

КООРДИНАЦИОННЫЕ  
СОЕДИНЕНИЯ

УДК 548.73+546.94

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ МОНОМЕРНЫХ ОКТАЭДРИЧЕСКИХ  
МОНООКСОКОМПЛЕКСОВ  $d^2$ -РЕНИЯ(V)  $[\text{ReO}(\text{L}_{\text{моно}})(\text{L}_{\text{тетра}}^n)]$   
С АТОМАМИ КИСЛОРОДА ТЕТРАДЕНТАТНО-ХЕЛАТНЫХ ЛИГАНДОВ  
 $\text{OX}_3$ ,  $\text{X} = \text{O}, \text{N}, \text{P}$  ( $\text{L}_{\text{тетра}}^n$ )

© 2019 г. В. С. Сергиенко<sup>1, 2, \*</sup>

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

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

\*E-mail: sergienko@igic.ras.ru

Поступила в редакцию 29.01.2019 г.

После доработки 01.02.2019 г.

Принята к публикации 15.04.2019 г.

Рассмотрены особенности строения шести мономерных октаэдрических монооксокомплексов  $d^2$ -Re(V)  $[\text{ReO}(\text{L}_{\text{моно}})(\text{L}_{\text{тетра}}^n)]$  с тетрадентатно-хелатными ( $\text{OX}_3$ ;  $\text{X} = \text{O}, \text{N}, \text{P}$ ) ( $\text{L}_{\text{тетра}}^n$ ) и монодентатными ( $\text{L}_{\text{моно}}$ ) лигандами. В *транс*-позициях к кратносвязанным лигандам O(оксо) всегда располагаются атомы O( $\text{L}_{\text{тетра}}^n$ ).

**Ключевые слова:** кристаллическая структура, рентгеноструктурный анализ, октаэдрические монооксокомплексы  $d^2$ -Re, тетрадентатно-хелатные ( $\text{OX}_3$ ,  $\text{X} = \text{O}, \text{N}, \text{P}$ ) лиганды

DOI: 10.1134/S0044457X19090186

ВВЕДЕНИЕ

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 рассмотрены в работах [1–7]. Для  $d^2$ -Re(V) методом РСА определена кристаллическая структура более пятисот соединений (см. Кембриджский банк структурных данных (КБСД), версия 5.39, август 2018 г.) [8]. Большинство из этих комплексов – МОК  $\text{ReO}_{\text{оксо}}\text{O}(\text{L}_{\text{транс}})$  – 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 полидентатными лигандами – бидентатно-хелатными (O, O) [9], (O, S) и (O, C) [10], (O, P) [11], (O, N) [12, 13] и тридентатно-хелатными (O, N, O) [14], (O, S, O) и (S, O, S) [15], (O, P, O) и (O, P, N) [16], (O, N, S) [17]. Мы опубликовали также обзорные статьи по особенностям строения МОК с оксолигандами  $d^0$ -Re(VII) [18] и  $d^0$ -,  $d^2$ -Tc(V, VII) [19].

Структурное проявление трансвлияния кратносвязанного лиганда O(оксо) – удлинение противоположающей связи  $\text{Re}-\text{L}_{\text{транс}}$  – характеризуется параметром  $\Delta$  (разность длин одноименных связей  $\{[\text{Re}-\text{L}_{\text{транс}}] - [\text{Re}-\text{L}_{\text{цис}}]\}$ ). В том случае, когда в структуре нет лигандов одного сорта и в *транс*-

и в *цис*-позициях к O(оксо), мы применяем параметр  $\{[\text{Re}-\text{L}_{\text{транс}}] - [\text{Re}-\text{L}(\text{CT})]\}$ , где CT – среднестатистическая стандартная длина связи Re(V) с атомом лиганда того же сорта, что и  $\text{L}_{\text{транс}}$ . За величину параметра  $\text{Re}-\text{O}(\text{CT})$  мы приняли, как и в [4], 2.04 Å.

В настоящей статье обсуждаются особенности строения мономерных октаэдрических монооксокомплексов  $[\text{ReO}(\text{L}_{\text{моно}})(\text{L}_{\text{тетра}}^n)]$ , содержащих тетрадентатные *трис*(хелатные) лиганды  $\text{L}_{\text{тетра}}^n$ , а также монодентатные ( $\text{L}_{\text{моно}}$ ) лиганды. *Транс*-позиции к кратносвязанным оксолигандам всегда занимают атомы кислорода O( $\text{L}_{\text{тетра}}^n$ ).

