

КООРДИНАЦИОННЫЕ
СОЕДИНЕНИЯ

УДК 548.73+546.94

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ МОНОМЕРНЫХ ОКТАЭДРИЧЕСКИХ
МОНООКСОКОМПЛЕКСОВ d^2 -РЕНИЯ(V) $[\text{ReO}(\text{L}^n)_2(\text{L}_{\text{моно}})]$ С АТОМАМИ
КИСЛОРОДА БИДЕНТАТНО-ХЕЛАТНЫХ ЛИГАНДОВ O, N (L^n). ЧАСТЬ 1.
КОМПЛЕКСЫ С ПЯТИЧЛЕННЫМИ МЕТАЛЛОЦИКЛАМИ ReNC_2O

© 2019 г. В. С. Сергиенко^{1, 2, *}

¹Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН,
Россия, 119991 Москва, Ленинский пр-т, 31

²Всероссийский институт научной и технической информации РАН,
Россия, 125190 Москва, ул. Усиевича, 20

*e-mail: sergienko@igic.ras.ru

Поступила в редакцию 30.11.2017 г.

После доработки 15.07.2018 г.

Принята к публикации 15.08.2018 г.

Рассмотрены особенности строения 14 моноядерных октаэдрических монооксокомплексов d^2 -Re(V) с однозарядными атомами кислорода бидентатно-хелатных (O, N) лигандов (L^n) — $[\text{ReO}(\text{L}^n)_2(\text{L}_{\text{моно}})]$ ($\text{L}_{\text{моно}}$ — монодентатный лиганд), содержащих пятичленные металлоциклы ReNC_2O . Атомы O(L^n) находятся в *транс*-положениях к лигандам O(оксо).

Ключевые слова: кристаллическая структура, рентгеноструктурный анализ, октаэдрические монооксокомплексы d^2 -Re, бидентатно-хелатные (O, N) лиганды

DOI: 10.1134/S0044457X19030188

Особенности строения мономерных октаэдрических комплексов (МОК) d^0 -, d^2 -металлов V–VII групп (Nb, V, Mo, W, Re, Tc) с кратносвязанными лигандами O(оксо) подробно изложены в [1–7]. Для d^2 -Re(V) методом РСА определена кристаллическая структура более пятисот комплексов (см. Кембриджский банк структурных данных (КБСД), версия 5.37, февраль 2017 г. [8]). Большинство из них — МОК $\text{ReO}_{\text{оксо}}\text{O}(\text{Lig})_{\text{транс}}$ — с атомами кислорода моно- и полидентатных лигандов в *транс*-позициях к оксолигандам. Ранее мы опубликовали ряд обзорных статей по МОК d^2 -Re(V) с атомами галогенидов [9], азота [10], серы и водорода [11], кислорода монодентатных ацидолигандов (гидроксо- [12], алкокси- (метокси- [13], этокси- [14], пропокси- [15]), OR^{n-} ($n = 1, 2$; R = Ph, Cy, $\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}$, $\text{C}_6\text{H}_4\text{OMe}$, $\text{P}(\text{O})(\text{OMe})_2$, $\text{C}(\text{O})(\text{CF}_3)$, $\text{OSMe}(\text{CF}_3)_2$, BF_3) [16], OER^{n-} ($n = 1, 2$; E = Si, B, S; R = Me_3 , F_3 , O_2CF_3) [17]) и бидентатно-хелатных (O, O) [18], (O, S) и (O, C) [19], (O, P) [20] однозарядных лигандов, а также нейтральных кислородсодержащих лигандов (молекул воды [21], фосфин- и арсиноксидных OER_3 (E = P, As; $\text{R}_3 = \text{Ph}_3$, PhEt_2) [22], молекул OR' (ДМФ, $\text{R}''\text{OH}$ ($\text{R}'' = \text{Me}$, Et, Pr), L ($\text{ON}_4\text{C}_6 \cdot \text{C}_6\text{H}_{10}$, $\text{O}^-(\text{C}_6\text{H}_3\text{MeCH}_2\text{NH}^+\text{Et}_2)$, $\text{O}^-(\text{NH}^+\text{C}_3\text{H}_4)$) [23] в

транс-позициях к кратносвязанным лигандам O(оксо). Нами опубликованы также обзорные статьи по особенностям строения МОК d^0 -Re(VII) [24] и d^0 -, d^2 -технеция(V, VII) [25].

