

Д. Н. АКБАЕВА

МЕТАЛЛОГАНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ, СОДЕРЖАЩИЕ МОЛЕКУЛУ P_4 В КАЧЕСТВЕ η^2 -ЛИГАНДА

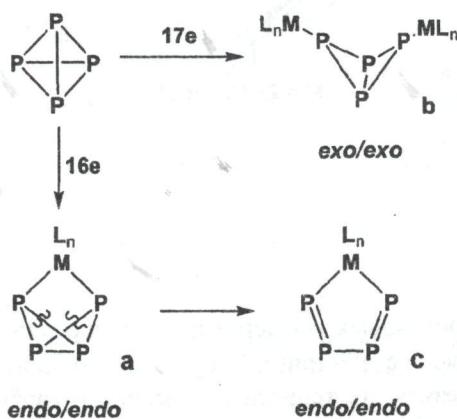
Рассмотрены синтезы комплексов переходных металлов, содержащих молекулу P_4 в качестве η^2 -лиганды, из белого фосфора и координационно ненасыщенных фрагментов металлоганических соединений. Обсуждены спектроскопические и рентгеноструктурные характеристики синтезированных комплексов.

Белый фосфор благодаря наличию как донорных, так и не занятых акцепторных орбиталей легко взаимодействует с координационно ненасыщенными фрагментами металлоганических соединений с образованием комплексов, в которых он может выступать в качестве η^1 - и η^2 -лигандов

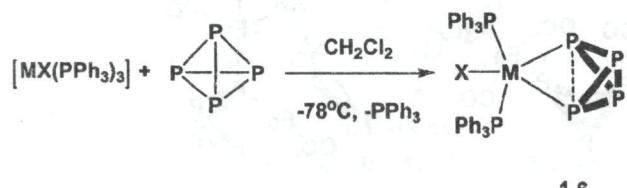
[1,2]. В сообщении [3] описаны комплексы переходных металлов, содержащие молекулу P_4 в качестве η^1 -лиганды. Установлено, что при формировании таких комплексов правильная тетраэдрическая структура молекулы P_4 превращается в слегка удлиненную тригональную пирамиду,

вершина которой связана с атомом переходного металла.

В данной работе приведены прямые синтезы комплексов переходных металлов, содержащих молекулу P_4 в качестве η^2 -лиганда, из белого фосфора и координационно ненасыщенных фрагментов металлоганических соединений. Внедрение металлоганического фрагмента по одной из шести P–P связей молекулы P_4 является началом разрушения тетраэдрической молекулы белого фосфора [4]. Симметричный разрыв P–P-связи осуществляется 16 или 17 электронными фрагментами металлоганических соединений, с образованием моноядерных $ML_n(\eta^2-P_4)$ (*endo/endo*-позиция фрагментов ML_n) (a) и мостиковых биядерных фосфорных комплексов $ML_n(\mu,\eta^{1:1}-P_4)ML_n$ (*exo/exo*-позиция фрагментов ML_n) (b) в форме «бабочки», в которых координированная через P–P-ребро молекула P_4 находится в виде тетрафосфабициклического. Разрыв последующих двух P–P-связей в моноядерных комплексах a ведет к изомеризации тетрафосфабициклического в тетрафосфабутадиен c [5].

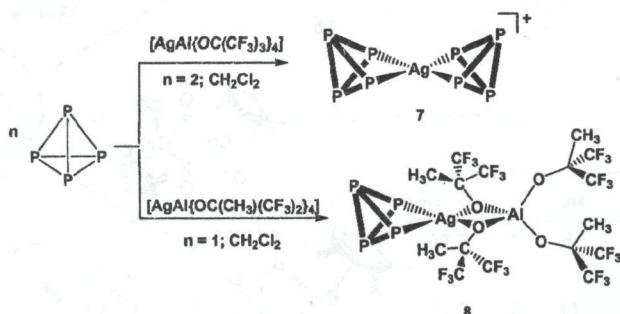


Так, реакция белого фосфора в дихлорометане с комплексом Вилкинсона $[RhCl(PPh_3)_3]$ и с другими соединениями родия (I) и иридия (I) общей формулы $[MX(PR_3)_3]$, при $-78^\circ C$ приводит к образованию малорастворимых и термически нестабильных комплексов $[MX(PR_3)_2(\eta^2-P_4)]$ [$M = Rh, X = Cl, R = Ph$ (1), *p*-tol (2), *m*-tol (3); $X = Br, R = Ph$ (4); $X = I, R = Ph$ (5); $M = Ir, X = Cl, R = Ph$ (6)] [6, 7].