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

1. Строение комплексов  $[\text{ReO}(\text{L}_{\text{моно}})(\text{L}_{\text{тетра}}^n)]$ ,

где  $\text{L}_{\text{тетра}}^n$  = тетрадентатные (O, 3N),  
 $\text{L}_{\text{моно}}$  = монодентатные (Cl, Br) лиганды

Три атома азота во всех трех структурах расположены меридианально (mer).

**Таблица 1.** Основные геометрические параметры (в Å) в мономерных октаэдрических монооксокомплексах  $[\text{ReO}(\text{L}_{\text{моно}})(\text{L}_{\text{тетра}}^n)]$  с тетрадентатно-хелатными лигандами  $\text{OX}_3$  ( $\text{X} = \text{O}, \text{N}, \text{P}$ )

№ комплекса	Комплекс	Re=O	Re–L <sub>лиц</sub>	Re–O(L <sub>тетра</sub> <sup>n</sup> ) <sub>транс</sub>	(Δ'), Δ	Литература
I	$[\text{ReOCl}(\text{L}_{\text{тетра}}^1)]\text{PF}_6$	$1.692(8) \pm 0.007$	$2.126(9) \pm 0.017$ N(L <sub>тетра</sub> <sup>1</sup> ) $2.365(2) \pm 0.010$ Cl	$1.910(7) \pm 0.006$	(–0.125)	[20]
II	$[\text{ReOBr}(\text{L}_{\text{тетра}}^2)]\text{Br} \cdot \text{H}_2\text{O}$	1.704(3)	$2.121(3) \pm 0.044$ N(L <sub>тетра</sub> <sup>2</sup> ) 2.4914(6) Br	1.912(3)	(–0.128)	[21]
III	$[\text{ReO}(\text{Cl}(\text{L}_{\text{тетра}}^3))] \cdot \text{H}_2\text{O}$	1.700(8)	1.934(9) N(L <sub>тетра</sub> <sup>3</sup> ) 2.054(9) N(L <sub>тетра</sub> <sup>3</sup> ) 2.214(9) N(L <sub>тетра</sub> <sup>3</sup> ) 2.455(3) Cl	2.133(7)	(0.093)	[24]
IV	$[\text{ReOCl}(\text{L}_{\text{тетра}}^4)] \cdot \text{H}_2\text{O}$	1.675(7)	1.937(8) O(L <sub>тетра</sub> <sup>4</sup> ) 1.967(8) N(L <sub>тетра</sub> <sup>4</sup> ) 2.394(2) P(L <sub>тетра</sub> <sup>4</sup> ) 2.435(2) Cl	2.414(7)	(0.374) 0.477	[25]
V	$[\text{ReO}(\text{PPh}_3)(\text{L}_{\text{тетра}}^5)] [\text{Na}(\text{NCMe})_2] \cdot 4\text{MeCN}$	1.698(2)	$2.059(2) \pm 0.011$ O(L <sub>тетра</sub> <sup>5</sup> ) 2.4390(9) P(Ph <sub>3</sub> )	1.938(2)	(–0.102) –0.121	[26]
VI	$[\text{ReO}(\text{PPh}_3)(\text{L}_{\text{тетра}}^5)] [\text{K}(\text{NCMe})_2] \cdot 4\text{MeCN}$	1.696(2)	$2.062(2) \pm 0.008$ O(L <sub>тетра</sub> <sup>5</sup> ) 2.4433(10) P(PPh <sub>3</sub> )	1.925(2)	(–0.115) –0.137	[26]

Примечание. Обозначение лигандов L<sub>тетра</sub><sup>n</sup>: n = 1 – (NC<sub>5</sub>H<sub>4</sub>CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>N(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>O; n = 2 – {(N<sub>2</sub>C<sub>3</sub>H<sub>2</sub>Me)<sub>4</sub>CH<sub>2</sub>}<sub>2</sub>N(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>O; n = 3 – (Ph<sub>3</sub>P=N)C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>N(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>N(CH<sub>2</sub>COOH)CH<sub>2</sub>CO<sub>2</sub>; n = 4 – OC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>NCH<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>P(Ph)<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>C(MeO)O; n = 5 – {O(C<sub>6</sub>H<sub>2</sub> · трет-Bu)CH<sub>2</sub>}<sub>4</sub>.