Структурное проявление трансвлияния кратносвязанного лиганда O(оксо) — удлинение противолегающей связи $\text{Re}-\text{L}_{\text{транс}}$ — определяется параметром Δ (разность длин одноименных связей ($\text{Re}-\text{L}_{\text{транс}}$) — ($\text{Re}-\text{L}_{\text{цис}}$)). Если же в конкретной структуре отсутствуют лиганды одного сорта и в *транс*-, и в *цис*-положениях к оксолиганду, мы используем параметр ($\text{Re}-\text{L}_{\text{транс}}$) — ($\text{Re}-\text{L}(\text{CT})$), где CT — среднестатистическое стандартное расстояние Re(V) с атомом лиганда того же сорта, что и $\text{L}_{\text{транс}}$. В качестве параметра $\text{Re}-\text{O}(\text{CT})$ мы приняли (как и в [4]) величину 2.04 Å.

Ранее мы опубликовали две обзорные статьи об особенностях кристаллической структуры $[\text{ReO}(\text{L}^n)(\text{L}_{\text{моно}})_3]$ (L^n — бидентатно-хелатные кислородсодержащие (O, N), а $\text{L}_{\text{моно}}$ — монодентатные лиганды), содержащей пяти-, шести- и семи-членные металлоциклы ReNC_2O [26], ReNC_3O и ReNC_4O [27]. В настоящей статье рассмотрены особенности строения 14 мономерных октаэдрических монооксокомплексов $[\text{ReO}(\text{L}^n)_2(\text{L}_{\text{моно}})]$, содержащих, за одним исключением, два оди-

наковых лиганда L^n и один $L_{\text{моно}}$. Первые из них в кристаллической структуре комплексов $\text{ReO}(\text{оксо})^{3+}$ по преимуществу выполняют бидентатно-хелатную функцию с ацидоатомом кислорода $\text{O}(L^n)$ в *транс*-позиции к оксолиганду. В трех исключениях – комплексах $[\text{ReO}(L^n)_2(L_{\text{моно}})]$ с пятичленными хелатными циклами ReNC_2O – *транс*-позиции к $\text{O}(\text{оксо})$ занимают лиганды $L_{\text{моно}}$ (Cl^- , OMe^-). Отметим, что во всем массиве структур с пятичленными хелатными кольцами реализуются два геометрических изомера: одноименные атомы азота и кислорода двух лигандов L^n располагаются либо в *транс*(N,N), *цис*(O,O)-, либо в *цис*(N,N), *цис*(O,O)-позициях друг к другу (далее *транс*(N,N)- и *цис*(N,N)-изомеры, поскольку атомы $\text{O}(L^n)$ всегда расположены в *цис*-положении друг к другу).

Основные длины связей в структурно исследованных 14 комплексах приведены в табл. 1.

Во всех рассмотренных комплексах (как и в содержащих аналогичные пятичленные металлоциклы (МЦ) в соединениях $[\text{ReO}(L^n)(L_{\text{моно}})_3]$ [26, 27]) в однозарядных лигандах $(L^n)^-$ пятичленные хелатные кольца $\text{Re}-\text{N}(1)-\text{C}(1)-\text{C}(2)-\text{O}$ включены по связям $\text{N}-\text{C}$ ($\text{N}-\text{C}$, $\text{C}-\text{C}$) в бициклические (трициклические) системы.

I. Комплекс $[\text{ReO}(L^1)_2\text{Cl}]$ с бициклами, сочлененными по связям $\text{N}(1)-\text{C}(1)$

В структуре $[\text{ReO}(L^1)_2\text{Cl}]$ (I) [28] (рис. 1) бициклическая система 2-(оксиметил)пиридин $\text{C}_5\text{H}_4\text{NCH}_2\text{O}$ (L^1) включает пятичленный пиридиновый цикл NC_5H_4 . Атом рения смещен из гофрированной экваториальной плоскости ($\pm 0.12 \text{ \AA}$) Cl , O , N_2 ($\Pi_{\text{эвк}}$) к оксолиганду ($\Delta_{\text{Re}} = 0.200 \text{ \AA}$). Практически плоский ($\pm 0.055 \text{ \AA}$) металлоцикл MЦ_1 почти нормален относительно $\Pi_{\text{эвк}}$ (двугранный угол 3.8°). Второй металлоцикл MЦ_2 более гофрирован ($\pm 0.144 \text{ \AA}$) и составляет с $\Pi_{\text{эвк}}$ двугранный угол 16.2° . Связи $\text{Re}-\text{N}(L^1)$ в структуре I (средн. 2.140 \AA) попадают в широкий интервал значений $2.02-2.41 \text{ \AA}$ (средн. 2.17 \AA) для 62 структур (КБСД, 2005 г.) [8]. Связи $\text{Re}-\text{O}(L^1)$ в I (средн. 1.94 \AA) сходны с типичными значениями $\text{Re}-\text{O}(\text{фенолят})$ [29].

