

СИНТЕЗ, МОЛЕКУЛЯРНАЯ И КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА
КОМПЛЕКСА $[\text{Pt}_2\text{Cl}_6(\text{PPh}_3)_2]$ Е.Е. Левина^{1,2}, И.Ф. Сахапов¹, З.Н. Гафуров¹, А.А. Загидуллин¹,
Л.В. Французова¹, Д.Г. Яхваров^{1,2}¹Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

E-mail: sakharovilyas@mail.ru

²Химический институт им. А.М. Бутлерова, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, РоссияСтатья поступила
14.10.2025С доработки
30.10.2025Принята к публикации
10.11.2025

Описан синтез и кристаллическая структура нового биметаллического комплекса платины состава $[\text{Pt}_2\text{Cl}_6(\text{PPh}_3)_2]$ (**1**), полученного при частичном восстановлении гексахлороплатиновой кислоты $\text{H}_2[\text{PtCl}_6]$ в присутствии трифенилфосфина и гидрокарбоната натрия в тетрагидрофуране. Комплекс выделен как промежуточный продукт реакции. Установлено, что в кристаллической структуре комплекс **1** содержит два атома платины в различных координационных окружениях: Pt1 – в плоскостной геометрии, а Pt2 – в искаженной тетрагональной бипирамиде. Это указывает на присутствие платины в смешанных степенях окисления (II/IV). Молекулы в кристалле упакованы преимущественно за счет $\text{C}\cdots\text{H}\cdots\text{Cl}$ взаимодействий, что подтверждено анализом поверхностей Хиршфельда и двумерных «отпечатков пальцев». Полученные данные расширяют представления о промежуточных продуктах восстановления $\text{H}_2[\text{PtCl}_6]$ и могут быть полезны для понимания механизмов гомогенного катализа на основе платиновых комплексов, в частности в реакциях гидросилилирования и вулканизации силиконов.

DOI: 10.26902/JSC_id159620
EDN: PBHFJK**Ключевые слова:** платина, рентгеноструктурный анализ, биметаллические комплексы, поверхность Хиршфельда.

ВВЕДЕНИЕ

Катализатор Спайера (гексахлороплатинат(IV) водорода, $\text{H}_2[\text{PtCl}_6]$) — один из самых эффективных гомогенных металлокомплексных катализаторов реакции гидросилилирования и сшивки силиконовых резин [1]. Комплекс Спайера в качестве катализатора вулканизации проявляет высокую каталитическую активность, но его применение ограничено плохой растворимостью в полисилоксанах и вероятностью образования платиновой черни. Вместе с тем гексахлороплатинат(IV) водорода является исходным соединением для синтеза катализатора Карс-тедта – комплекса 1,3-дивинил-1,1,3,3-тетраметилдисилоксана $(\text{Me}_2\text{SiCH}=\text{CH}_2)_2\text{O}$ и Pt(0) [2]. В ходе реакции, которая протекает в восстановительных условиях, Pt(IV) превращается в Pt(0) через промежуточные комплексы Pt(II) [3]. Можно предположить и образование биметаллических комплексов платины в различных степенях окисления с мостиковыми хлоридными лигандами, которые являются ключевыми промежуточными продуктами в реакциях восстановления

Pt(IV) и играют важную роль в механизмах гомогенного катализа с участием катализатора Спайера.

В то же время биметаллические комплексы платины с мостиковыми хлоридными лигандами широко исследованы в научной литературе, это важный класс соединений с уникальными электронными [4–6] и каталитическими свойствами [1]. В последнее время продемонстрирована их роль в качестве молекулярных предшественников для синтеза халькогенидов металлов M_xE_y (где $M = Pd, Pt$; $E = S, Se, Te$) для приложений в микроэлектронике [8–10]. В рамках настоящей работы из $H_2[PtCl_6]$ синтезирован новый биметаллический комплекс платины $[Pt_2Cl_6(PPh_3)_2]$, его молекулярная и кристаллическая структуры установлены методом рентгеноструктурного анализа.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Реактивы и методы исследования. Все эксперименты, связанные с синтезом комплекса $[Pt_2Cl_6(PPh_3)_2]$ **1**, проводили в атмосфере азота со стандартной техникой Шленка. Растворители очищали и перегоняли по стандартным методикам. Коммерческие реактивы – трифенилфосфин (Sigma-Aldrich); гексахлороплатиновая кислота $H_2[PtCl_6] \cdot 6H_2O$ (Красцветмет) – использовались без дополнительной очистки.

