1736, 1704
$\nu(\text{M–N})$		458	490		466	474
$\nu(\text{M–Cl})$		332, 282	367, 337		331, 283	349, 311

координации донорной группы NH. Эти данные согласуются с PCA для комплекса I. Незначительные изменения положения полос  $\nu(\text{OH})$  и  $\nu(\text{C=O})$  говорят об отсутствии координационных

связей с участием данных функциональных групп в комплексах I–IV и вызваны, по-видимому, наличием другой системы межмолекулярных контактов в структурах комплексов по сравнению с L и L<sup>1</sup>. В диапазоне 600–100 см<sup>-1</sup> в ИК-спектрах I–IV обнаружены полосы, относящиеся к  $\nu(\text{M–Cl})$  и  $\nu(\text{M–N})$  (табл. 3). Положение этих полос близко к положению аналогичных полос в ИК-спектре одноядерного комплекса хлорида Zn(II) с 2,2'-диметилпропан-1,3-диамином, имеющего, по данным PCA, тетраэдрический координационный полиэдр ZnN<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> [15]. Следовательно, на основании данных ИК-спектроскопии можно предположить, что строение комплексов II–IV подобно строению одноядерного комплекса I с координационным узлом MN<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, который образуется за счет координации атомов N бидентатно-циклических аминопроизводных дезоксихоловой кислоты.



**Рис. 4.** Нормированные спектры возбуждения люминесценции и фотолюминесценции твердых фаз соединений L, I (а) и L<sup>1</sup>, III (б) ( $\lambda_{\text{возб.}}$  = 370 и 350 нм соответственно).

В спектрах ВЛ твердых образцов L и I (рис. 4а) имеется полоса в видимой области спектра с  $\lambda_{\text{max}} = 370$  нм. В спектрах ВЛ соединений L<sup>1</sup> и III наблюдается полоса с положением максимума при 340 и 350 нм соответственно (рис. 4б). На основании этих данных мы выбрали длины волн возбуждения, равные 370 нм для записи спектров ФЛ L, I и 350 нм – для L<sup>1</sup>, III. Положения максимумов полос в спектрах ФЛМ свободного лиганда L и комплекса I совпадают и находятся при 440 нм. Подобный характер спектров ФЛ наблюдается и для соединений L<sup>1</sup> и III с  $\lambda_{\text{max}}$  при 415 нм. Полученные данные свидетельствуют об отсутствии влияния комплексообразования с ионами Zn<sup>2+</sup> на люминесцентные свойства L и L<sup>1</sup>.

В результате проведенного исследования показана возможность получения координационных соединений металлов с аминопроизводной дезоксихоловой кислоты. Синтезированы одноядерные комплексы Zn(II) и Cu(II) с диаминопропилен- и диаминоэтиленпроизводными дезоксихоловой кислоты. Методом PCA, РФА и ИК-спектроскопии установлено строение новых соединений, изучены люминесцентные свойства L, L<sup>1</sup>, I, III.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках государственного задания Института неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН в области фундаментальных научных исследований.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семенов А.А. Очерки химии природных соединений. Новосибирск: Наука, 2000. 664 с.
2. Толстикова Т.Г., Толстиков А.Г., Толстиков Г.А. Лекарства из растительных веществ. Новосибирск: Гео, 2010. 214 с.
3. *Zimber A., Gespach C.* // *Anticancer Agents Med. Chem.* 2008. V. 8. № 5. P. 540.
4. Попадюк И.И., Саламатина О.В., Салахутдинов Р.Ф. // *Успехи химии.* 2017. Т. 86. № 5. С. 388.
5. *Sharma R., Majer F., Peta V.K. et al.* // *Bioorg. Med. Chem.* 2010. V. 18. P. 6886.
6. *Popadyuk I.I., Markov A.V., Salomatina O.V. et al.* // *Bioorg. Med. Chem.* 2015. V. 23. P. 5022.
7. *Chakrabarty A., Chatterjee S., Maitra U.* // *J. Mater. Chem. C.* 2013. V. 1. P. 2136.
8. *Tripathi K., Kumar D.A.J., Siva T.* // *Orient. J. Chem.* 2010. V. 26. № 3. P. 983.
9. *Shaheen F., Ali S., Rosario S., Shah N.A.* // *J. Coord. Chem.* 2014. V. 67. № 10. P. 1851.
10. *Lampronti I., Bianchi N., Zuccato C. et al.* // *Bioorg. Med. Chem.* 2006. V. 14. P. 5204.
11. *Barbara C., Orlandi P., Bocci G. et al.* // *Eur. J. Pharm.* 2006. V. 549. P. 27.
12. *Popadyuk I.I., Markov A.V., Babich V.O. et al.* // *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 2017. V. 27. P. 3755.
13. *Sheldrick G.M.* // *Acta Crystallogr. A.* 2008. V. 64. P. 112.
14. *Yang L., Powell D.R., Houser R.P.* // *Dalton Trans.* 2007. № 9. P. 955.
15. *Cariati F., Ciani G., Menabue L. et al.* // *Inorg. Chem.* 1983. V. 22. P. 1897.
16. *Li Y., Lai Y.-H., Mok K.F., Drew M.G.B.* // *Inorg. Chim. Acta.* 1999. V. 285. P. 31.
17. *Costas M., Anda C., Llobet A. et al.* // *Eur. J. Inorg. Chem.* 2004. P. 857.
18. *Nayab S., Jeong J.H.* // *Polyhedron.* 2013. V. 59. P. 138.
19. *Metz A., Plothe R., Glowacki B. et al.* // *Eur. J. Inorg. Chem.* 2016. P. 4974.
20. *Lee Y.-M., Kwon M.-A., Kang S. K. et al.* // *Inorg. Chem. Commun.* 2003. V. 6. P. 197.