II. Комплексы $[\text{ReO}(L^n)_2(L_{\text{моно}})]$ с бициклами, сочлененными по связям $\text{N}(1)-\text{C}(1)$, и с заместителями при атомах $\text{C}(2)$

Известна кристаллическая структура четырех комплексов указанного в заголовке главы II типа.

Сходное с I строение имеет комплекс $[\text{Re}(L^2)_2(\text{Me})]$ (II) [30]. Лиганд L отличается от L^1 наличием заместителя – карбонильного атома

кислорода при атоме $\text{C}(2)$ (L^2 – 2-пиколилат, $\text{NC}_5\text{H}_4\text{C}(\text{O})\text{O}$). В структуре II следует отметить редкий случай заметного расхождения длины связей $\text{Re}-\text{N}(L^n)$ с разными *транс*-партнерами: $2.113(9)$ и $2.163(9) \text{ \AA}$ в *транс*-позициях соответственно к $\text{Re}-\text{C}(\text{Me})$ и $\text{Re}-\text{O}(L^2)$.

Кристаллы двух комплексов $[\text{ReO}(L^n)_2\text{Cl}]$, содержащих пиколилатный $\text{NC}_5\text{H}_4\text{C}(\text{O})\text{O}$ (III) [31] ($n = 3$) и 3-гидроксипиколилатный $\text{NC}_5\text{H}_3(\text{OH})\text{C}(\text{O})\text{O}$ (IV) [32] ($n = 4$) лиганды, различаются только наличием во втором из них гидроксизаместителя R в позиции 4 пиридинового цикла. В этих двух соединениях к атомам $\text{N}(1)$, $\text{C}(1)$ приконденсирован пиридиновый цикл $\text{NC}_5\text{H}_3\text{R}$ (R = H в III и OH в IV), к атому $\text{C}(2)$ – атом O(карбонил). В комплексах I–IV атомы азота и кислорода двух лигандов L^n располагаются попарно в *цис*-позициях друг к другу. Такой же геометрический изомер реализуется в комплексной молекуле соединения $[\text{ReO}(L^5)_2\text{Cl}] \cdot \text{CH}_2\text{Cl}_2$ (V) [33] (рис. 1). Как и в комплексах I–IV, в молекуле V к металлоциклу ReNC_2O по связи $\text{N}(1)-\text{C}(1)$ приконденсирован Py-цикл. С атомом $\text{C}(2)$ пиридилалкоголятного лиганда 9-(2-пиридил)флуорен-9-олато $\text{NC}_5\text{H}_4\text{C}(\text{C}_6\text{H}_4)_2\text{O}$ связан бициклический заместитель $(\text{C}_6\text{H}_4)_2$. Для комплексной молекулы $[\text{ReO}(L^5)_2\text{Cl}]$ соединения V с типичным расположением атома кислорода одного из лигандов L^5 в *транс*-положении к оксолиганду есть другой геометрический изомер с хлоролигандом в *транс*-позиции к $\text{O}(\text{оксо})$ [32]. В структуре V, как и в II, можно отметить существенную разницу длины связей $\text{Re}-\text{N}(L^n)$: $2.110(3)$ и $2.161(3) \text{ \AA}$ в *транс*-позициях соответственно к $\text{Re}-\text{Cl}$ и $\text{Re}-\text{O}(L^5)$.