Синтез $[Pt_2Cl_6(PPh_3)_2]$ (1**).** В атмосфере аргона в колбу Шленка поместили гексахлороплатиновую кислоту (0.101 г, 0.2464 ммоль), предварительно высушенную в вакууме. Твердое вещество растворили в 2 мл сухого тетрагидрофурана при интенсивном перемешивании при комнатной температуре. Затем добавили последовательно раствор трифенилфосфина (0.117 г, 0.2464 ммоль) в 1 мл ТГФ и гидрокарбонат натрия (0.1101 г, 1.19 ммоль). Реакционную смесь перемешивали при комнатной температуре в течение 24 ч. В ходе реакции происходит изменение окраски раствора и образование осадка. При проведении реакции в течение 48 ч образуется комплекс **2** – $[(PPh_3)_2PtCl_2]$ [11]. Промежуточный продукт (комплекс **1**) получен после 24 ч из реакционной смеси путем осаждения пентаном и последующего центрифугирования. Процедуру повторяли многократно до тех пор, пока маточный раствор после центрифугирования не стал бесцветным. Полученный осадок высушен в вакууме. Выход: 0.018 г, 12.9 %. Для перекристаллизации воспользовались стандартной методикой: навеску осадка (0.018 г) растворили в 1.5 мл дихлорметана и поместили в узкую внутреннюю ампулу диффузионной ячейки. Внешнюю камеру заполнили 6 мл пентана. Кристаллизация в течение недели при комнатной температуре привела к получению кристаллов, пригодных для рентгеноструктурного анализа. 1H ЯМР «Bruker Avance-400» с рабочей частотой 399.93 МГц ($CDCl_3$, δ , м.д., Гц): 7.27 (*m*, 12H, *m*-CH), 7.49 (*m*, 18H, *o*-CH, *p*-CH). ^{31}P ЯМР «Bruker Avance-400» с рабочей частотой 161.84 МГц ($CDCl_3$, δ , м.д., Гц): 15.1 ($^1J_{PtP} = 3582.3$).

Монокристалльное рентгеноструктурное исследование соединения **1** выполнено на автоматическом трехкружном дифрактометре «Bruker D8 QUEST» («Bruker», Германия) с двумерным детектором «PHOTON III» и микрофокусной рентгеновской трубкой «I μ S DIAMOND» («Incoates», Германия), $\lambda(MoK_{\alpha}) = 0.71073 \text{ \AA}$ при $T = 150(2) \text{ K}$. Сбор, редактирование данных и уточнение параметров элементарной ячейки осуществляли в пакете программ APEX4 (v2021.10-0, Bruker AXS). Эмпирическая коррекция абсорбции на основе формы кристалла, дополнительная сферическая коррекция абсорбции и учет систематических ошибок проведены по программе SADABS-2016/2 [12]. Структура расшифрована прямым методом программой SHELXT-2018/2 [13] и уточнена полноматричным методом наименьших квадратов по F^2 программой SHELXL-2019/1 [14] в пакете программы Olex2 [15]. Неводородные атомы уточнены в анизотропном приближении. Атомы водорода помещены в геометрически рассчитанные положения и включены в уточнение в модели «наездника». Анализ межмолекулярных взаимодействий и рисунки выполнены с использованием программ PLATON [16] и Mercury [17]. Кристаллографические данные структуры **1** депонированы в Кембриджском банке структурных данных, регистрационный номер и важнейшие характеристики приведены в табл. 1.

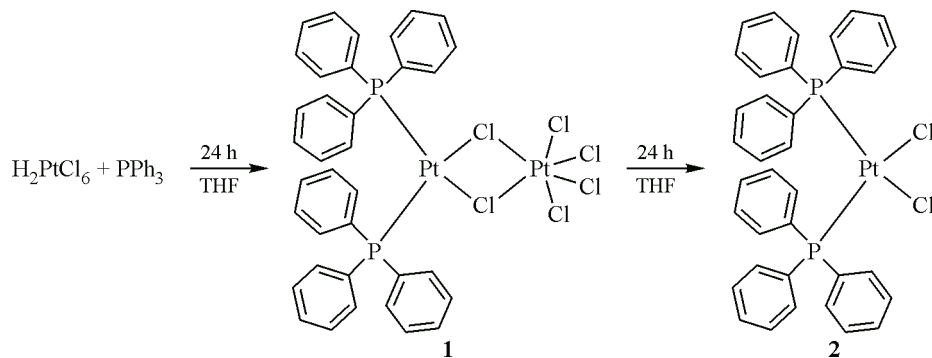
Т а б л и ц а 1

Основные кристаллографические параметры структуры **1** по рентгенодифракционным данным для монокристалла

