

УДК 548.737

СИНТЕЗ, КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ СТРУКТУРА КОМПЛЕКСОВ 1,3-ДИ-*n*-ТОЛИЛ-5-(5'-АЛЛИЛ-2'-ЭТОКСИБЕНЗИЛ)-1,3,5-ДИАЗАФОСФАЦИКЛОГЕКСАНА С СОЛЯМИ Ni(II) И Pt(II)

© 2022 г. А. С. Балужева¹ *, Э. И. Мусина¹, Ф. З. Баймухаметов¹, Г. Н. Никонов¹, А. Т. Губайдуллин¹, И. А. Литвинов¹, А. А. Карасик¹

¹Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова ФИЦ, Казанский научный центр РАН, Казань, Россия

*e-mail: anna@iopc.ru

Поступила в редакцию 06.09.2021 г.

После доработки 17.09.2021 г.

Принята к публикации 20.09.2021 г.

При взаимодействии гетероциклического фосфинового лиганда 1,3-ди-*n*-толил-5-(5'-аллил-2'-этоксibenзил)-1,3-диаза-5-диазафосфациклогексана (L), содержащего функциональный заместитель при атоме фосфора, с (1,5-циклооктадиен)дихлороплатиной(II) и хлоридом никеля(II) получены комплексы состава PtCl₂L₂ (I) и NiCl₂L₂ (II), соответственно, с *цис*- и *транс*-конфигурацией центрального иона. Строение комплексов определено методом рентгеноструктурного анализа (CIF files CCDC № 2097704 (I), 2097705 (II)).

Ключевые слова: циклические фосфины, комплекс платины, комплекс никеля, конфигурация, молекулярная структура

DOI: 10.31857/S0132344X2203001X

Циклические аминотетрафосфины представляют собой необычный тип гибридных лигандов в координационной химии переходных металлов из-за особенностей конформационного поведения гетероцикла на матрице металла, ограничивающих возможности взаимного расположения неподеленной электронной пары (НЭП) гетероатомов, а также из-за расположения жесткого донорного атома (азота, включенного в гетероцикл) в непосредственной близости от центрального иона [1–4]. В настоящее время к наиболее изученным типам циклических аминотетрафосфинов относятся циклические дифосфины, а именно 1,5-диаза-3,7-дифосфациклооктаны [5–8] и 1-аза-3,6-дифосфациклогептаны [9, 10]. Продемонстрировано, что пространственное сближение атомов азота (не участвующих в координации) и металла (Ni, Co) обуславливает активность P,P-хелатных комплексов в базовых реакциях водородной энергетики [7, 8, 11–17]. Кроме того, для циклических аминотетрафосфинов были обнаружены необычные стереоизомерные переходы и уникальные реакции слияния в большие [18–20] или расщепления на меньшие циклы в ходе комплексообразования [21, 22].

Соответствующие циклические монофосфины, а именно 1,3-диаза-5-фосфациклогексаны, в отличие от циклических дифосфинов, изучены заметно меньше [23–29]. Согласно литературным данным, эти лиганды (с фенильным или аминотетрафосфиновым заместителем у атома фосфора) при комплексообразовании меняют преимущественную конформацию кресло с экваториальным расположе-

нием заместителя у атома фосфора на конформацию кресло с аксиальным расположением этого заместителя и относятся к лигандам с малым коническим углом Толмана [24, 28]. Представляло интерес выявить их способность к стабилизации различных изомеров плоско-квадратных комплексов двухвалентных никеля и платины, оценить склонность лигандов к процессам, связанным с изменением размера цикла, и описать влияние координации с переходным металлом на конформационное поведение гетероцикла.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В работе использовали коммерчески доступные соединения: безводный дихлорид никеля (Sigma-Aldrich), (1,5-циклооктадиен)дихлороплатина(II) (Sigma-Aldrich) без дополнительной очистки. Ацетонитрил и диметилформамид (ДМФА) очищали и высушивали перед использованием по стандартным методикам. 1,3-Ди-*n*-толил-5-(5'-аллил-2'-этоксibenзил)-1,3-диаза-5-фосфациклогексан (L) получали по методике [30].