Соединения 1–6 относительно нестабильны на воздухе при комнатной температуре и в растворах при температуре выше $-20^\circ C$. Они хорошо растворимы в дихлорометане, хлороформе, а комплексы 2, 3 – также в ароматических растворителях.

Алюминаты серебра $AgAl[OC(CF_3)_3]_4$ и $AgAl[OC(CH_3)(CF_3)_2]_4$ реагируют с растворами белого фосфора в дихлорометане, образуя комплексы с молекулой тетрафосфора в η^2 -позиции: $[Ag(\eta^2-P_4)_2\{Al[OC(CF_3)_3]_4\}]$ (7) [8] и $[\{Ag(\eta^2-P_4)\}Al][OC(CH_3)(CF_3)_2]_4$ (8) [9].

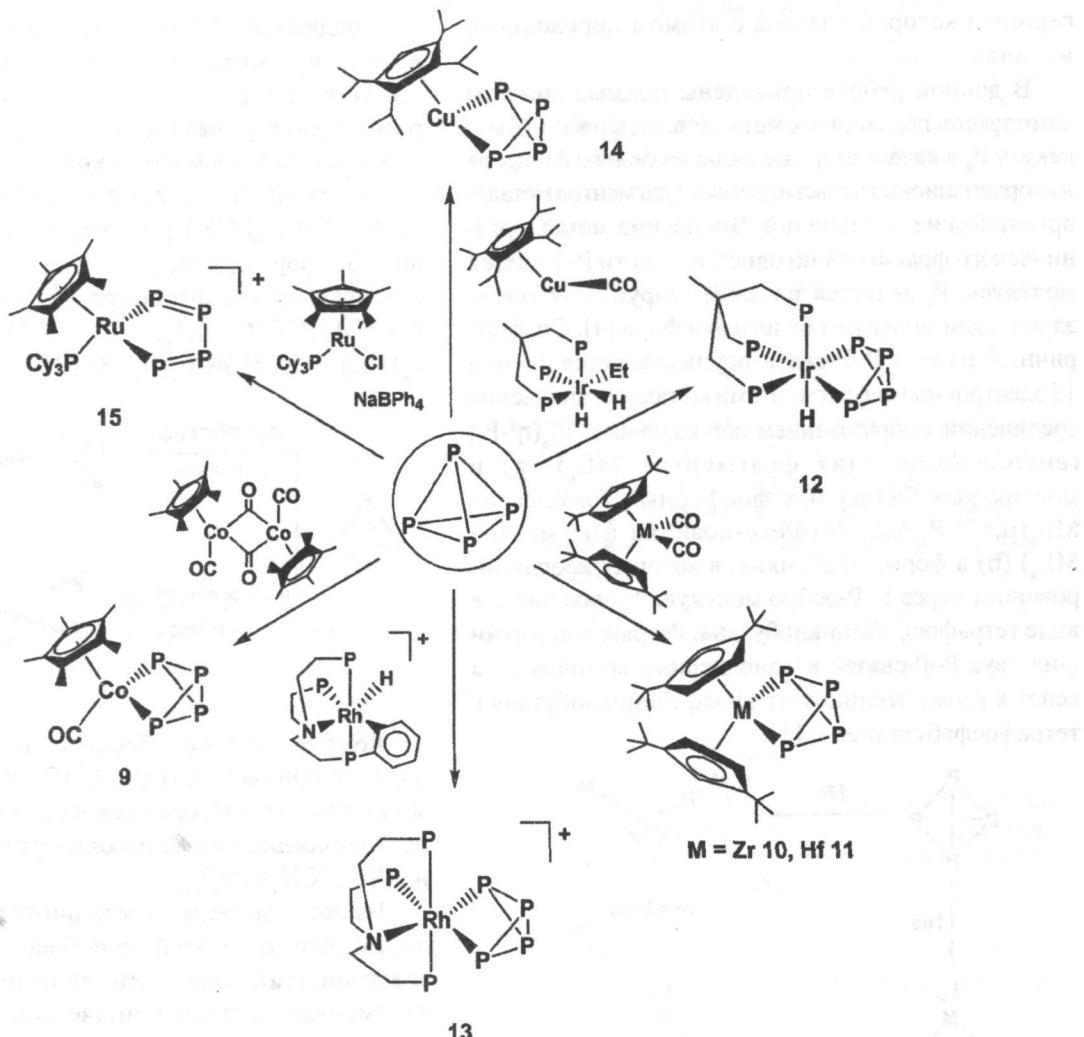


Комpleксы 7 и 8 – бесцветные вещества, хорошо растворимые в CH_2Cl_2 , $CHCl_3$ и $1,2-Cl_2C_2H_4$, самопроизвольно загораются на воздухе. В CS_2 и *n*-пентане соединение 8 диссоциирует на ионы $Ag(P_4)^+$ и $Al[OC(CH_3)(CF_3)_2]_4^-$.