Параметр	1
Брутто-формула	$C_{36}H_{30}Cl_6P_2Pt_2$
Молекулярная масса	1127.42
Кристаллографический класс	Моноклинный
Пространственная группа	$P2_1/n$ (No. 14)
Параметры элементарной ячейки: $a, b, c, \text{\AA}$	18.8667(9), 10.5367(5), 19.2344(9)
α, β, γ , град.	90, 107.561(2), 90
Объем элементарной ячейки, $\text{\AA}^3$	3645.5(3)
Z / Z'	4 / 1
Вычисленная плотность, г/см^3	2.054
Коэффициент поглощения, мм^{-1}	8.221
$F(000)$	2136
Диапазон сбора отражений, град.	1.809–27.000
Диапазон индексов	$-24 \leq h \leq 24, -13 \leq k \leq 13, -24 \leq l \leq 24$
Отражений общее число / независимых (R_{int})	96678 / 7954 (0.0426)
R_{σ}	0.0179
$T_{\text{max}} / T_{\text{min}}$	0.9281 / 0.5151
Число наблюдаемых отражений ($I > 2\sigma(I)$)	7470
Полнота к углу $\theta = 25.242^\circ$, %	99.8
Количество отражений / число констрейнов / число параметров	7954 / 0 / 415
Добротность подгонки	1.080
Факторы расходимости R ($I > 2\sigma(I)$)	$R_1 = 0.0165, wR_2 = 0.0382$
Факторы расходимости R (по всем отражениям)	$R_1 = 0.0185, wR_2 = 0.0389$
Остаточные экстремумы электронной плотности, $e/\text{\AA}^3$	0.711 и -0.424
Номер депонента в КБСД	2492124

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Новый биметаллический комплекс платины(II/IV) состава $[Pt_2Cl_6(PPh_3)_2]$ синтезирован при добавлении к гексахлорплатиновой кислоте $H_2[PtCl_6]$ в тетрагидрофуране последовательно раствора трифенилфосфина PPh_3 и избытка гидрокарбоната натрия $NaHCO_3$ (схема 1).

Схема 1. Синтез комплекс $[Pt_2Cl_6(PPh_3)_2]$ (**1**)

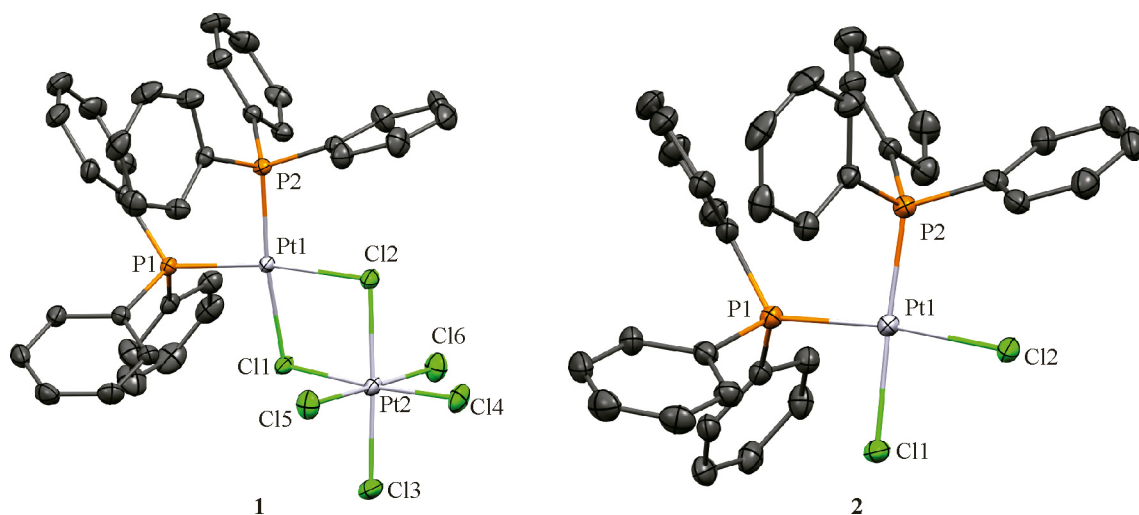


Рис. 1. Геометрия комплексов **1** и **2** в кристаллах. Эллипсоиды анизотропных смещений приведены с вероятностью 50 %. Сольватная молекула ДМСО в **2** и атомы водорода не показаны для ясности