III. Комплексы $[\text{ReO}(L^n)_2(L_{\text{моно}})]$ с трициклами, сочлененными по связям $\text{N}(1)-\text{C}(1)$ и $\text{C}-\text{C}$

В структурах $[\text{ReO}(L^6)_2(\text{Py})\text{Cl}] \cdot \text{H}_2\text{O}$ (VI) (рис. 1) [34], $[\text{ReO}(L^7)_2\text{Cl}]$ (VII) [35] и $[\text{ReO}(L^8)(\text{Me})]$ (два независимых исследования: (VIII) [29] и (VIIIa) [36]) в лигандах L^n – моноанионах 1Н-(бензимидазол-2-ил)метанолато ($n = 6$) $\text{NC}_6\text{H}_4\text{N}(\text{H})\text{CCH}_2\text{O}$, 1Н-бензимидазол-2-карбонной кислоты ($n = 7$) $\text{NC}_6\text{H}_4\text{O}(\text{H})\text{C}(\text{O})\text{CO}$ и 8-гидроксихинолина ($n = 8$) NC_8H_6 – металлоциклы ReNC_2O сочленены по связям $\text{N}(1)-\text{C}(1)$, $\text{C}(1)-\text{C}(2)$ с бензимидазольными бициклами. В структуре VIII, как и в I–IV, реализуется *цис*(N,N)-, а в VI и VII, наоборот, *транс*(N,N)-изомер. Структурные единицы кристалла VI – комплексные катионы $[\text{ReO}(L^5)_2(\text{Py})]^+$, анионы хлора и кристаллизационные молекулы воды – объединены разветвленной сеткой водородных связей (BC) $\text{N}-\text{H}\dots\text{Cl}$, $\text{N}-\text{H}\dots\text{O}$, $\text{O}-\text{H}\dots\text{Cl}$, $\text{C}-$

Таблица 1. Основные геометрические параметры (Å) мономерных октаэдрических монооксокомплексов $[\text{ReO}(\text{L}^n)_2(\text{L}_{\text{МОНО}})]$ с бидентатно-хелатными (O, N) лигандами (L^n) ($n = 1-13$), содержащими пятичленные металлоциклы ReNC_2O , и с атомами $\text{O}(\text{L}^n)$ в *транс*-позициях к $\text{O}(\text{оксо})$; $\text{L}_{\text{МОНО}}$ – монодентатный лиганд

№ соединения	Соединение	Re=O	Re–L _{лиц}	Re–O(L ⁿ) _{транс}	Δ, (Δ')	Литература
I	$[\text{ReO}(\text{L}^1)_2\text{Cl}]$	1.693(4)	1.940(5) O(L ¹) 2.140(6) ± 0.021 N(L ¹) 2.396(1) Cl	1.943(4)	0.003	[28]
II	$[\text{ReO}(\text{L}^2)_2(\text{Me})]$	1.662(8)	2.014(8) O(L ²) 2.138(9) ± 0.025 N(L ²) 2.11(1)C(Me)	2.100(7)	0.086	[30]
III	$[\text{ReO}(\text{L}^3)_2\text{Cl}]$	1.658(5)	1.996(5) O(L ³) 2.111(6) ± 0.011 N(L ³) 2.366(2) Cl	2.037(6)	0.041	[31]
IV	$[\text{ReO}(\text{L}^4)_2\text{Cl}]$	1.65(1)	2.00(1) O(L ⁴) 2.125(2) ± 0.025 N(L ⁴) 2.354(6) Cl	2.04(1)	0.04	[32]
V	$[\text{ReO}(\text{L}^5)_2\text{Cl}] \cdot \text{CH}_2\text{Cl}_2$	1.696(3)	1.933(2) O(L ⁵) 2.136(3) ± 0.026 N(L ⁵) 2.392(1) Cl	1.966(3)	0.033	[33]
VI	$[\text{ReO}(\text{L}^6)_2(\text{Py})]\text{Cl} \cdot \text{H}_2\text{O}$	1.675(3)	1.937(3) O(L ⁶) 2.105(4) ± 0.046 N(L ⁶) 2.153(4) N(Py)	1.973(3)	0.034	[34]
VII	$[\text{ReO}(\text{L}^7)_2\text{Cl}]$	1.670	2.096 O(L ⁷) 2.108 ± 0.036 N(L ⁷) 2.460 Cl	2.071	–0.025	[35]
VIII	$[\text{ReO}(\text{L}^8)_2(\text{Me})]$	1.677(4)	1.986(4) O(L ⁸) 2.164(4) ± 0.038 N(L ⁸) 2.111(6) C(Me)	2.037(4)	0.051	[36]
VIIIa	$[\text{ReO}(\text{L}^8)_2(\text{Me})]$	1.658(5)	2.003(4) O(L ⁸) 2.126(4) ± 0.026 N(L ⁸) 2.128(7) C(Me)	2.094(4)	0.091	[36]
IX	$[\text{ReO}(\text{L}^9)_2\text{Cl}] \cdot \text{MeOH}$	1.674(3)	1.974(3) O(L ⁹) 2.117(4) ± 0.009 N(L ⁹) 2.351(1) Cl	2.039(3)	0.065	[37]
X	$\text{ReO}(\text{L}^9)_2(\text{OMe})]$	1.678(3)	1.988(3) O(L ⁹) 2.130(3) ± 0.007 N(L ⁹) 1.942(3) O(OMe)	2.065(3)	0.077	[37]
XI	$[\text{ReO}(\text{L}^{10})_2\text{Br}]$	1.660(6)	1.962(5) O(L ¹⁰) 2.171(6) ± 0.010 N(L ¹⁰) 2.4773(10) Br	2.068(5)	0.106	[38]
XII	$[\text{ReO}(\text{L}^{10})_2\text{Cl}] \cdot \text{MeCN}$	1.666(3)	1.993(2) O(L ¹⁰) 2.172(3) ± 0.001 N(L ¹⁰) 2.3345(9) Cl	2.017(2)	0.024	[38]