В кристаллической структуре  $[\text{ReOCl}(\text{L}_{\text{тетра}}^1)](\text{PF}_6)$  (I) [20], где  $(\text{L}_{\text{тетра}}^1)^- = \text{N}, \text{N}$ -бис(2-пиридилметил)-2-аминоэтанолато (NC<sub>5</sub>H<sub>4</sub>CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>N(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>O, есть две кристаллографически неэквивалентные молекулы сходного строения. Однозарядный комплексный катион одной из них изображен на рис. 1. В обсуждении структуры I мы употребляем нумерацию атомов именно этой молекулы. В тетрадентатном *трис*(хелатном) лиганде L<sub>тетра</sub><sup>1</sup> три пятичленных металлоцикла – два ReNC<sub>2</sub>N и один ReNC<sub>2</sub>O – сочленены по связи Re–N(1). В *транс*-положении к атому O(1)(оксо) расположен атом O(2)(оксиэтил), связь с которым (Re–O(2))  $1.910 \pm \pm 0.007$  Å существенно короче (в среднем на 0.130 Å) стандартной связи Re–O(CT) (2.04 Å); подробно

особенности расстояний Re–O<sub>лиц</sub> обсуждаются в главе 4. Две Py-группы двух аналогичных металлоциклов ReNC<sub>2</sub>N расположены в *транс*-позициях друг к другу. Связи Re–N(3, 4) с периферийными атомами N(Py) ( $2.126 \pm 0.017$  Å) несколько короче связи Re–N(1) ( $2.139 \pm 0.005$  Å) с аминным атомом азота.

В комплексном катионе структуры  $[\text{ReOBr}(\text{L}_{\text{тетра}}^2)]\text{Br} \cdot \text{H}_2\text{O}$  (II) [21] (рис. 1), где  $(\text{L}_{\text{тетра}}^2)^- = \text{бис}(1\text{-метилимидазол-2-илметил})\text{-}2\text{-аминоэтанолато}$  {(N<sub>2</sub>C<sub>3</sub>H<sub>2</sub>Me)CH<sub>2</sub>}<sub>2</sub>N(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>O, как и в комплексе структуры I, в однозарядном лиганде L<sub>тетра</sub><sup>2</sup> три пятичленных металлоцикла – два ReNC<sub>2</sub>N и один ReNC<sub>2</sub>O – сочленены по связи Re–N(3)<sub>амин</sub>. Как и в структуре I, в комплексе