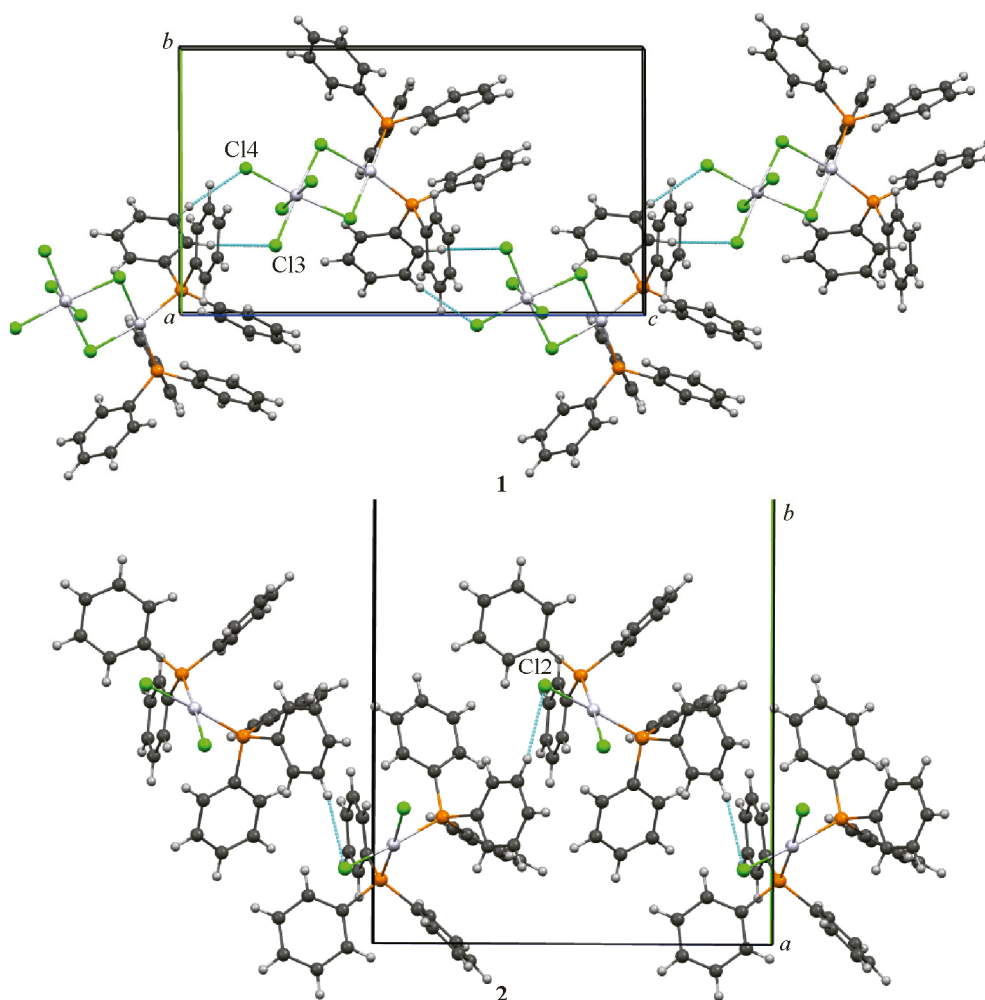


Рис. 2. Цепочка молекул вдоль плоскости скользящего отражения в кристалле комплекса **1** вдоль оси $0a$ и комплекса **2** вдоль оси $0c$

Интересно отметить, что продукт неполного восстановления $\text{H}_2[\text{PtCl}_6]$, комплекс $[\text{Pt}_2\text{Cl}_6(\text{PPh}_3)_2]$ **1**, выделен из реакционной смеси после 24 ч протекания реакции. Если продолжать перемешивание до 48 ч, то удастся выделить продукт полного восстановления $\text{H}_2[\text{PtCl}_6]$ – комплекс $[(\text{PPh}_3)_2\text{PtCl}_2]$ **2** [11]. Строение нового нейтрального биметаллического комплекса с двумя мостиковыми хлоридами $[\text{Pt}_2\text{Cl}_6(\text{PPh}_3)_2]$ **1** подтверждено методами спектроскопии ЯМР ^1H , ^{31}P спектроскопии, а также методом РСА (рис. 1). В ходе исследования установлена молекулярная и кристаллическая структура нового биметаллического комплекса платины $[\text{Pt}_2\text{Cl}_6(\text{PPh}_3)_2]$ **1**, определено координационное окружение атомов платины, характер Pt—Cl и Pt—Pt взаимодействий. Кроме того, проанализированы особенности упаковки комплексов **1** и **2** в кристалле, а также природа межмолекулярных контактов посредством рентгеноструктурного анализа и методов кристаллохимического моделирования (включая анализ поверхностей Хиршфельда).