На схеме приведены реакции формального окислительного взаимодействия белого фосфора с 16 электронными координационно ненасыщенными фрагментами металлоганических соединений, по которым образуются комплексы общей формулы $ML_n(\eta^2-P_4)$: $[CoCp^*(CO)(\eta^2-P_4)]$ ($Cp^* = C_5Me_5$) (9) [5], $[ZrCp_2''(\eta^2-P_4)]$ ($Cp'' = C_5H_3Bu_2-1,3$) (10) [10], $[HfCp_2''(\eta^2-P_4)]$ (11) [10], $[IrH(triphos)(\eta^2-P_4)]$ ($triphos = MeC(CH_2PPh_2)_3$) (12) [11], $[Rh(np_3)(\eta^2-P_4)]BPh_4$ ($np_3 = N(CH_2CH_2PPh_2)_3$) (13) [12], $[CuCp^4(\eta^2-P_4)]$ ($Cp^4 = C_5H^+Pr_4$) (14) [13, 14], $[RuClCp^*(PCy_3)(\eta^2-P_4)]$ ($Cy = \text{цикло-}C_6H_{11}$) (15) [14, 15].

Комплексы 9–11 стабильны на воздухе, растворяются в *n*-пентане, толуоле, бензоле, дихлорометане [5, 10]. Соединения 12–15 нестабильны на воздухе, растворяются в тетрагидрофуране, дихлорометане, но хуже в ароматических растворителях, дизтиловом эфире, гексане и спиртах, разлагаются в растворах при температуре выше $10^\circ C$, но проявляют большую стабильность в сухой инертной атмосфере [11–15].

Симметричный разрыв P–P-связи наблюдается также с 17 электронными координационно нена-



сыщенным фрагментами металлорганических соединений. Так, в результате фотохимической реакции между белым фосфором и димерным карбонил-ди-*трет*-бутилцикlopентадиенильным комплексом железа(II) $\left[\left\{Fe(C_5H_3^+Bu_2^-)_2(CO)_2\right\}_2\right]$ в ТГФ при комнатной температуре получаются комплексы $\left[\left\{Fe(C_5H_3^+Bu_2^-)_2(CO)_2\right\}_2\{\mu,\eta^{1:1}-P_4\}\right]$ (16) и $\left[\left\{Fe(C_5H_3^+Bu_2^-)_2(CO)\right\}\{\mu,\eta^{1:2}-P_4\}\left\{Fe(C_5H_3^+Bu_2^-)_2(CO)_2\right\}\right]$ (17) [16-18]. Двойное металлирование тетрафосфорной молекулы приводит к формированию

нию мостиковых биядерных металлорганических комплексов с $\eta^{1:1}$ - или $\eta^{1:2}-P$, типами координации.

В результате термолиза димерного карбонилтрит-трет-бутилцикlopентадиенильного комплекса железа(II) $\left[\left\{\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_3'\text{Bu}_3\text{-1,2,4})(\text{CO})_2\right\}_2\right]$ с белым фосфором в толуоле при 110°C образуется комплекс $\left[\left\{\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_3'\text{Bu}_3\text{-1,2,4})(\text{CO})_2\right\}_2\{\mu, \eta^{1:1}\text{-P}_4\}\right]$ (18), родственный комплексу 16 [19]. В соединениях 16 и 18 два металлогорганических фрагмента $\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_3'\text{Bu}_2\text{-1,3})(\text{CO})$, и $\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_3'\text{Bu}_1\text{-1,3,5})(\text{CO})$, соединены друг