ИК-спектры записывали на спектрометрах Specord M-80 в области 600–4000 см⁻¹ (суспензии в вазелиновом масле). Спектры ЯМР ³¹P регистрировали на спектрометре Bruker MSL-400 (161 МГц), спектры ЯМР ¹H получали на спектрометре Bruker WM-250 (250 МГц).

Синтез бис(1,3-ди-*n*-толил-5-(5'-аллил-2'-этоксibenзил)-1,3-диаза-5-фосфациклогексан)дихлороплатины(II) (I). К горячему раствору 0.041 г (1.08 ммоль)

(1,5-циклооктадиен)дихлороплатины(II) в 1 мл ацетонитрила приливали раствор 0.100 г (2.17 ммоль) лиганда L в 1 мл ацетонитрила, смесь приобретала зеленую окраску. Реакционную смесь медленно охлаждали до комнатной температуры в течение суток. Выделившиеся прозрачные светло-желтые кристаллы отфильтровывали, перекристаллизовывали из ацетонитрила. Выход I 0.09 г (69%), $T_{пл} = 128^\circ\text{C}$.

ИК-спектр (ν , см^{-1}): 808 (C–H_{ар}), 994 (P–Ar), 1612 (C=C_{ар}), 1636 (CH₂=CH–), 3028 (H–C_{ар}). Спектр ЯМР ³¹P (ДМФА; δ , м.д., J, Гц): –3.63 (¹J_{PP} 3400). Спектр ЯМР ¹H (ДМФА-d₇; δ , м.д., J, Гц): 1.28 т. (3H, ³J_{HH} 6.0, O–CH₂–CH₃), 2.35 с. (6H, CH₃C₆H₄), 3.07 д. (2H, ³J_{HH} 6.5, CH₂–CH=CH₂), 3.42 д. (2H, ²J_{PH} 12.5, P–CH₂–Ar), 3.93 д.д. (²J_{HH} 13.25, ⁴J_{PH} 4.5, N–CH₂–N), 4.02 кв. (³J_{HH} 6, O–CH₂–CH₃) (общ. инт 3H), 4.87–4.93 м. (2H, CH₂–CH=CH₂), 5.19 д. (1H, ²J_{PH} 13.25, N–CH₂–N), 5.65–5.81 м (1H, CH₂–CH=CH₂), 7.06–7.17 м (7H, o-C₆H₄–N + C₆H₃), 7.26 д. (4H, ³J_{HH} 8, m-C₆H₄–N) (сигналы протонов фрагментов P–CH₂–N маскируются сигналом воды в ДМФА-d₇).

Найдено, %: C 56.47; H 6.20; N 5.45; P 5.10; Cl 5.11.
Для C₆₀H₇₉N₅O₄P₂Cl₂Pt
вычислено, %: C 57.09; H 6.26; N 5.55; P 4.92; Cl 5.63.

Синтез бис(1,3-ди-*n*-толил-5-(5'-аллил-2'-этоксibenзил)-1,3-диаза-5-фосфациклогексан)дихлороникеля(II) (II). К горячему раствору 0.100 г (0.21 ммоль) лиганда L в 1 мл ацетонитрила приливали раствор 0.015 г (0.11 ммоль) хлорида никеля(II) в 1 мл ДМФА, полученную смесь медленно охлаждали до комнатной температуры в течение суток. Выделившиеся красные кристаллы отфильтровывали, промывали ацетонитрилом. Выход II 0.04 г (35%), $T_{пл} = 162^\circ\text{C}$.

ИК-спектр (ν , см^{-1}): 808 (C–H_{ар}), 1404 (C–N), 1510 (C=C_{ар}), 1610 (C=C_{ар}), 1640 (CH₂=CH–). Спектр ЯМР ³¹P (ДМФА; δ , м.д.): –45.58 (широкий сигнал).