Таблица 1. Окончание

№ соединения	Соединение	Re=O	Re–L _{цис}	Re–O(L ⁿ) _{транс}	Δ, (Δ')	Литература
XIII	[ReO(L ¹¹) ₂ (PPh ₃)]Cl	1.697(4)	2.043(5) O(L ¹¹) 2.063(6) ± 0.048 N(L ¹¹) 2.462(2) P	2.039(6)	–0.004	[39]
XIV	[ReO(L ¹²)(L ¹³)Cl]	1.69(1)	1.948(7) O(L ¹²) 2.159(8) ± 0.003 N(L ¹² , L ¹³) 2.360(3) Cl	2.023(8) O(L ¹³)	0.075	[43]

Условные обозначения лигандов (Lⁿ)[–] (n = 1–13): L¹ = NC₅H₄CH₂O, L² = NC₅H₄C(O)O, Lⁿ = NC₅H₃RC(=O)O (R = H, n = 3, R = OH, n = 4), L⁵ = NC₅H₄C(C₆H₄)₂O, L⁶ = NC₆H₄N(H)CCH₂O, L⁷ = NC₆H₄O(H)C(O)C(O), L⁸ = NC₈H₆, L⁹ = NC₉H₆C(=O)O, L¹⁰ = NC₉H₄(Me)(COOH)O, L¹¹ = N(H₂)CN(CH₂)₃COH, L¹² = NC₅H₃(CH₂OH)O, L¹³ = NC₉H₆O.

H...O в 2D-слои (H...Cl 2.25 и 2.61, H...O 2.10–2.58, N...Cl 3.104, N...O 2.911, O...Cl 2.951, C...O 2.885–3.473 Å, углы NHCl 170°, NHO 158°, OHCl 109°, OHO 111°–154°). Отмечается низкая точность рентгеновского эксперимента структуры VII. Координаты атомов структур VII, VIII не включены в КБСД.

IV. Комплексы [ReO(Lⁿ)₂(L_{моно})] с трициклами, сочлененными по связям N(1)–C(1), C–C, и с заместителями O(карбонил) при атомах C(2)

В кристаллах [ReO(L⁹)Cl] · MeOH (IX) [36] (рис. 1) и [ReO(L⁹)(OMe)] (X) [37] комплексные молекулы различаются только монодентатным лигандом: Cl в IX и OMe в X. Трициклические системы в изохинолин-2-карбоксилатных лигандах L⁹ (NC₉H₆C(=O)O) образованы сочленением пятичленных металлоциклов по связям N(1)–C(1) с бициклами NC₉H₃. Два изохинолинкарбоксилатных лиганда L⁹ (NC₉H₆) содержат трициклическую систему, в которой металлоцикл ReNC₂O соединен по связи N(1)–C(1) с бициклом NC₉H₆. В обеих структурах реализуется *транс*(N,N)-изомер. Авторы [37] отмечают необычность расположения метоксолиганда в структуре X в *цис*-, а не в *транс*-позиции (как обычно) к кратносвязанному оксолиганду.