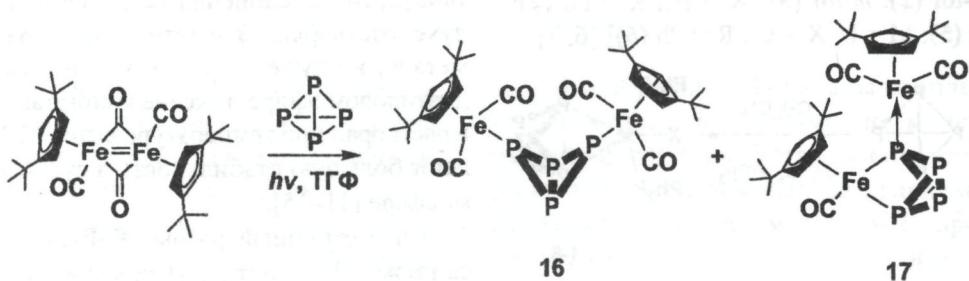


Таблица 1. Данные ЯМР³¹P{H} спектроскопии для координированного $\eta^2\text{-P}_4$ лиганда, относящегося к A_2B_2 спиновой системе

Комплекс	δP_A	δP_B	${}^1J(P_A\text{-}P_B)$	$\Delta\delta(P_A\text{-}P_B)$	Лит.
[RhCl($\eta^2\text{-P}_4$)(PPh ₃) ₂] (1)	-279,4	-284,0	175,0	4,6	6, 7
[RhBr($\eta^2\text{-P}_4$)(PPh ₃) ₂] (4)	-276,4	-280,6	179,0	4,2	
[RHI($\eta^2\text{-P}_4$)(PPh ₃) ₂] (5)	-273,8	-276,8	182,0	3,0	
[ZrCp ₂ ''($\eta^2\text{-P}_4$)] (10)	93,3	-214,0	201,1	307,3	10
[HfCp ₂ ''($\eta^2\text{-P}_4$)] (11)	117,5	-219,3	193,9	336,8	
[CuCp ⁴ ($\eta^2\text{-P}_4$)] (14)	-134,0	-348,0	178,0	214,0	13, 14
[FeCp''(CO) ₂ { μ , $\eta^{1:1}$ -P ₄ }] (16)	-84,2	-325,5	186,0	241,3	16
[FeCp'''(CO) ₂ { μ , $\eta^{1:1}$ -P ₄ }] (18)	-81,4	-237,8	183,0	156,4	19
[RuClCp*(PCy ₃) ($\eta^2\text{-P}_4$)] (15)	255,0	-67,0	-	322,0	14, 15
P ₄	-520,0	-	-	-	4

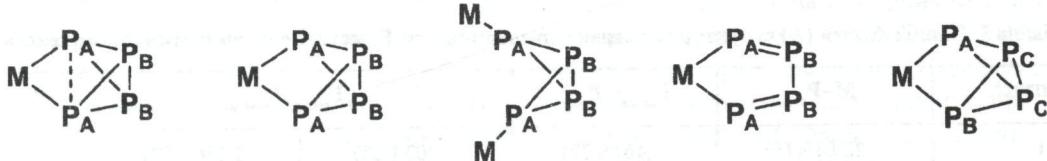
Таблица 2. Данные ЯМР³¹P{H} спектроскопии для координированного $\eta^2\text{-P}_4$ лиганда, относящегося к ABC₂ спиновой системе

Комплекс	δP_A	δP_B	δP_C	${}^1J(P_A\text{-}P_C)$	${}^1J(P_B\text{-}P_C)$	$\Delta\delta(P_C\text{-}P_B)$	Лит.
[CoCp*(CO)($\eta^2\text{-P}_4$)] (9)	-258,2	-258,2	-335,9	156	156	77,7	5
-			-376,9				
[IrH(triphos)($\eta^2\text{-P}_4$)] (12)	-235	-251,3	-272,7	133	141,3	37,7	11
[Rh(np ₃)($\eta^2\text{-P}_4$)] (13)	-224,3	-194,5	-237,8	160	166	13,5	12

с другом двумя несвязанными фосфорными атомами мостикового $\eta^2\text{-P}_4$ лиганда. Оба комплекса нестабильны на воздухе и хорошо растворимы в толуоле, хуже – в n-пентане [16, 19].

Синтезированные $\eta^2\text{-P}_4$ комплексы 1, 4, 5, 10, 11, 14–18 охарактеризованы ЯМР³¹P спектроскопией. Комpleксы переходных металлов, содержащие η^2 -тетрафосфабицикlobутановый и η^2 -тетрафосфабутадиеновый лиганды (комплекс 15), без учета дополнительного взаимодействия с ЯМР активными частицами (координированными фосфинами или атомами переходных металлов) относятся к хорошо разрешенным A_2B_2 и ABC₂ спиновым системам.