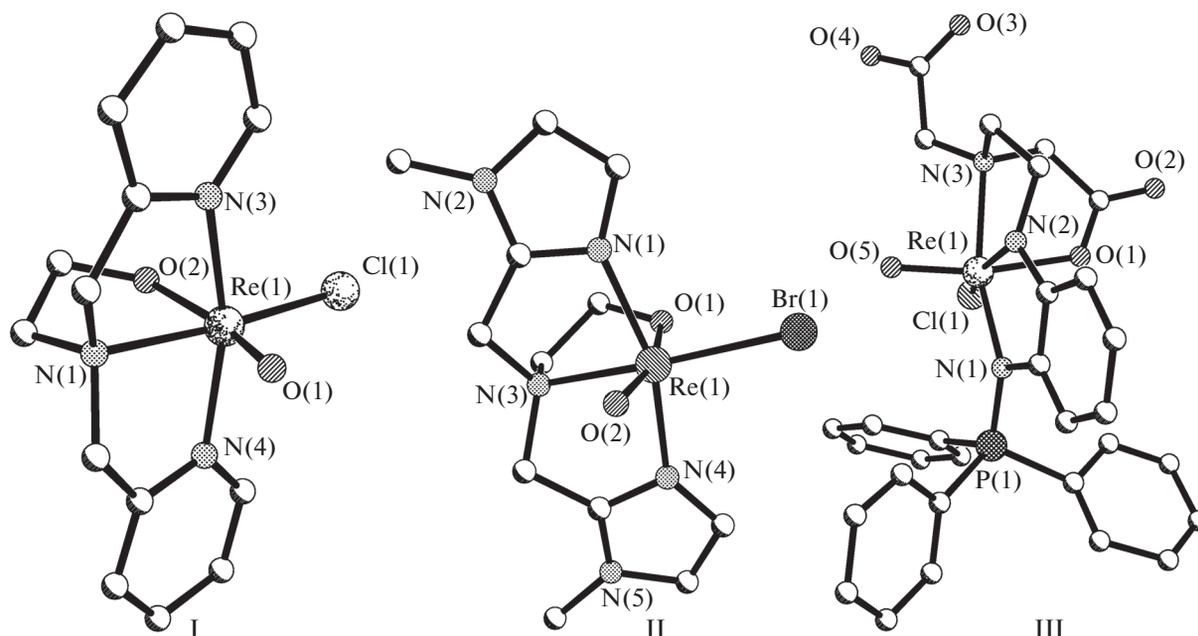


Рис. 1. Строение комплексов  $[\text{ReOCl}(\text{L}_{\text{тетра}}^1)]^+$  (I),  $[\text{ReOBr}(\text{L}_{\text{тетра}}^2)]^+$  (II),  $[\text{ReOCl}(\text{L}_{\text{тетра}}^3)]$  (III).

П связь  $\text{Re}-\text{O}(1)_{\text{транс}}$  (алкоголят) (1.912 Å) заметно (на 0.128 Å) короче, чем  $\text{Re}-\text{O}(\text{CT})$  (носит частично двойной характер [22]), а периферийные связи  $\text{Re}-\text{N}(1, 4)_{\text{имидазол}}$  ( $2.099 \pm 0.017$  Å) в среднем на 0.067 Å короче, чем центральная связь  $\text{Re}-\text{N}(3)$  (2.166 Å), по мнению авторов [22], за счет  $\pi$ -составляющих имидазольных циклов. Связь  $\text{Re}-\text{Br}_{\text{цис}}$  в структуре II сходна по длине со связями  $\text{Re}-\text{Br}_{\text{транс}}$  (~2.500 Å) в оксокомплексах  $\text{Re}(\text{V})$  с трет-аминным азотом [23]. Атом рения смещен из экваториальной плоскости  $\text{N}_3\text{Br}$  октаэдра к оксолиганду на  $\Delta_{\text{Re}} = 0.13$  Å.

Нейтральный фосфоранилиновый комплекс в структуре  $[\text{ReOCl}(\text{L}_{\text{тетра}}^3)] \cdot \text{H}_2\text{O}$  (III) [24] (рис. 1) – продукт неожиданного внутримолекулярного восстановления нитрогруппы в координационной сфере оксо- $\text{Re}(\text{V})$  фосфораниминато ( $\text{R}_3\text{P}=\text{N}^-$ ) или фосфораниминных ( $\text{R}_3\text{P}=\text{NR}$ ) комплексов. Двухзарядный лиганд  $(\text{L}_{\text{тетра}}^3)^{2-}$  –  $\text{N}$ -(2-(трифенилфосфоранилиденамино)фенил)-этилендиамин- $\text{N}'$ -ацетато- $\text{N}'$ -уксусная кислота  $(\text{Ph}_3\text{P}=\text{N})\text{C}_6\text{H}_4\text{N}(\text{CH}_2)_2\text{N}(\text{CH}_2\text{COOH})\text{CH}_2\text{CO}_2^-$  – построен по-иному, чем лиганды  $\text{L}_{\text{тетра}}^{1,2}$  в структуре I, II. Он также содержит три пятичленных металлоцикла – два  $\text{ReNC}_2\text{N}$  и один  $\text{ReNC}_2\text{O}$ , но первые два имеют разный состав: в одном из них к связи  $\text{C}-\text{C}$  приконденсирован фенильный цикл  $\text{C}_6\text{H}_4$ . Кроме того, три цикла сочленены не по одной, а попарно по двум связям  $\text{Re}-\text{N}(2)$ ,  $\text{Re}-\text{N}(3)$ .