Найдено, %: C 64.47; H 2.20; N 5.45; P 5.70; Cl 6.21.
Для C₅₈H₇₆N₄O₄P₂Cl₂Ni
вычислено, %: C 64.27; H 2.49; N 5.17; P 5.72; Cl 6.55.

РСА кристаллов I и II проведен в Отделении рентгеноструктурных исследований спектроскопического центра коллективного пользования на автоматическом четырехкружном дифрактометре Enraf-Nonius CAD-4 при температуре 21°C (MoK_α-излучение). Кристаллы I, C₅₈H₇₀N₄O₂P₂Cl₂Pt · C₂H₃N, триклинные, при 21°C $a = 11.534(2)$, $b = 12.378(2)$, $c = 21.086(2)$ Å, $\alpha = 93.54(6)^\circ$, $\beta = 92.44(6)^\circ$, $\gamma = 108.00(6)^\circ$, $V = 2851.7(12)$ Å³, $Z = 2$, $\rho(\text{выч.}) = 1.426$ г/см³, пространственная

группа $P\bar{1}$. Кристаллы II, C₅₈H₇₀N₄O₂P₂Cl₂Ni, триклинные, при 21°C $a = 10.119(3)$, $b = 10.580(4)$, $c = 13.693(3)$ Å, $\alpha = 72.55(2)^\circ$, $\beta = 89.66(2)^\circ$, $\gamma = 85.54(3)^\circ$, $V = 1393.9(8)$ Å³, $Z = 1$, $\rho(\text{выч.}) = 1.247$ г/см³, пространственная группа $P\bar{1}$ (молекула в частом положении в центре симметрии).

Параметры ячеек и интенсивности 11881 (I) и 4419 (II) отражений, из которых 7270 и 3246 с $I \geq 2\sigma(I)$ соответственно, измерены на автоматическом четырехкружном дифрактометре Enraf-Nonius CAD-4 при температуре 21°C (MoK_α-излучение). В структуре II учет поглощения не проводился ($\mu_{\text{Mo}} 5.44$ см⁻¹), в структуре I проведен эмпирический учет поглощения ($\mu_{\text{Mo}} 26.56$ см⁻¹). Структуры расшифрованы прямым методом и уточнены вначале в изотропном, затем в анизотропном приближении (для всех неводородных атомов). Атомы водорода выявлены из разностных рядов электронной плотности и уточнены по соответствующим моделям “наездника”. Окончательные значения факторов расходимости в структуре I $R = 0.0827$, $R_w = 0.2133$ по 7270 отражениям с $F^2 \geq 2\sigma$, в структуре II $R = 0.0408$, $R_w = 0.1057$ по 3246 отражениям с $F^2 \geq 2\sigma$. Предварительная обработка данных выполнена на ЭВМ DEC AlfaStation 200 по программам комплекса MolEN [31], расшифровка и окончательное уточнение структур выполнены с использованием комплекса программ WinGX [32]. Рисунки структур и анализ геометрии выполнен по программам PLATON [33] и MERCURY [34].

Кристаллографические параметры для соединений I и II депонированы в объединенную базу структурных данных Cambridge CCDC/FIZ Karlsruhe (CCDC № 2097704, 2097705 соответственно) и могут быть свободно получены по запросу на сайте: www.ccdc.cam.ac.uk/data_request/cif.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Поскольку известные данные ограничивались сведениями о координирующей способности 3-фенил-1,5-диаза-3-фосфациклогексанов [29, 35], в качестве объектов исследования были выбраны соединения с более донорным и стерически более требовательным функционально замещенным 5'-аллил-2'-этоксibenзильным радикалом при атоме фосфора. Исходный лиганд L был получен по описанной ранее методике [30].