атомом переходного металла и менее богатые электронами, сильнее сдвинуты в область слабого поля, чем свободные P_B атомы [6, 7, 10, 13, 14, 16, 19], за исключением комплекса 15 [14]. В комплексах 1, 4, 5 разница в химических сдвигах $\Delta\delta$ между P_A и P_B составляла всего ~5 м. д., а для комплексов 10, 11, 14, 16 и 18 она равна в среднем ~251 м. д. Значения констант спин-спинового взаимодействия (КССВ) ${}^1J(P_A\text{-}P_B)$ для комплексов 1, 4, 5 лежат в пределах 175–182 Гц, а для комплексов 10, 11, 14, 16 и 18 – 178–201 Гц. Данные ЯМР³¹P позволяют утверждать, что комплексы 1, 4, 5 находятся на границе между простой двухэлектронной σ-координацией металла по P–P-связи молекулы P₄ и ее окислительным при-



В табл. 1, 2 приведены данные ЯМР³¹P{H} спектроскопии для координированного $\eta^2\text{-P}_4$ лиганда, относящегося к A_2B_2 и ABC₂ спиновым системам.

Спектры ЯМР³¹P координированного $\eta^2\text{-P}_4$ лиганда в комплексах 1, 4, 5, 10, 11, 14, 16, 18 показали наличие двух сигналов с соотношением интенсивностей 1 : 1. Фосфорные атомы P_A, связанные с

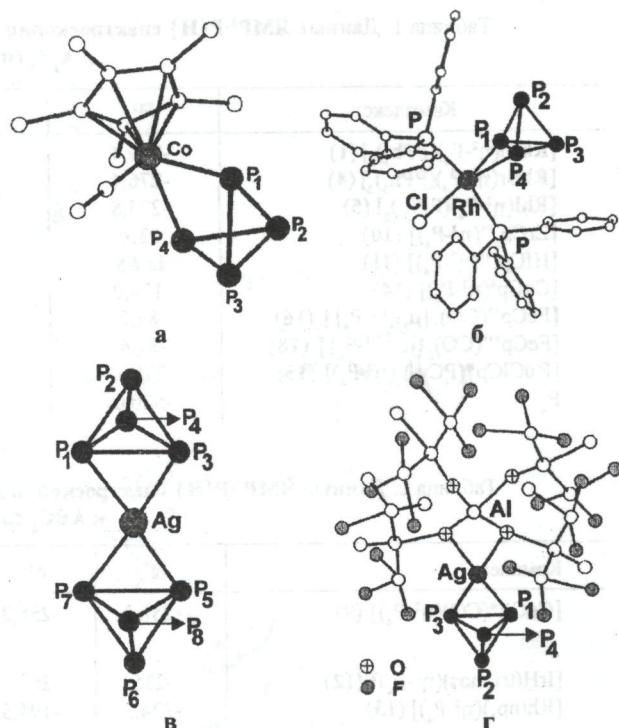
соединением к атому переходного металла. Комплексы 10, 11, 14–16 и 18 являются продуктами формального окислительного взаимодействия P₄ молекулы с ненасыщенными металлогорганическими фрагментами, в которых координированная молекула белого фосфора имеет вид P₄²⁻ [14, 15].

ЯМР³¹P спектроскопия комплексов 7 и 8 показала, что комплекс 7 содержит синглет при -497 м.

д., а фосфорный спектр комплекса **8** – синглет при -515 м. д. в CD_2Cl_2 . При низкотемпературном ЯМР ^{31}P исследовании комплекса **7** наблюдаются уширение сигнала и его незначительное смещение в область слабого поля ($\Delta\delta = 11$ м. д. при -100°C). Поскольку химические сдвиги комплексов **7** и **8** на спектре ЯМР ^{31}P очень близки к сигналу свободной молекулы белого фосфора, координацию P_4 с ионом Ag^+ следует считать очень слабой и они не принадлежат ни к A_2B_2 , ни к ABC_2 спиновым системам [8, 9].

Как видно из табл. 2, химические сдвиги комплексов **9**, **12** и **13** расположены в более узком пределе δ -значений, чем фосфорные комплексы, принадлежащие к A_2B_2 спиновой системе. Спектры ЯМР ^{31}P комплексов **9**, **12** и **13** показали наличие трех сигналов с соотношением интенсивностей $2:1:1$, что свидетельствует о наличии в η^2 -координированной тетрафосфорной молекуле трех неэквивалентных фосфорных атомов [5, 11, 12]. Фосфорные атомы P_A и P_B , связанные с атомом переходного металла, сдвинуты в область слабого поля ($\delta_\text{cp} = \sim -237$ м.д.), чем свободные P_c атомы ($\delta_\text{cp} = \sim -306$ м.д.). Разница в химических сдвигах $\Delta\delta$ в комплексах **9**, **12** и **13** составляла в среднем ~ 43 м. д. Величины КССВ лежат в пределе 133 – 166 Гц. На основе данных ЯМР ^{31}P спектроскопии можно утверждать, что комплексы **9**, **12** и **13**, как и комплексы **10**, **11**, **14**–**16** и **18**, являются продуктами формального окислительного взаимодействия P_4 молекулы с ненасыщенными металлорганическими фрагментами.