Соединения **1** (CCDC 2492124) и **2** (CCDC 2452974) кристаллизуются в центросимметричных пространственных группах $P2_1/n$ и $P2_1/c$ соответственно. В обоих комплексах атом платины Pt1 имеет плоскостную координацию, в комплексе **1** атом платины Pt2 имеет окружение в форме тетрагональной бипирамиды.

Упаковка молекул в кристаллах выстраивается в основном за счет взаимодействий $\text{C}—\text{H}\cdots\text{Cl}$ (рис. 2). Так, в кристалле комплекса **1** атомами хлора Cl3 и Cl4 формируется цепочка вдоль плоскости скользящего отражения, а в кристалле комплекса **2** посредством атома хлора Cl2, в то время как второй атом хлора Cl1 участвует во взаимодействии только с молекулой растворителя (ДМСО).

Обращают на себя внимание различия в длинах связей при атомах платины в соединении **1**: при переходе от атома Pt1 к атому Pt2 длины связей Pt—Cl уменьшаются, что обусловлено увеличением заряда на атоме Pt2 (табл. 2). Расстояние Pt—Pt в комплексе **1** составляет 3.4978 Å, что существенно превышает длину классической связи металл–металл.

Проведено сравнение значения длин связей Pt—P в комплексах **1** и **2** со значениями для других Pt(II)-фосфиновых комплексов [18–21]. Между собой значения рассматриваемых комплексов хорошо согласуются, но в сравнении с аналогами из литературы длины их связей больше (табл. 3). Такие вариации могут быть обусловлены различиями в *транс*-влиянии соседних лигандов и кристаллографическими эффектами упаковки.

Для дифференциации атомов хлора в структуре и определения различий в упаковке и силе межмолекулярных взаимодействий проведен анализ поверхностей Хиршфельда. В кристалле соединения **1** при атомах хлора Cl4 и Cl6 наблюдается по одному красному участку на поверхности, что отвечает образованию более коротких межмолекулярных контактов, чем сумма ван-дер-ваальсовых радиусов атомов пары соответствующих атомов (рис. 3a). В то же время, в кристалле соединения **2** для атома Cl2 можно увидеть два таких участка (рис. 3b).

Т а б л и ц а 2

Избранные геометрические параметры молекул в кристаллах **1** и **2**

Молекула	Pt1—Cl1, Å	Pt1—Cl2, Å	Pt2—Cl1, Å	Pt2—Cl2, Å	Pt1—Pt2, Å	$\angle\text{Cl1—Pt1—Cl2}$, град.
1	2.4041(6)	2.3940(6)	2.3599(6)	2.3632(7)	3.4978	83.00(2)
2	2.3587(8)	2.3314(8)	—	—	—	86.90(3)

Т а б л и ц а 3

Значения расстояний Pt—P в кристаллах

Связь, Å	1	2	$[\text{AgPt}(\text{L})_2(\text{NO}_3)_3]$	<i>cis</i> - $[\text{Pt}(\text{L})_2\text{Cl}_2]$
Pt1—P1	2.2645(7)	2.2612(9)	2.2321(5)	2.2460(11)
Pt1—P2	2.2487(7)	2.2495(9)	2.2384(6)	2.2484(11)