В структуре есть две независимые молекулы сходного строения. Связь  $\text{Re}-\text{O}(1)_{\text{транс}}$  (2.133 Å) существенно (на 0.093 Å) длиннее, чем  $\text{Re}-\text{O}(\text{CT})$  (2.04 Å). Три связи  $\text{Re}-\text{N}$  различаются по длине:  $\text{Re}-\text{N}(1)$  2.054,  $\text{Re}-\text{N}(2)$  1.934,  $\text{Re}-\text{N}(3)$  2.214 Å; атомы  $\text{N}(1)$  и  $\text{N}(3)$  находятся в *транс*-положении друг другу в соответствии с разной гибридизацией и типом атома азота: соответственно  $sp^2$  – имин,  $sp^2$  – амидо,  $sp^3$  – амин. Связь  $\text{P}-\text{N}(1)$  (1.656 Å) попадает в верхнюю область значений свободных и координированных фосфораниминов, что соответствует  $\pi$ -взаимодействию между атомами фосфора и азота.

## 2. Строение $[\text{ReOCl}(\text{L}_{\text{тетра}}^4)] \cdot \text{H}_2\text{O}$ , где $\text{L}_{\text{тетра}}^4$ = тетраденатный (2O, N, P) лиганд

В структуре  $[\text{ReOCl}(\text{L}_{\text{тетра}}^4)] \cdot \text{H}_2\text{O}$  (IV) [25] в комплексной молекуле (рис. 2) двухзарядный тетраденатный *трис*(хелатный) (2O, N, P) лиганд – основание Шиффа метил-2-((2-(((2-гидроксифениламино)метил)фенил)(фенил)фосфино)бензоато  $\text{OC}_6\text{H}_4\text{NCH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{P}(\text{Ph})\text{C}_6\text{H}_4\text{C}(\text{MeO})\text{O}$ ,  $(\text{L}_{\text{тетра}}^4)^{2-}$  – потенциально пентаденатный лиганд (разомкнута связь с группой OMe). При координации лиганда  $\text{L}_{\text{тетра}}^4$  с атомом рения замыкаются три металлоцикла – шестичленные  $\text{ReNC}_3\text{P}$  и  $\text{ReNC}_3\text{O}$ , пятичленный  $\text{ReNC}_2\text{O}$ . Связь  $\text{Re}-\text{O}(3)_{\text{транс}}$  (2.414 Å) существенно (на 0.441 Å) удлинена по сравнению с  $\text{Re}-\text{O}(2)_{\text{цис}}$  (1.973 Å).