Комплексы **1**, **7**–**9**, **18** охарактеризованы рентгеноструктурным анализом. Рентгеноструктурный анализ структуры комплекса **18** подтвердил наличие $\eta^2\text{-P}_4$ лиганда с одним раскрытым $\text{P}-\text{P}$ -ребром (*exo/exo* позиция двух фрагментов $\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_2\text{Bu}_3-1,2,4)(\text{CO})_2$) [19]. Строение молекул **1**, **7**–**9** показано на рисунке.



Молекулярные структуры металлорганических комплексов $[\text{CoCp}^*(\text{CO})(\eta^2\text{-P}_4)]$ (7) (а) и $[\text{RhCl}(\text{PPh}_3)_2(\eta^2\text{-P}_4)]$ (1) (б), $[\text{Ag}(\eta^2\text{-P}_4)_2]\{\text{Al}[\text{OC}(\text{CF}_3)_3]_4\}$ (7) (в) и $\{\{\text{Ag}(\eta^2\text{-P}_4)\}\text{Al}[\text{OC}(\text{CH}_3)_2]_4\}$ (8) (г)

В табл. 3 приведены рассчитанные длины связей ($\text{M}-\text{P}_\text{коорд}$, $\text{P}_\text{коорд}-\text{P}_\text{коорд}$, $\text{P}_\text{коорд}-\text{P}_\text{некоорд}$ и $\text{P}_\text{некоорд}-\text{P}_\text{некоорд}$) в металлорганических комплексах **1**, **7**–**9**. В этих соединениях тетрафосфабицикlobутановый $\eta^2\text{-P}_4$ лиганд формируется за счет неспаренных электронов фосфорных атомов $\text{P}_\text{коорд}$ и $\text{P}_\text{некоорд}$.

В комплексе **1** тетрафосфор координирован через $\text{P}-\text{P}$ -ребро, перпендикулярное плоскости, проходящей через атом родия и донорные атомы двух

Таблица 3. Длины связей (А) структурно охарактеризованных $\eta^2\text{-P}_4$ металлоорганических комплексов **1**, **7**–**9**

Комплекс	$\text{M}-\text{P}_\text{коорд}$	$\text{P}_\text{коорд}-\text{P}_\text{коорд}$	$\text{P}_\text{коорд}-\text{P}_\text{некоорд}$		$\text{P}_\text{некоорд}-\text{P}_\text{некоорд}$
			$\text{P}_\text{коорд}-\text{P}_\text{некоорд}$	$\text{P}_\text{некоорд}-\text{P}_\text{некоорд}$	
1	2,2849(16)	2,4616(22)	2,2034(23)	2,2163(22)	2,1884(24)
	2,3016(16)		2,2085(23)	2,2217(23)	
7	2,540(2)	2,328(2)	2,145(2)	2,155(2)	2,172(2)
	2,548(1)		2,149(2)	2,157(2)	
8	2,536(2)	2,3076(12)	2,150(2)	2,160(2)	2,174(2)
	2,539(1)		2,152(2)	2,163(2)	
9	2,5262(8)	2,606(1)	2,159(1)		2,188(2)
	2,5274(9)			2,204(2)	2,214(1)
	2,255(1)			2,206(2)	2,217(2)
	2,261(1)				

фосфиновых лигандов [6]. Ребро $P_{\text{коорд}}-P_{\text{коорд}}$ молекулы P_4 в комплексе 1 удлинено на 0,25 Å по сравнению со свободной молекулой P_4 (2,21 Å). Длина связи $P_{\text{коорд}}-P_{\text{коорд}}$ (2,4616(22) Å) длиннее, чем связь $P_{\text{некоорд}}-P_{\text{некоорд}}$ (2,1884(24) Å), тогда как связь $P_{\text{коорд}}-P_{\text{некоорд}}$ (2,2034(23)–2,2217(23) Å) является промежуточной. Длины связей $P_{\text{коорд}}-P_{\text{некоорд}}$ и $P_{\text{некоорд}}-P_{\text{коорд}}$ мало отличаются от длин связей в свободной молекуле P_4 (табл. 3, рисунок) [20]. Как и в случае комплексов с η^1 - P_4 лигандом, длина связи $M-P_{\text{фосфин}}$ в комплексе 1 длиннее (2,3312(14)–2,3340(14) Å), чем $M-P_{\text{коорд}}$ (2,2849(16)–2,3016(16) Å). Это свидетельствует о том, что фосфорные атомы белого фосфора лучше как σ-доноры, чем P-атомы трифенилфосфина.