Согласно литературным данным [27–29], для циклических аминотилфосфиновых лигандов с 1,5-диаза-3-фосфациклогексановым остовом можно ожидать образования *цис*-изомера комплекса платины(II). Действительно, при взаимодействии одного эквивалента (1,5-циклооктадиен)дихлороплатины(II) с двумя эквивалентами лиганда L образуется комплекс с *цис*-конфигурацией центрального иона, который был выделен в виде устойчивых к окислению и гидролизу крупных прозрачных желтоватых кристаллов, имеющих состав L₂PtCl₂ · CH₃CN (схема 1).

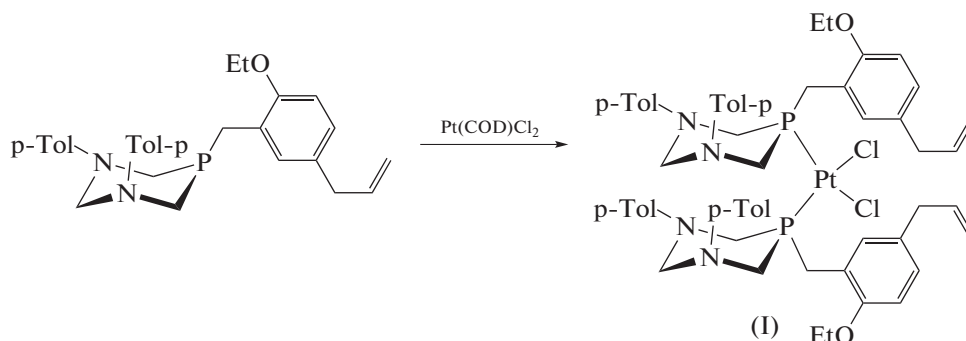


Схема 1.

Вид ИК-спектра комплекса I в области 600–4000 см⁻¹ очень сходен со спектром исходного гетероциклического лиганда. Положение и соотношение интегральных интенсивностей различных групп протонов в ПМР-спектре указывает на сохранение структуры лиганда при комплексообразовании. Смещение сигнала соединения I в спектре ЯМР ³¹P в сторону слабых полей ($\delta_p = -3.63$ м.д.) по сравнению с сигналом исходного 1,3-диаза-5-фосфациклогексана ($\delta_p = -39.94$ м.д.), а также величина стереоспецифичной КССВ ¹J_{PtP} (3400 Гц) указывают на образование плоско-квадратного *цис*-комплекса, в котором атом металла координирован с атомами фосфора, поскольку данные ЯМР близки к наблюдавшимся ранее для платиновых *цис*-комплексов 5-фенил-1,3-диаза-5-фосфациклогексанов ($\Delta\delta_p$ 35–39 м.д., ¹J_{PtP} 2900–3400 Гц) [27, 29]. Спектры ЯМР ¹H свидетельствуют о том, что в растворе оба лиганда в комплексе эквивалентны и имеют конформацию кресла, поскольку метиленовые протоны фрагмента N–CH₂–N регистрируются в виде дублета при 5.19 м.д. (²J_{HH} 13.2 Гц) и дублета дублетов при 3.93 м.д. (²J_{HH} 13.2, ⁴J_{PH} 4.5 Гц), что характерно для этой конформации. Данные РСА позволили установить точную структуру *цис*-комплекса I (рис. 1). Кристалл комплекса I является сольватом с ацетонитрилом, но каких-либо специфических взаимодействий комплекса с сольватной молекулой не наблюдается (рис. 1).