V. Комплексы [ReO(Lⁿ)₂(L_{моно})] с трициклическими лигандами Lⁿ; циклы сочленены по связям N(1)–C(1) и C(1)–C(2)

Известна кристаллическая структура двух комплексов [ReO(L¹⁰)₂(Hal)] [38], где Hal = Br (XI) (рис. 1) и Cl (XII, сольват 1 : 1 с MeCN). В трициклическом лиганде L¹⁰ – моноанионе 8-гидрокси-2-метилхинолин-7-карбоновой кислоты – хелатный цикл ReNC₂O сочленен по связям N(1)–C(1), C(1)–C(2) с бициклическим заме-

щенным 8-гидрокси-2-метилхинолилатным лигандом NC₉H₄(Me)(COOH)O. В обеих структурах имеет место *цис*(N,N)-изомер. В структуре XI, XII параметр Δ_{Re} равен соответственно 0.324, 0.292 Å. Структура обоих комплексов стабилизирована сеткой меж- и внутримолекулярных ВС O–H...O (в XI O...O 2.569 и 2.629 Å, углы OHO 143° и 160°; в XII O...O 2.552 и 2.629 Å, углы OHO 153° и 173°) и C–H...O (в XI, X C...O 2.729–3.391 Å, углы CHO 100°–171°).

VI. Комплекс [ReO(L¹¹)₂(PPh₃)]Cl с бициклами, сочлененными по связям C(1)–C(2)

В структуре [Re(L¹¹)(PPh₃)]Cl (XIII) [39] (рис. 1) (HL¹¹ – 2-амино-3-гидрокси-пиридин N(H₂)CN(CH₂)₃COH) бицикл, образованный металлоциклом ReNC₃O по связи C(1)–C(2), включает пиридиновое кольцо. Параметр Δ_{Re} = 0.252 Å. Одна из неравноценных по длине связей Re–N(L¹¹) в структуре XIII (2.015 и 2.110 Å) выходит за нижнюю границу интервала расстояний Re–N(H₂) 2.10–2.22 Å [40, 41]. Обе связи Re–O(L¹¹), *транс* и *цис* (2.039 и 2.043 Å), типичны для расстояний Re–O(фенолят) 2.015–2.097 Å [42]. В данной структуре реализуется *транс*(N,N)-изомер. Двугранный угол между плоскостями Р-циклов равен 88.42°.

VII. Комплекс [Re(L¹²)(L¹³)Cl] с двумя бидентатно-хелатными (N, O) лигандами разного состава

В единственном комплексе [Re(L¹²)(L¹³)Cl] (XIV) [43] (рис. 1) два лиганда, содержащих пятичленные металлоциклы ReNC₂O, имеют разный состав. Бициклический лиганд L¹² – 2-(оксиметил-6-гидроксиметил)пиридин NC₅H₃(CH₂OH)O – образован сочленением металлоцикла ReNC₂O и оксиметилзамещенного пиридинового кольца