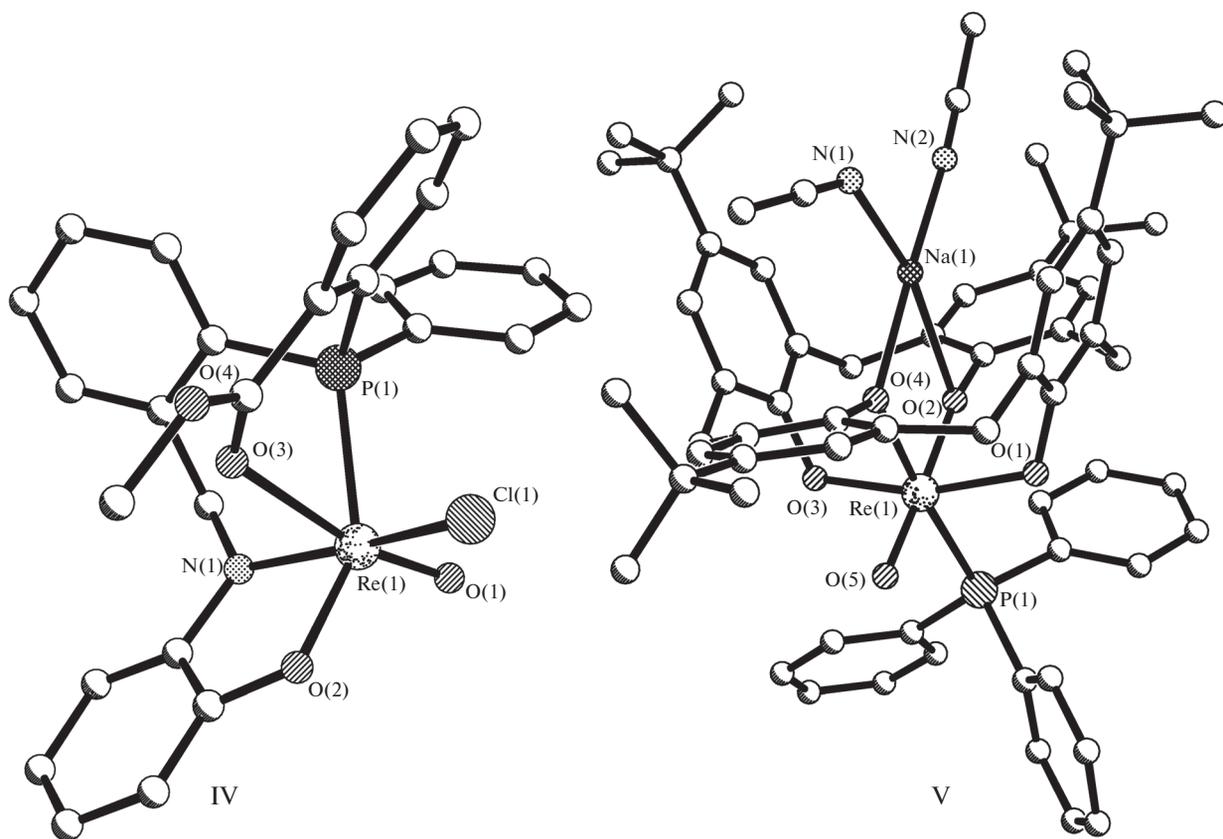


Рис. 2. Строение комплексов  $[\text{ReOCl}(\text{L}_{\text{тетра}}^4)]$  (IV),  $[\text{ReO}(\text{PPh}_3)(\text{L}_{\text{тетра}}^5)]$  (V).

### 3. Строение двух комплексов $[\text{ReO}(\text{PPh}_3)(\text{L}_{\text{тетра}}^5)]$ , где $\text{L}_{\text{тетра}}^5$ = тетраденатный (4O) лиганд

Известна кристаллическая структура двух соединений  $[\text{ReO}(\text{PPh}_3)(\text{L}_{\text{тетра}}^5)][\text{M}(\text{NCMe})_2] \cdot 4\text{MeCN}$  [26], где  $\text{M} = \text{Na}$  (V) (рис. 2) и  $\text{K}$  (VI). Кристаллы V и VI изоструктурны. Лиганд  $(\text{L}_{\text{тетра}}^5)^{2-}$  –  $\mu$ -5,11,17,23-тетра-бутилкаликс(4)-арен-25,26,27,28-тетраолато  $[\{\text{O}(\text{C}_6\text{H}_2) \cdot \text{трет-Бу}\}\text{CH}_2\}_4$  – содержит 16-членный макроцикл  $\text{C}_{16}$ , включающий четыре сопряженных по линиям  $\text{Re}-\text{O}-\text{C}$  восьмичленных металлоцикла  $\text{ReOC}_5\text{O}$ . Связи  $\text{Re}-\text{O}_{\text{транс}}$  (1.938 и 1.925 Å соответственно в V и VI) существенно (в среднем на 0.121 и 0.137 Å в двух структурах) короче связей  $\text{Re}-\text{O}_{\text{цис}}$  (2.059 и 2.062 Å соответственно в V и VI). Расстояния  $\text{Re}\dots\text{M}$  3.535 (V,  $\text{M} = \text{Na}$ ) и 3.8835 Å (VI,  $\text{M} = \text{K}$ ),  $\text{Na}-\text{O}$  2.309, 2.591 Å, средн.  $\text{Na}-\text{N}$   $2.386 \pm 0.011$ ,  $\text{K}-\text{O}$  2.595, 2.867 Å, средн.  $\text{K}-\text{N}$   $2.745 \pm 0.040$  Å. Авторы [26] отмечают, что соединения V и VI – новые агенты в терапии рака.

### 4. Особенности строения мономерных октаэдрических монооксокомплексов рения(V) с тетраденатно-хелатными (O, N, P) лигандами

В табл. 2 приведены средние значения основных геометрических параметров в структуре I–VI.

Отметим две особенности стереохимии октаэдрических монооксокомплексов металлов V–VII групп, в частности рения.

1. Выбор *транс*-партнера (при наличии конкурирующих лигандов) определяется “правилом самосогласованности” [2]: в *транс*-положении к кратносвязанному оксолиганду обычно расположен наименее поляризуемый нейтральный  $\sigma$ -донорный лиганд (атом), связь с которым легче ослабить, а не отрицательно заряженный (ацидо) лиганд (атом).