Атом платины в нем имеет плоско-квадратную координацию (сумма валентных углов при нем составляет 360°), но углы между лигандами заметно различаются: если угол Cl(2)Pt(1)P(5b) уменьшен до 83.5(1)°, то угол P(5a)Pt(1)P(5b) увеличен до 102.1(1)°. Эти искажения валентных углов при атоме платины значительно больше, чем в случае *цис*-бис(1,3,5-трифенил-1,3-диаза-5-фосфациклогексан)дихлороплатины(II) [36] и обусловлены стерическими причинами – отталкиванием объемистых заместителей при атомах фосфора фосфиновых лигандов, находящихся в *цис*-положении. Конформация циклических фосфиновых лигандов в комплексе I – “кресло”, *пара*-толильные замести-

тели при атомах N(3) в обоих лигандах в экваториальном положении, заместители при атомах P(5) и N(1) занимают аксиальное и псевдоаксиальное положения соответственно. Эндоциклические атомы азота в лигандах комплекса I имеют различную гибридизацию: атомы N(1) имеют уплощенную тригональную координацию (сумма валентных углов при них 351.8(8)° и 353.2(8)°), а атомы N(3) – тригонально-пирамидальную (сумма валентных углов при них 336.6(8)° и 349.6(8)°). Кристаллизации несимметричного конформера комплекса, в котором один из лигандов имеет аксиальное расположение связи P–M, не наблюдается. Среди выделившихся кристаллов не найдено кристаллов другого типа, что говорит об образовании только одного комплекса. Следует отметить различие с описанным

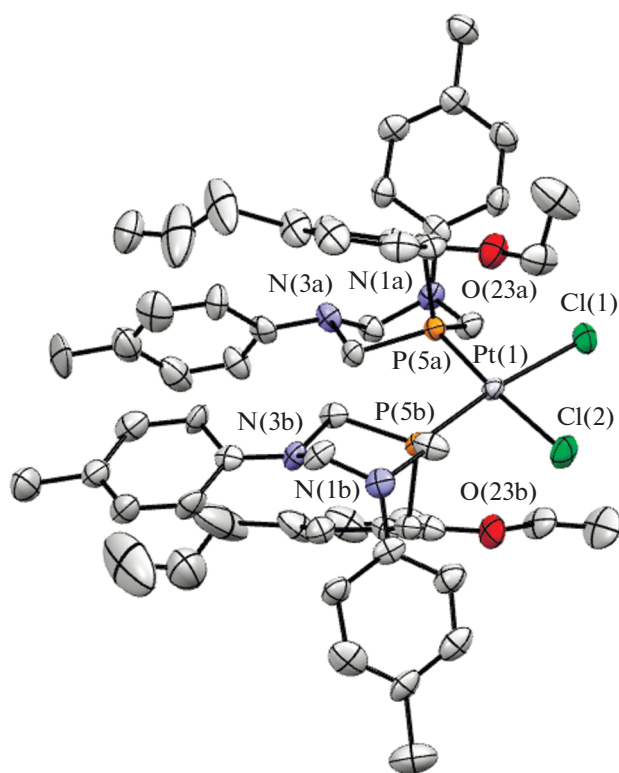


Рис. 1. Геометрия комплекса I в кристалле. Атомы водорода не показаны.

ранее образованием комплекса дихлорида платины с 1,3,5-трифенил-1,3-диаза-5-фосфациклогексаном, когда проведение реакции в ацетонитриле способствовало образованию комплекса с разной конформацией лигандов [36].

Фосфиновые комплексы Ni(II) более лабильны, чем платиновые аналоги, а их спиновое состояние зависит от конфигурации центрального иона и числа присоединившихся молекул лиганда. Для фосфиновых комплексов Ni(II) характерны

плоско-квадратные или тетраэдрические четырехкоординированные конфигурации центрального иона. С фосфинами в ацетонитриле хлорид никеля, как правило, образует плоско-квадратные кристаллические комплексы ярко-красного цвета [35]. При взаимодействии безводного хлорида Ni(II) с лигандом L был получен комплекс II состава L_2NiCl_2 в виде интенсивно окрашенных красных кристаллов, что указывает на плоско-квадратную конфигурацию атома никеля (схема 2).