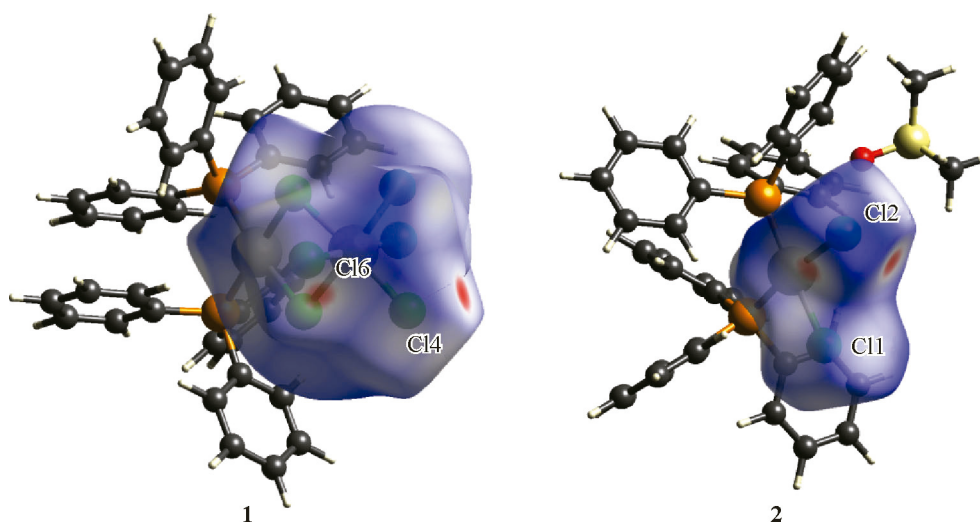


Рис. 3. Поверхности Хиршфельда для хлорплатинового фрагмента в кристаллах соединений **1** и **2**, окрашенные в соответствии с параметром d_{norm}

Также для количественного анализа межмолекулярных взаимодействий в кристаллической структуре были построены двумерные графики «отпечатков пальцев» (рис. 4). Графики имеют характерный вид с четко выраженными выступами в области с координатами $d_e \approx 1.2 \text{ \AA}$, $d_i \approx 1.2 \text{ \AA}$ и $d_e \approx 1.0 \text{ \AA}$, $d_i \approx 1.6 \text{ \AA}$, относящимися к сильным взаимодействиям с участием атомов хлора и платины.

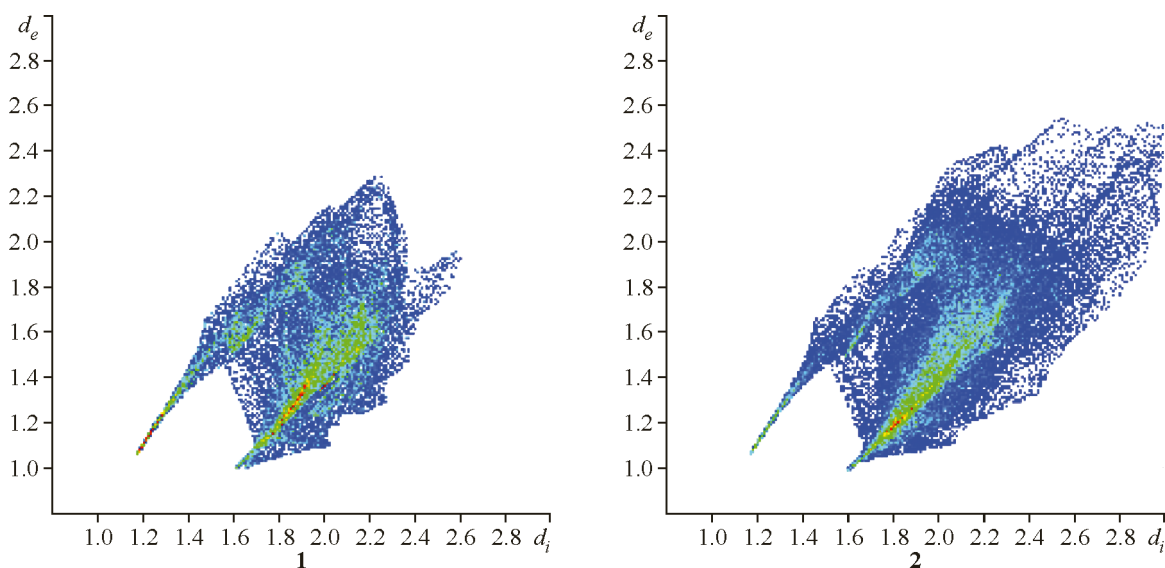


Рис. 4. Отпечатки поверхностей Хиршфельда для кристаллов соединений **1** и **2**

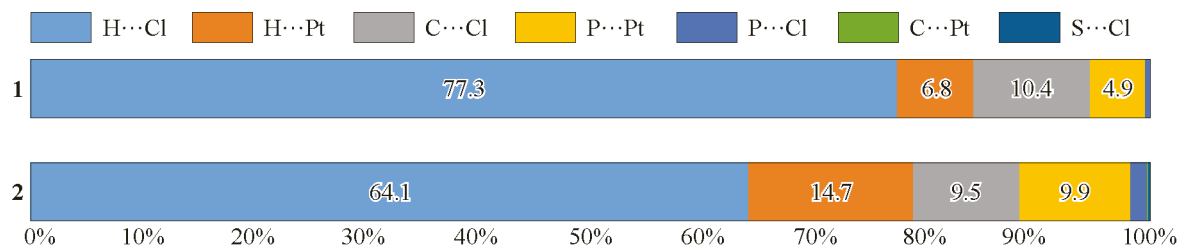


Рис. 5. Распределение по типам контактов для молекул в кристаллах соединений **1** и **2**

