

ХИМИЯ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

УДК 541.49

КАРБОНИЛЫ МЕТАЛЛОВ В КООРДИНАЦИОННОЙ ХИМИИ

© 2008 г. А.Д. Гарновский¹,
И.С. Васильченко¹, Д.А. Гарновский²,
В.А. Гурашвили³

Обобщены и систематизированы данные по координационным соединениям, полученным на основе карбониллов металлов. Рассмотрены комплексы лигандов, содержащих C-, N-, P-, As-, O-, S-, Se- и Te-донорные центры, синтез карбониллов металлов и включающих их комплексных соединений. Показаны пути очистки монооксида углерода от карбониллов никеля (Ni(CO)₄) и железа (Fe(CO)₅).

Ключевые слова: карбонилы металлов, кластеры, очистка монооксида углерода, конкурентная координация, лиганды.

ВВЕДЕНИЕ

Металлокомплексы, включающие в качестве лигандов карбонильную группу и C-, N-, P-, O-, S-, Se-, Te-содержащие соединения, занимают важное место в современной неорганической, координационной и металлоорганической химии [1–9]. Они представляют значительный интерес для развития фундаментальных представлений о строении молекул координационных и металлоорганических соединений [1–3, 10–15], их синтеза [4–6, 16, 17] и практического использования [1, 2, 9, 14, 15]. В последнем аспекте особенно широко представлены проблемы катализа [8, 15, 18–24]. Безусловный интерес вызывают металлокарбонильные наносоединения [25].

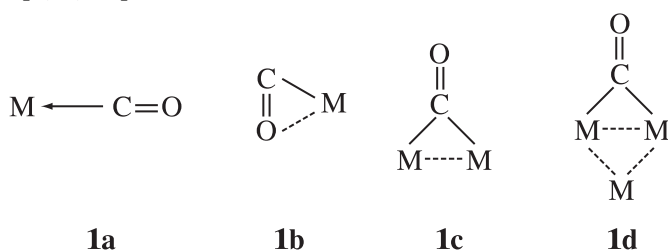
Настоящий обзор включает краткое рассмотрение основных типов и синтеза моно-, ди- и полигомо- и гетероядерных карбонильных комплексов переходных металлов. При этом систематизация проведена с учетом донорных центров лигатирующих соединений [4, 5] и электронной конфигурации металлокомплексобразователей [1–3, 10, 14, 15]. Синтетический аспект представлен реакциями химического (из солей метал-

лов) [4–6, 16] и прямого (из комплексообразователей в степени окисления ноль) синтеза [5, 6, 17]. Определенное внимание уделено химии Fe(CO)₅ и Ni(CO)₄, включающей методы очистки от этих карбониллов оксида углерода, широко используемого в лазерной технике.

1. КООРДИНАЦИОННАЯ ХИМИЯ
ОКСИДА УГЛЕРОДА

1.1. Амбидентатность группы CO

Оксид углерода относится к весьма распространенным амбидентатным двухатомным лигатирующим молекулам [4, 5, 26]. Для CO рассмотрены четыре типа металлосвязывания **1a–d** [4, 5, 26].



Наиболее распространенной является σ-M-C-координация **1a** [4, 5, 26]. Сравнительно редко встречающееся σ-M-CO-металлосвязывание **1b** установлено (рентгеноструктурный анализ – РСА) в марганцевом комплексе бис-дифенилфосфинметана [4, 5]. Способы **1c** и **1d** характерны для ди- и трехъядерных карбонилметаллокомплексных структур [4, 5].

¹ НИИ физической и органической химии Южного федерального университета, 344090, Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 194/2; тел. (863) 243-47-76, e-mail: garn@ipoc.rsu.ru; vas@ipoc.rsu.ru.