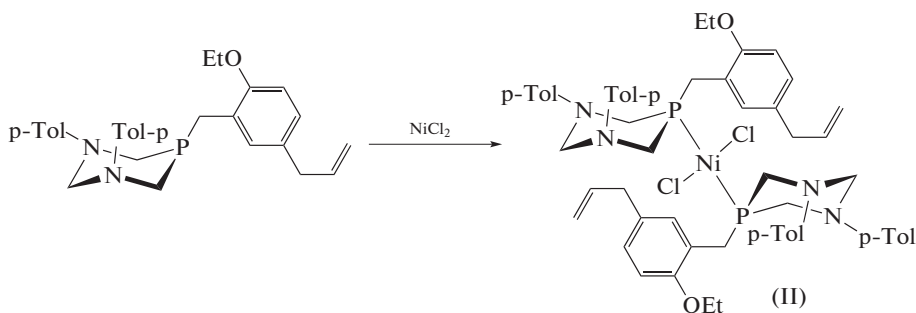


Схема 2.

ИК-спектр полученного комплекса II в области 700–4000 cm^{-1} весьма сходен со спектрами, наблюдаемыми для исходного лиганда и комплекса I, что говорит о сохранении структуры гетероциклического фосфинового лиганда. Комплекс плохо растворим в большинстве органических растворителей. При нагревании в ДМФА комплекс II распадается, а в спектре ЯМР ^{31}P наблюдается лишь сигнал свободного лиганда при -45.58 м.д.

Строение комплекса II было установлено методом РСА. Данный комплекс имеет структуру *транс-бис*[1,3-ди-*n*-толил-5-(5'-аллил-2'-этоксибензил)-1,3-диаза-5-фосфациклогексан]дихлороникеля(II) с плоско-квадратной конфигурацией (рис. 2). Следует отметить, что для ранее синтезированного *бис*(1,3,5-трифенил-1,3-диаза-5-фосфациклогексан)дихлороникеля(II) наблюдалась *цис*-конфигурация центрального иона никеля [35, 37], что, по-видимому, можно объяснить меньшим объемом фенильного заместителя при атоме фосфора (схема 2).

В кристалле II комплекс находится в частном положении в центре симметрии, поэтому на рис. 2 симметрически зависимые атомы имеют одинаковую нумерацию. Валентные углы при атоме никеля несколько искажены: $\text{Cl}(2)\text{NiP}(5)$ $87.10(4)^\circ$, $\text{Cl}(2)\text{NiP}(5)$ $92.90(4)^\circ$. Расстояния $\text{Ni}(1)\text{—Cl}(2)$ $2.165(1)$ Å несколько меньше, чем $\text{Ni}(1)\text{—P}(5)$ $2.2120(9)$ Å. Гетероциклические лиганды комплекса II имеют конформацию кресла, *пара*-толильный заместитель при атоме N(3) находится в экваториальном положении, заместители при атомах N(1) и P(5) — в псевдоаксиальном. Следует отметить, что, как и в случае ком-

плекса I, атомы азота гетероцикла имеют различную координацию: атом N(1) — сильно уплощенную пирамидальную (сумма валентных углов при нем 354.4°), атом N(3) — тригонально-пирамидальную (сумма валентных углов 335.4°). При этом длины связей при атоме N(1) заметно меньше, чем у атома N(3), что обусловлено сопряжением его НЭП с π -системой *пара*-толуидинового фрагмента.

Следует отметить, что в менее стерически напряженных 8-членных гетероциклических фосфинах — 1,5-диаза-3,7-дифосфациклооктанах и комплексах металлов с этими лигандами — атомы азота имеют плоско-тригональную координацию и аксиальную ориентацию заместителя, если при нем ароматический заместитель, и тригонально-пирамидальную и экваториальную ориентацию заместителя, если атом азота связан с sp^3 -гибризированным атомом углерода. В комплексе с 1,3-диаза-5-фосфациклогексановыми лигандами в случае плоско-тригональной координации атомов азота ароматические заместители при них должны были занимать аксиальное положение, что привело бы к сильным стерическим затруднениям с аксиальным заместителем при атоме фосфора (1–3 *син*-аксиальные взаимодействия), и эти затруднения разрешаются за счет пирамидализации атомов азота и “выдавливания” одного из заместителей в экваториальное положение. При этом конформация гетероцикла остается “кресло”.