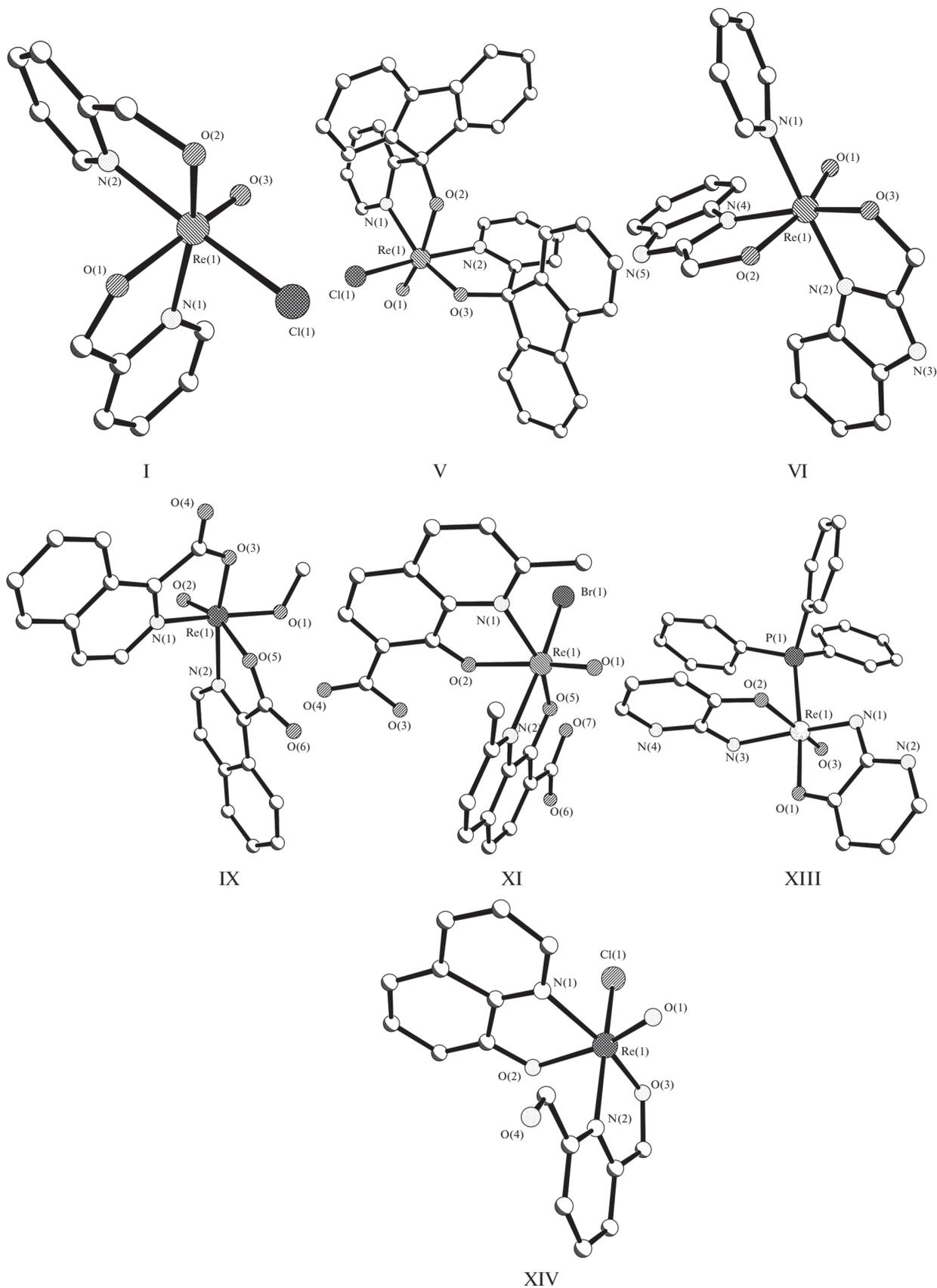


Рис. 1. Структура комплексов I, V, VI, IX, XI, XIII, XIV.

по связи N(1)–C(1), трициклический 8-оксидинолиновый лиганд $L^{13} = NC_9H_6O$ – формирование связей N(1)–C(1), C(1)–C(2) металлоцикла и бицикла NC_9H_6 . Параметр $\Delta_{Re} = 0.23 \text{ \AA}$. В данной структуре реализуется *цис*(N, N)-изомер. *Транс*-позицию к оксолиганду занимает атом O(2) лиганда L^{13} . Двугранный угол между плоскостями квазиортогональных металлоциклов лигандов L^{12} , L^{13} составляет 81.0° .