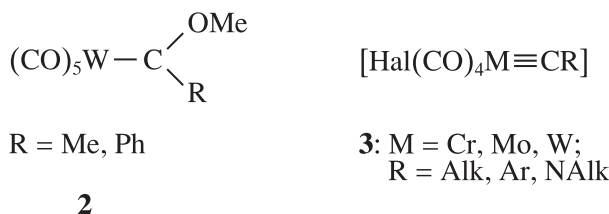
² Южный научный центр Российской академии наук, 344006, Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41; тел. (863) 243-47-76, e-mail: garn@ipoc.rsu.ru.

³ Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований, 142190, Московская обл., Троицк; тел. (495) 334-53-08, факс (495) 334-57-76, e-mail: gur-h@ints.ru.

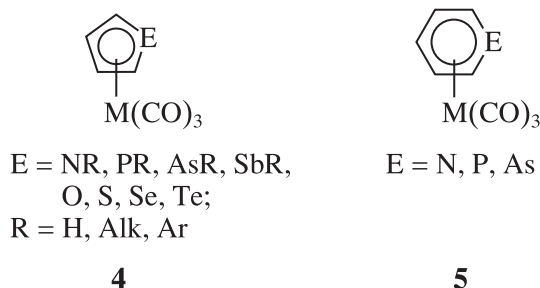
1.2. Лигатирующие системы

Кроме СО в качестве лигандов могут выступать соединения, содержащие указанные во введении к настоящему обзору донорные центры.

Карбонильные комплексы, включающие углеродные лиганды с М(σ)-связью, представлены многочисленными С-кластерами (**1**), карбеновыми (**2**) и карбиновыми (**3**) производными [4, 5, 11, 27].



Известно значительное количество карбонильных комплексов с π-связанными многоцентровыми С-донорами [2, 4, 5, 14, 26]. Среди них комплексы η⁵-циклопентадиенилов и их гетероаналогов **4**, содержащие пятичленные кольца [4, 5, 28].

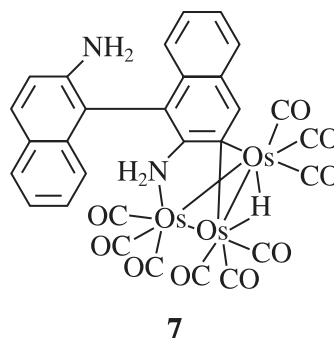
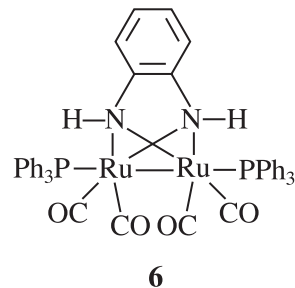


η⁶-Координированные лигандные фрагменты характерны для металлокарбонильных комплексов **5** [2, 4, 5, 14].

Описан полученный при восстановлении NaBH₄ циклопентатриена π-комплекс циклопентадиена LFe(CO)₃, в котором установлена (РСА) η⁴-1,3-диенкоординация [29].

Среди полиядерных карбонилметаллциклопентадиенильных структур выделим гетерометаллический (Mo, Ru) комплекс [30].

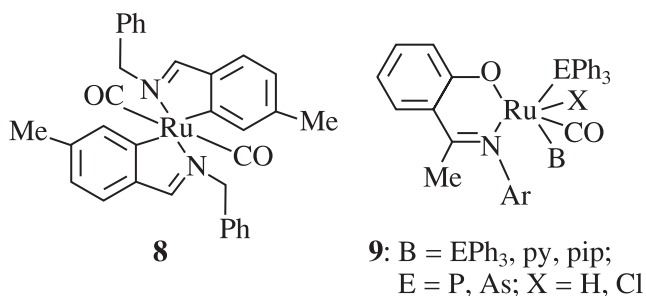
Азотсодержащие лигандные фрагменты входят в состав ряда карбонильных комплексов. К ним относятся координационные соединения 1,2-этилендиамина LW(CO)₄ [31], 1,2-фенилендиамина и 2,2'-биснафтила-1,1 [32, 33]. Второй из указанных ароматических диаминов выполняет хелатно-мостиковую функцию **6** [32].



Третий приводит к С- и N-металлированной структуре **7** [33].