Таким образом, было показано, что представленные 1,3-диаза-5-фосфациклогексаны в ходе комплексобразования с хлоридами платины и никеля не претерпевают реакций, связанных с изменением размера цикла; образование координационной связи происходит по атому фосфора и сопровождается

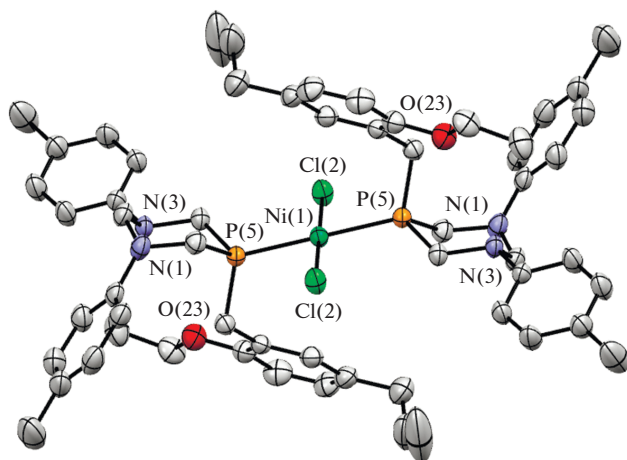


Рис. 2. Геометрия комплекса II в кристалле. Аллильный фрагмент молекулы разупорядочен в кристалле по двум положениям с относительными заселенностями 0.83 : 0.17 и показан в положении с большей заселенностью.

изменением преобладающей конформации лиганда на стерически наименее требовательную. Несмотря на конформационные изменения гетероциклического лиганда, замена фенильного заместителя при атоме фосфора 1,3-диаза-5-фосфациклогексана на 5-аллил-2-этоксипбензильный приводит к образованию никелевого комплекса с *транс*-конфигурацией центрального иона, в отличие от платинового комплекса, имеющего *цис*-конфигурацию за счет большего размера центрального иона.