БЛАГОДАРНОСТЬ

Автор признателен А.В. Чуракову за помощь в выборке данных из КБСД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Порай-Кошиц М.А., Гилинская Э.А.* Кристаллохимия. М.: ВИНТИ, Итоги науки и техники. 1966. С. 126.
2. *Порай-Кошиц М.А., Атовмян Л.О.* // Коорд. химия. 1975. Т. 1. С. 1271.
3. *Griffith F., Wicing C.* // J. Chem. Soc. A. 1968. P. 379.
4. *Порай-Кошиц М.А.* // Изв. Югосл. кристаллогр. центра. 1974. Т. 9. С. 19.
5. *Порай-Кошиц М.А., Атовмян Л.О.* Кристаллохимия коорд. соед. молибдена. М.: Наука, 1974. 231 с.
6. *Shustorovich E.M., Porai-Koshits M.A., Buslaev Yu.A.* // Coord. Chem. Rev. 1975. V. 17. P. 1.
7. *Порай-Кошиц М.А., Сергиенко В.С.* // Успехи химии. 1990. Т. 59. С. 86.
8. *Allen F.H.* // Acta Crystallogr. 2002. V. 58B. P. 380.
9. *Сергиенко В.С., Чураков А.В.* // Кристаллография. 2014. Т. 59. С. 685.
10. *Сергиенко В.С., Чураков А.В.* // Кристаллография. 2015. Т. 60. С. 365.
11. *Сергиенко В.С.* // Журн. неорган. химии. 2014. Т. 59. № 4. С. 457.
12. *Сергиенко В.С.* // Журн. неорган. химии. 2014. Т. 59. № 10. С. 1338.
13. *Sergienko V.S., Churakov A.V.* // Russ. J. Inorg. Chem. 2014. V. 59. № 13. P. 1683.
14. *Sergienko V.S., Churakov A.V.* // Russ. J. Inorg. Chem. 2014. V. 59. № 14. P. 1715.
15. *Сергиенко В.С.* // Журн. неорган. химии. 2015. Т. 60. № 3. С. 333.
16. *Сергиенко В.С.* // Журн. неорган. химии. 2015. Т. 60. № 6. С. 758.
17. *Сергиенко В.С.* // Журн. неорган. химии. 2016. Т. 61. № 11. С. 1461.
18. *Sergienko V.S., Churakov A.V.* // Russ. J. Inorg. Chem. 2016. V. 61. № 14. P. 1708.
19. *Сергиенко В.С.* // Журн. неорган. химии. 2017. Т. 62. № 6. С. 766.
20. *Сергиенко В.С., Чураков А.В.* // Журн. неорган. химии. 2017. № 10. Т. 62. С. 1043.
21. *Сергиенко В.С.* // Журн. неорган. химии. 2014. Т. 59. № 7. С. 957.
22. *Sergienko V.S.* // Russ. J. Inorg. Chem. 2015. V. 60. № 14. P. 1723.
23. *Сергиенко В.С., Чураков А.В.* // Журн. неорган. химии. 2016. Т. 61. № 7. С. 873.
24. *Сергиенко В.С., Чураков А.В.* // Кристаллография. 2014. Т. 59. С. 341.
25. *Сергиенко В.С., Чураков А.В.* // Кристаллография. 2013. Т. 58. С. 3.
26. *Сергиенко В.С., Чураков А.В.* // Журн. неорган. химии. 2018. Т. 63. № 3. С. 401.
27. *Сергиенко В.С., Чураков А.В.* // Журн. неорган. химии. 2018. Т. 63. № 6. С. 718.
28. *Gerber T.I.A., Luzipo G., Mayer P.* // J. Chem. Cryst. 2005. V. 35. P. 39.
29. *Gerber T.I.A., Perils J., Bandoli J. et al.* // J. Coord. Chem. 1996. V. 39. P. 290.
30. *Shan X., Ellern J.* // Inorg. Chem. 2002. V. 41. P. 7136.
31. *Chattopadhyay S., Fanwick P.E., Walton R.A.* // Inorg. Chem. Commun. 2003. V. 6. P. 1358.
32. *Gatto S., Gerber I.A., Bandoli G. et al.* // Inorg. Chim. Acta. 1998. V. 269. P. 235.
33. *Lobmaier G.M., Frey G.D., Dewhurst R.D. et al.* // Organomet. 2007. V. 26. P. 6290.
34. *Machura B., Wolff M., Pencala M.* // Polyhedron. 2012. V. 44. P. 156.
35. *Machura B., Kruszynski R.* // Polyhedron. 2007. V. 26. P. 3686.
36. *Delofire A., Halut S., Salles L. et al.* // J. Chem. Soc., Dalton Trans. 1999. P. 2897.
37. *Machura B., Wolff M., Benoist E. et al.* // Dalton Trans. 2013. V. 42. P. 8827.
38. *Machura B., Kusz J., Tabak D., Kruszynski R.* // Polyhedron. 2009. V. 28. P. 493.
39. *Gerber T.I.A., Luzipo D., Mayer P.* // J. Coord. Chem. 2004. V. 57. P. 1419.
40. *Bandoli G., Dolmella A., Gerber T.I.A. et al.* // J. Coord. Chem. 2000. V. 55. P. 823.
41. *Melian C., Dolmella A., Gerber T.I.A. et al.* // Inorg. Chim. Acta. 2000. V. 306. P. 70.
42. *Chen X., Femia F.J., Babich J.W., Zubieta J.* // Inorg. Chim. Acta. 2000. V. 308. P. 80.
43. *Bandoli G., Gatto S., Gerber T.I.A. et al.* // J. Coord. Chem. 1996. V. 39. P. 299.