Молекулярная структура комплекса 9 состоит из атома кобальта(II), двух P-донорных атомов P_4 молекулы и одной молекулы CO [5]. Ребро $P_{\text{коорд}}-P_{\text{коорд}}$ в комплексе 9 удлинено на 0,39 Å по сравнению со свободной молекулой P_4 . Длина связи $P_{\text{коорд}}-P_{\text{коорд}}$ (2,606(1) Å) длиннее, чем длина связи $P_{\text{некоорд}}-P_{\text{некоорд}}$ (2,158(2) Å) и $P_{\text{коорд}}-P_{\text{некоорд}}$ (2,204(2)–2,217(2) Å) (табл. 2). Углы $P_{\text{коорд}}-P_{\text{некоорд}}-P_{\text{некоорд}}$ ($P_1-P_2-P_3$ и $P_4-P_3-P_2$) для комплексов 1 (60,15(7)°) и 9 (58,3(1)°) ненамного отличаются друг от друга (см. рисунок). В комплексе 9 угол между двумя P_3 “крыльями бабочки”, составляющий 95°, близок к значениям известных тетрафосфабицикlobутановых производных $P_2(PR)_2$ [5]. Плоскости P_2Co/Cp^* и $CoCO$ примерно ортогонально ориентированы по отношению друг к другу, и величина угла между ними составляет 88,7°.

Комплекс 7 состоит из атома серебра (I) и двух координированных молекул белого фосфора [8]. Координированное P–P-ребро в P_4 тетраэдре $P_{\text{коорд}}-P_{\text{коорд}}$ удлинено на 0,11–0,12 Å, а длины связей $P_{\text{коорд}}-P_{\text{некоорд}}$ и $P_{\text{некоорд}}-P_{\text{некоорд}}$ укорочены с 0,02 до 0,07 Å по сравнению со свободной молекулой. Общая геометрия молекулы P_4 слегка искажена, как видно из маленького предела $P_{\text{коорд}}-P_{\text{некоорд}}-P_{\text{некоорд}}$ углов (56,9–65,5°). Анализ рентгеноструктурных данных и теоретические расчеты *ab initio* длин связей в комплексе 7 подтвердили η^2 -координацию и показали, что в этом соединении две молекулы P_4 координированы с атомом серебра через неразорванное P–P-ребро [21].

Кристаллическая структура комплекса 8 состоит из атома серебра (I) и одной координированной молекулы P_4 [8]. В P_4 тетраэдре связь $P_{\text{коорд}}-P_{\text{коорд}}$ удлинена на 0,10 Å, а длины связей $P_{\text{коорд}}-P_{\text{некоорд}}$ и

$P_{\text{некоорд}}-P_{\text{некоорд}}$ укорочены с 0,02 до 0,05 Å по сравнению со свободной молекулой белого фосфора, как и в комплексе 7. Координированная P_4 молекула слегка искажена, как видно из маленького предела $P_{\text{коорд}}-P_{\text{некоорд}}-P_{\text{некоорд}}$ углов (57,3–64,5°). Полученные структурные данные для комплексов 7 и 8 свидетельствуют о слабой координации молекулы P_4 с атомом Ag(I) через целое P–P-ребро в η^2 -позиции.

Анализ рентгеноструктурных данных позволил заключить, что наибольшее удлинение ребра P–P тетраэдрической молекулы белого фосфора при координации с ненасыщенными фрагментами металлоорганических соединений наблюдается у кобальтового комплекса 9, а наименьшее – у комплекса серебра 8.