2. Связи  $\text{Re}-\text{L}$ , *транс* к O(оксо), удлиняются из-за структурного проявления трансвлияния (СПТВ) кратносвязанного лиганда O(оксо).

Во всех шести соединениях в *транс*-положениях к кратносвязанным оксолигандам расположены ацидоатомы кислорода тетраденатно-хелатных лигандов  $\text{L}_{\text{тетра}}^n$ .

**Таблица 2.** Основные геометрические параметры (Å) мономерных октаэдрических монооксокомплексов  $[\text{ReO}(\text{L}_{\text{моно}})(\text{L}_{\text{тетра}}^n)]$  с тетрадентатно-хелатными (O, N, P) лигандами

Параметр	Значение, Å
Re–O(оксо)	1.675–1.704 {6} (1.693 ± 0.018)
Re–O( $\text{L}_{\text{тетра}}^n$ ) <sub>транс</sub>	1.910–1.938 {4} (1.921 ± 0.017) 2.133 {1} 2.414 {1}
Re–O( $\text{L}_{\text{тетра}}^n$ ) <sub>цис</sub>	1.937 {1} 2.059, 2.062 {2} (2.061 ± 0.002)
(Δ)Re–O( $\text{L}_{\text{тетра}}^n$ )	–0.102...–0.128 {4} (–0.117 ± 0.015) (0.093) {1} (0.374) {1}
Δ{Re–O( $\text{L}_{\text{тетра}}^n$ )}	–0.121, –0.137 {2} (–0.129 ± 0.008) 0.477 {1}
Re–N( $\text{L}_{\text{тетра}}^n$ ) <sub>цис</sub>	1.934–2.214 {4} (2.070 ± 0.144)
Re–Cl <sub>цис</sub>	2.364–2.455 {3} (2.418 ± 0.054)
Re–Br <sub>цис</sub>	2.4914 {1}
Re–P <sub>цис</sub>	2.394–2.443 {3} (2.419 ± 0.025)

Примечание. Приведены интервалы значений, число примеров (в фигурных скобках) и средние значения с их разбросом (в круглых скобках).

Второе правило реализуется (в существенно разной степени) в двух соединениях, рассмотренных в данной статье – IV и III: связи Re–O<sub>транс</sub> (2.414 и 2.133 Å) длиннее на 0.374 и 0.093 Å стандартного расстояния Re–O(СТ) (2.04 Å) [4]. В этих двух случаях можно говорить о СПТВ кратносвязанного оксолиганда.

В остальных четырех соединениях с отрицательно заряженными атомами кислорода лигандов  $\text{L}_{\text{тетра}}^n$  в транс-позициях к O(оксо) реализуется принципиально другой вариант. В этих комплексах связи Re–O(L)<sub>транс</sub> (1.910–1.938 Å) сопоставимы по длине или заметно короче со значением Re–O(СТ) 2.04 Å [4] и связями Re–O(L)<sub>цис</sub> (1.937–2.062 Å, Δ = –0.121 и –0.137 Å). Этот факт, казалось бы, противоречит “правилу самосогласованности” [2]. Однако на самом деле связи Re–O(L)<sub>транс</sub> в транс-позициях к оксолигандам можно рассматривать как имеющие повышенную кратность, так как они соизмеримы по длине (а не удлинены) с величиной Re–O(СТ). Другими словами, можно говорить о псевдодиоксокомплексах, содержащих два лиганда (O(оксо) и O(L)<sub>транс</sub>) повышенной кратности. Напомним, что в  $d^2$ -ком-

плексах металлов V–VII групп два кратносвязанных лиганда всегда располагаются в транс-позициях друг к другу.

Отметим широкий интервал длин связей Re–N<sub>цис</sub> 1.934–2.214 Å, в том числе и в одной структуре: в III Re–N<sub>цис</sub> 1.934, 2.054, 2.214 Å.