Исходя из распределения по типам контактов, полученного на основе анализа поверхностей Хиршфельда (рис. 5), наибольший вклад для обеих структур вносят контакты $\text{H}\cdots\text{Cl}$ и $\text{H}\cdots\text{Pt}$. Можно предположить, что доля контактов $\text{H}\cdots\text{Cl}$ больше в промежуточном соединении **1** из-за большего количества атомов хлора.

ВЫВОДЫ

Синтезирован новый биметаллический комплекс платины состава $[\text{Pt}_2\text{Cl}_6(\text{PPh}_3)_2]$ (**1**), являющийся продуктом частичного восстановления гексахлороплатиновой кислоты $\text{H}_2[\text{PtCl}_6]$ в присутствии трифенилфосфина и гидрокарбоната натрия в тетрагидрофуране. Структура комплекса **1** установлена методом рентгеноструктурного анализа. В молекуле комплекса присутствуют два атома платины в различных координационных окружениях: Pt1 в плоскостной геометрии (характерной для Pt(II)), а Pt2 в искаженной тетрагональной бипирамиде (свойственной Pt(IV)), что свидетельствует о смешанной степени окисления платины. Молекулярная упаковка в кристалле определяется преимущественно межмолекулярными взаимодействиями $\text{C}\cdots\text{H}\cdots\text{Cl}$, что подтверждено анализом поверхностей Хиршфельда и двумерных «отпечатков пальцев». Наибольший вклад в стабилизацию кристаллической структуры вносят контакты $\text{H}\cdots\text{Cl}$ и $\text{H}\cdots\text{Pt}$. Полученные результаты расширяют представления о промежуточных продуктах восстановления $\text{H}_2[\text{PtCl}_6]$, в частности о роли биметаллических хлоридных комплексов платины в каталитических циклах.

Данная работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ КазНЦ РАН.

Авторы благодарят ЦКП-САЦ ФИЦ КазНЦ РАН за техническую поддержку проведенных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. M. Reboli, M. Durandetti. A comprehensive review of intramolecular hydrosilylation of alkynes and alkenes. *ChemCatChem*, **2025**, 17(10), e202402136. <https://doi.org/10.1002/cctc.202402136>
2. R.Y. Lukin, A.M. Kuchkaev, A.V. Sukhov, G.E. Bektukhamedov, D.G. Yakhvarov. Platinum-catalyzed hydrosilylation in polymer chemistry. *Polymers*, **2020**, 12(10), 2174. <https://doi.org/10.3390/polym12102174>
3. M.F. Lappert, F.P.A. Scott. The reaction pathway from Speier's to Karstedt's hydrosilylation catalyst. *J. Organomet. Chem.*, **1995**, 492(2), C11–C13. [https://doi.org/10.1016/0022-328x\(94\)05359-j](https://doi.org/10.1016/0022-328x(94)05359-j)
4. M.A. Kinzhalov, M.V. Kashina, A.S. Mikherdov, S.A. Katkova, V.V. Suslonov. Synthesis of platinum(II) phosphine isocyanide complexes and study of their stability in isomerization and ligand disproportionation reactions. *Russ. J. Gen. Chem.*, **2018**, 88(6), 1180–1187. <https://doi.org/10.1134/s107036321806021x>
5. W. Ruan, C. Shi, H.H.Y. Sung, I.D. Williams, G. Jia. Synthesis and reactivity of platinum vinylcarbene complexes prepared from activation of propargyl alcohols. *J. Organomet. Chem.*, **2019**, 880, 7–14. <https://doi.org/10.1016/j.jorganchem.2018.10.016>
6. C.F. Bender, T.J. Brown, R.A. Widenhoefer. Mechanism of the platinum(II)-catalyzed hydroamination of 4-pentenylamines. *Organometallics*, **2016**, 35(2), 113–125. <https://doi.org/10.1021/acs.organomet.5b00821>
7. J. Dilworth, N. Wheatley. The preparation and coordination chemistry of phosphorus–sulfur donor ligands. *Coord. Chem. Rev.*, **2000**, 199(1), 89–158. [https://doi.org/10.1016/s0010-8545\(99\)00185-x](https://doi.org/10.1016/s0010-8545(99)00185-x)
8. S. Dey, V.K. Jain. Platinum group metal chalcogenides. *Platinum Met. Rev.*, **2004**, 48(1), 16–29. <https://doi.org/10.1595/003214004x4811629>
9. L.B. Kumbhare, V.K. Jain, P.P. Phadnis, M. Nethaji. Palladium(II) and platinum(II) 2-(methoxycarbonyl)ethylselenolates: Synthesis, spectroscopy, structures and their conversion into metal selenide. *J. Organomet. Chem.*, **2007**, 692(7), 1546–1556. <https://doi.org/10.1016/j.jorganchem.2006.12.003>
10. L.B. Kumbhare, V.K. Jain, B. Varghese. Palladium(II) and platinum(II) monoselenocarboxylates: Synthesis, spectroscopy, structure and their use as molecular precursors for metal selenides. *Inorg. Chim. Acta*, **2006**, 359(2), 409–416. <https://doi.org/10.1016/j.ica.2005.06.080>
11. E.E. Levina, A.R. Lakomkina, I.F. Sakhapov, A.R. Khamatgalimov, I.A. Litvinov, L.V. Frantsuzova, K.A. Bezlepina, Z.N. Gafurov, D.G. Yakhvarov, A.A. Zagidullin. Catalysts for the hydrosilylation of polysiloxane systems based on platinum (II) complexes of the composition $(\text{PR}_3)_2\text{PtCl}_2$. *Polym. Sci., Ser. B*, **2025**, 67, 239–249. <https://doi.org/10.7868/S2412985225040012>