Рассмотрены прямые синтезы новых металлоорганических комплексов переходных металлов, содержащих молекулу P_4 в качестве η^2 -лиганда, из белого фосфора с рядом координационно ненасыщенных фрагментов переходных металлов. Спектральные и структурные исследования новых металлоорганических соединений, содержащих η^1 - P_4 и η^2 - P_4 лиганды, свидетельствуют о деформации тетраэдрической молекулы P_4 при η^1 -координации за вершину с атомом переходного металла и ослаблении, и даже разрыве P–P связи при η^2 -координации молекулы P_4 через ребро. Синтезированные металлоорганические комплексы, содержащие η^1 - и η^2 -координированную молекулу белого фосфора, играют огромную роль в развитии знаний по координационной химии белого фосфора и глубоком понимании механистических аспектов активации P_4 в координационной сфере атома переходного металла, что очень важно для развития каталитических бесхлорных процессов получения ценных фосфорорганических соединений напрямую из белого фосфора и органических субстратов.

Работа выполнена при финансовой поддержке международного проекта INTAS (00-00018), химического концерна Thermphos (Нидерланды). Автор выражает глубокую благодарность д-ру М. Перузини (ICCOM CNR, Флоренция, Италия) и проф. П. Стоппиона (университет г. Флоренция, Италия) за плодотворное обсуждение результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Scherer O. J. // Acc. Chem. Res. 1999. V. 32, N 9. P. 751–762.
2. Di Vaira M., Stoppioni P., Peruzzini M. // Polyhedron. 1987. V. 6, N 3. P. 351–382.
3. Акбаева Д. Н. // Изв. НАН РК. Сер. хим. 2005. N 2. C. 35–38.

4. Ehses M., Romerosa A., Peruzzini M. // Top. Cur. Chem. 2001. V. 220. P.108-140.
5. Scherer O. J., Swarowsky M., Wolmershauser G. // Organometallics, 1989. V.8, N 3. P. 841-842.
6. Ginsberg A. P., Lindsell W. E. // J. Am. Chem. Soc. 1971. V. 93, № 8. P. 2082-2084.
7. Ginsberg A. P., Lindsell W. E., McCullough K. J., Sprinkle C. R., Welch A. J. // J. Am. Chem. Soc., 1986. V.108, N 3. P. 403-416.
8. Krossing I. // J. Am. Chem. Soc. 2001. V. 123, N 9. P. 4603-4604.
9. Krossing I., van Wullen L. // Eur. J. Inorg. Chem. 2002. V. 8, N 3. P. 700-711.
10. Scherer O. J., Swarowsky M., Swarowsky H., Wolmershauser G. // Angew. Chem. Int. Ed. Engl., 1988. V. 27, N 5. P. 694-695.
11. Peruzzini M., Ramirez J. A., Vizza F. // Angew. Chem. Int. Ed. Engl., 1998. V. 37, N 16. P. 2255-2257.
12. Di Vaira M., Ehses M., Peruzzini M., Stoppioni P. // Eur. J. Inorg. Chem. 2000. N 10. P. 2193-2198.
13. Akbayeva D. N., Scherer O.-J. // Z. Anorg. Allg. Chem. 2001. V. 627, N 7. P. 1429-1430.
14. Акбаева Д. Н. // Коорд. химия. 2006 (в печати).
15. Peruzzini M., Akbayeva D. N., de los Rios I., Hamon J.-R., Hamon P., Lapinte C., Toupet L., Romerosa A. // Proceedings of the Singapore International Chemical Conference-2(SICC-2), Singapore, December, 18-20, 2001. P. 156.
16. Scherer O. J., Schwarz G., Wolmershauser G. // Z. Anorg. Allg. Chem. 1996. V. 622, N 6. P. 951-957.
17. Jutzi P., Opiela S. // J. Organomet. Chem. 1992. V. 431, N 2. C29-C32.
18. Weber L., Sonnenberg U. // Chem. Ber. 1991. V. 124, N 4. P. 725-728.
19. Scherer O. J., Hilt T., Wolmershauser G. // Organometallics. 1998. V.17. N 18. P. 4110-4112.
20. Simon A., Borrmann H., Horakh J. // Chem. Ber. 1997. V. 130, N 9. P. 1235-1240.
21. Deubel D.V. // J. Am. Chem. Soc. 2002. V. 124, N 41. P. 12312- 12318.

Резюме

Құрамында η^2 -лиганд ретінде P_4 молекуласы бар ауыспалы металдар кешендерінің, ақ фосфордың және металорганикалық қосылыстардың үйлескен қанық фрагменттерінің синтездері қарастырылған. Синтезделген кешендердің спектроскопиялық және рентгенқұрылымдық сипаттамасы талқыланған.

Институт органического катализа
и электрохимии им. Д. В. Сокольского МОН РК,
г. Алматы

Поступила 29.11.2005.