## 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. № 8. С. 1271.
3. *Griffith F., Wicing C.* // J. Chem. Soc. A. 1968. № 3. 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 координационных соединений молибдена. М.: Наука, 1974. 231 с.
6. *Shustorovich E.M., Porai-Koshits M.A., Buslaev Yu.A.* // Coord. Chem. Rev. 1975. V. 17. № 1. P. 1.
7. *Порай-Кошиц М.А., Сергиенко В.С.* // Успехи химии. 1990. Т. 59. № 1. С. 86.
8. *Allen F.H.* // Acta Crystallogr. 2002. V. 58B. № 2. P. 380.
9. *Sergienko V.S., Churakov A.V.* // Russ. J. Inorg. Chem. 2016. V. 61. № 14. P. 1708.
10. *Sergienko V.S.* // Russ. J. Inorg. Chem. 2017. V. 62. № 6. P. 751. [*Сергиенко В.С.* // Журн. неорган. химии. 2017. Т. 62. № 6. С. 766.] <https://doi.org/10.1134/S0036023617060195>
11. *Sergienko V.S., Churakov A.V.* // Russ. J. Inorg. Chem. 2017. V. 62. № 10. P. 1327. [*Сергиенко В.С., Чураков А.В.* // Журн. неорган. химии. 2017. Т. 62. № 10. С. 1337.] <https://doi.org/10.1134/S0036023617100151>
12. *Sergienko V.S., Churakov A.V.* // Russ. J. Inorg. Chem. 2018. V. 63. № 5. P. 631. [*Сергиенко В.С., Чураков А.В.* // Журн. неорган. химии. 2018. Т. 63. № 5. С. 601.] <https://doi.org/10.1134/S0036023618050121>
13. *Sergienko V.S., Churakov A.V.* // Russ. J. Inorg. Chem. 2018. V. 63. № 6. P. 753. [*Сергиенко В.С., Чураков А.В.* // Журн. неорган. химии. 2018. Т. 63. № 6. С. 718.] <https://doi.org/10.1134/S0036023618060219>
14. *Sergienko V.S.* // Russ. J. Inorg. Chem. 2018. V. 63. № 14. P. 1757.
15. *Sergienko V.S., Churakov A.V.* // Russ. J. Coord. Chem. 2019. V. 45. № 3. P. 332. [*Сергиенко В.С., Чураков А.В.* // Коорд. химия. 2019. Т. 45. № 3. С. 276] <https://doi.org/10.1134/S1070328419030072>

16. *Sergienko V.S., Churakov A.V.* // Russ. J. Coord. Chem. 2019. V. 45. № 6. P. 439. [*Сергиенко В.С., Чураков А.В.* // Коорд. химия. 2019. Т. 45. № 6. С. 378.] <https://doi.org/10.1134/S107032841906007>
17. *Sergienko V.S., Churakov A.V.* // Russ. J. Coord. Chem. 2019. V. 45. № 8 (in press). [*Сергиенко В.С., Чураков А.В.* // Коорд. химия. 2019. Т. 45. № 8 (в печати).]
18. *Sergienko V.S., Churakov A.V.* // Crystallography Rep. 2014. V. 59. № 3. P. 300. [*Сергиенко В.С., Чураков А.В.* // Кристаллография. 2014. Т. 59. № 3. С. 341.] <https://doi.org/10.7868/S0023476114030199>
19. *Sergienko V.S., Churakov A.V.* // Crystallography Rep. 2013. V. 58. № 1. P. 5. [*Сергиенко В.С., Чураков А.В.* // Кристаллография. 2013. Т. 58. № 1. С. 3.] <https://doi.org/10.1134/S106377451301010112>
20. *Botha J.M., Umakoshi K., Sasaki Y., Lamprecht G.J.* // Inorg. Chem. 1998. V. 37. № 7. P. 1609.
21. *Gerber T.I.A., Mayer P., Tshentu Z.R.* // J. Coord. Chem. 2007. V. 60. № 3. P. 237.
22. *Gerber T.I.A., Mayer P., Tshentu Z.R.* // J. Coord. Chem. 2003. V. 56. № 8. P. 1357.
23. *Gerber T.I.A., Mayer P., Tshentu Z.R.* // J. Coord. Chem. 2005. V. 58. № 6. P. 947.
24. *Allali M., Benoist E., Gressier M. et al.* // Dalton Trans. 2004. № 9. P. 3178.
25. *Barandov A., Abram U.* // Inorg. Chem. 2009. V. 48. № 24. P. 8072.
26. *Redshaw C., Liu X., Zhan S. et al.* // Eur. J. Inorg. Chem. 2008. № 10. P. 2698.