12. 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>
13. G.M. Sheldrick. SHELXT – Integrated space-group and crystal-structure determination. *Acta Crystallogr., Sect. A: Found. Adv.*, **2015**, 71(1), 3–8. <https://doi.org/10.1107/s2053273314026370>
14. G.M. Sheldrick. SHELXT – Integrated space-group and crystal-structure determination. *Acta Crystallogr., Sect. A: Found. Adv.*, **2015**, 71(1), 3–8. <https://doi.org/10.1107/s2053273314026370>
15. 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>
16. A.L. Spek. Structure validation in chemical crystallography. *Acta Crystallogr., Sect. D: Biol. Crystallogr.*, **2009**, 65(2), 148–155. <https://doi.org/10.1107/s090744490804362x>
17. C.F. Macrae, I. Sovago, S.J. Cottrell, P.T.A. Galek, P. McCabe, E. Pidcock, M. Platings, G.P. Shields, J.S. Stevens, M. Towler, P.A. Wood. Mercury 4.0: From visualization to analysis, design and prediction. *J. Appl. Crystallogr.*, **2020**, 53(1), 226–235. <https://doi.org/10.1107/s1600576719014092>
18. I.K. Mikhailov, Z.N. Gafurov, A.V. Sukhov, A.A. Kagilev, A.A. Zagidullin, D.G. Yakhvarov. Group 10 metal complexes with redox-active pincer ligands: Electronic structure and reactivity. *Russ. Chem. Bull.*, **2025**, 74(7), 1895–1913. <https://doi.org/10.1007/s11172-025-4677-4>
19. E.I. Musina, I.D. Strelnik, I.A. Litvinov, A.A. Karasik. Unconventional approach to the synthesis of nickel and platinum complexes of 1,3,6-azadiphosphacycloheptanes. *Dokl. Chem.*, **2023**, 513(1), 342–350. <https://doi.org/10.1134/s0012500823600827>
20. A.V. Artem'ev, M.I. Rogovoy, D.G. Samsonenko, M.I. Rakhmanova. Heterobimetallic Pt^{II}–Ag^I complex supported by diphenyl(2-pyrimidyl)phosphine: Synthesis and thermochromic photoluminescence. *Inorg. Chem. Commun.*, **2020**, 115, 107862. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2020.107862>
21. M.I. Rogovoy, M.P. Davydova, I.Y. Bagryanskaya, A.V. Artem'ev. Efficient one-pot synthesis of diphenyl(pyrazin-2-yl)phosphine and its Ag^I, Au^I and Pt^{II} complexes. *Mendeleev Commun.*, **2020**, 30(3), 305–307. <https://doi.org/10.1016/j.mencom.2020.05.014>