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят ЦКП-САЦ ФИЦ КазНЦ РАН за предоставленное для проведения исследований оборудование.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 00-03-40133).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Karasik A.A., Nikonov G.N. // Журн. общей химии. 1993. Т. 63. № 12. С. 2775.
2. Karasik A.A., Musina E.I., Balueva A.S. et al. // Pure Appl. Chem. 2017. V. 89. № 3. P. 293.
3. Latypov S.K., Strelnik A.G., Ignatieva S.N. et al. // J. Phys. Chem. A. 2012. V. 116. № 12. P. 3182.
4. Latypov S.K., Strelnik A., Balueva A. et al. // Eur. J. Inorg. Chem. 2016. V. 2016. № 7. P. 1068.
5. Karasik A.A., Bobrov S.V., Nikonov G.N. et al. // Russ. J. Coord. Chem. 1995. V. 21. № 7. P. 574.
6. Ignatieva S.N., Balueva A.S., Karasik A.A. et al. // Inorg. Chem. 2010. V. 49. № 12. P. 5407.
7. Karasik A.A., Balueva A.S., Musina E.I. et al. // Mendeleev Commun. 2013. V. 23. P. 237.
8. Musina E.I., Khrizanforova V.V., Strelnik I.D. et al. // Chem. Eur. J. 2014. V. 20. № 11. P. 3169.
9. Musina E.I., Karasik A.A., Balueva A.S. et al. // Eur. J. Inorg. Chem. 2012. P. 1857.
10. Karasik A.A., Balueva A.S., Moussina E.I. et al. // Heteroat. Chem. 2008. V. 19. № 2. P. 125.
11. Galimullina R.M., Valitov M.I., Spiridonova Yu.S. et al. // Russ. J. Phys. Chem. A. 2011. V. 85. № 12. P. 2214.
12. Khrizanforova V.V., Morozov V.I., Strelnik A.G. et al. // Electrochim. Acta. 2017. V. 225. P. 467.
13. Khrizanforova V.V., Musina E.I., Khrizanforov M.N. et al. // J. Organomet. Chem. 2015. V. 789–790. P. 14.
14. Kadirov M.K., Karasik A.A., Nizameev I.R. et al. // Energy Technol. 2018. V. 6. P. 1088.
15. Burrows A.D., Dodds D., Kirk A.S. et al. // Dalton Trans. 2007. V. 36. P. 570–580.
16. Reback M.L., Ginovska-Pangovska B., Ho M.-H. et al. // Chem. Eur. J. 2013. V. 19. P. 1928.
17. Smith S.E., Yang J.Y., DuBois D.L. et al. // Angew. Chem. Int. Ed. 2012. V. 51. P. 3152.
18. Mock M.T., Chen S., O'Hagan M. et al. // J. Am. Chem. Soc. 2013. V. 135. P. 11493.
19. Kendall A.J., Johnson S.I., Bullock R.M. et al. // J. Am. Chem. Soc. 2018. V. 140. P. 2528.
20. Strelnik I.D., Dayanova I.R., Poryvaev T.M. et al. // Mendeleev Commun. 2020. V. 30. P. 40.
21. Musina E.I., Fesenko T.I., Strelnik I.D. et al. // Dalton Trans. 2015. V. 44. P. 13565.
22. Musina E.I., Wittmann T., Latypov S. et al. // Eur. J. Inorg. Chem. 2019. P. 3053.
23. Musina E.I., Karasik A.A., Sinyashin O.G. et al. // Adv. Heterocycl. Chem. 2015. V. 117. P. 83.
24. Liu C., Huang J., Zhu J. et al. // J. Appl. Polym. Sci. 2018. V. 135. № 9. P. 45721.
25. Karasik A.A., Naumov R.N., Sommer R. et al. // Polyhedron. 2002. V. 21. P. 2251.
26. Karasik A.A., Georgiev I.O., Musina E.I. et al. // Polyhedron. 2001. V. 20. P. 3321.
27. Jain A., Helm M.L., Linehan J.C. et al. // Inorg. Chem. Commun. 2012. V. 22. P. 65.
28. Nikonov G.N., Karasik A.A., Malova E.V. et al. // Heteroatom. Chem. 1992. V. 3. № 4. P. 439.
29. Arbuzov B.A., Karasik A.A., Nikonov G.N. et al. // Russ. Chem. Bull. 1992. V. 41. P. 253.
30. Baymuhametov F.Z., Zheltukhin V.F., Nikonov G.N. et al. // Russ. J. Gen. Chem. 2002. V. 72. № 11. P. 1754.
31. Straver L.H., Schierbeek A.J. MolEN. Structure Determination System. Program Description. Nonius B.V. 1994. V. 1. P. 180.
32. Farrugia L.J. // J. Appl. Cryst. 1999. V. 32. № 4. P. 837.
33. Spek A.L. // J. Appl. Cryst. 2003. V. 36. № 1. P. 7.
34. Macrae C.F., Edgington P.R., McCabe P. et al. // J. Appl. Cryst. 2006. V. 39. № 3. P. 453.
35. Arbuzov B.A., Nikonov G.N., Karasik A.A. et al. // Russ. Chem. Bull. 1991. V. 40. P. 191.
36. Karasik A.A., Bobrov S.V., Nikonov G.N. et al. // Russ. Chem. Bull. 1993. V. 42. P. 1587.
37. Khadiullin R.Sh., Karasik A.A., Plyamovatyi A.Kh. et al. // J. Mol. Struct. 1993. V. 293. P. 85.