В качестве азотсодержащих лигатирующих фрагментов в карбонильных комплексах выступают диазоимины [34] и бисамидины [35].

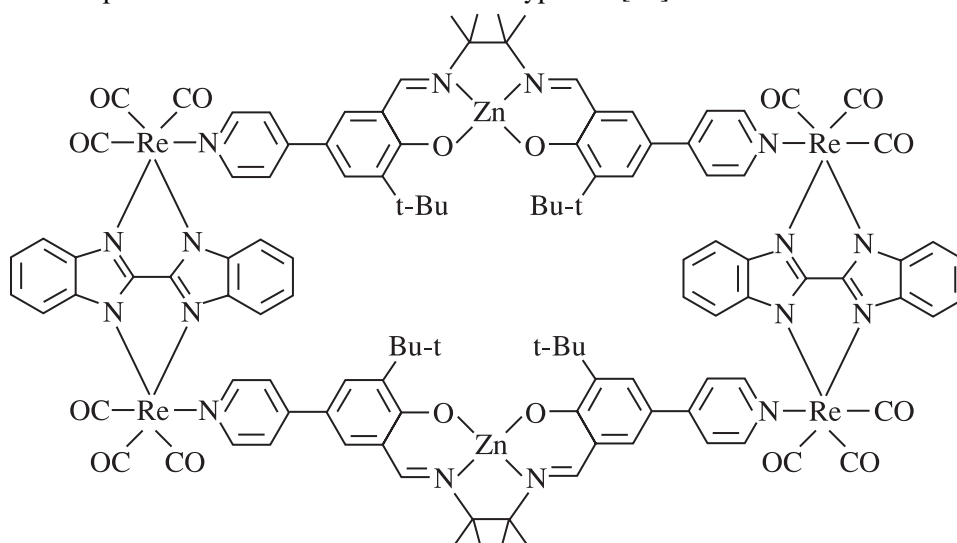
Металлокарбонильные комплексы оснований Шиффа (азометинов) представлены моноядерными хелатами с С,N- (**8**) [36] и N,O-лигандным окружением (например, **9**) [37], а также [38].



В отдельных случаях наблюдается декарбонирование [39, 40].

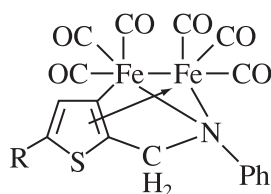
Безусловный интерес представляют гетероядерные металлокарбонильные азометиновые

комплексы **10** [41] и супрамолекулярные структуры **11** [42].



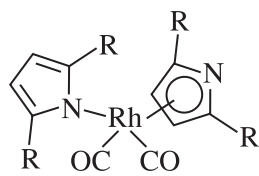
11

В ходе взаимодействия карбониллов металлов с основаниями Шиффа может происходить восстановление азометиновой связи **12** [43].

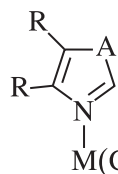


12: R = H, Me

Описан широкий ряд карбонильных комплексов с N-содержащими гетероциклами – пирролом, азолами и азинами (**13–15**) [4–6]. В пиррольных комплексах реализуются не только связи $\sigma\text{-N-M}$ или $\pi_{\text{гетероцикл-M}}$, но и одновременно оба типа металlosвязывания **13** [4–6].



13: R = H, Alk



14: A = NR¹, O, S, Se;
R = H, Alk, C₄H₄-cyclo;
R¹ = H, Alk, Ar;
M = Cr, Mo, W

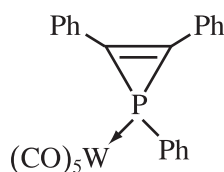


15

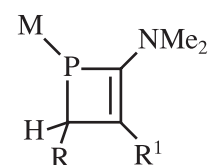
Типичны азольные **14** и азиновые **15** металлокарбонилы с $\sigma\text{-N-M}$ -связыванием [2, 4–6].

Фосфорсодержащие лигирующие фрагменты в металлокарбонильных комплексах широко представлены P_n (n = 2–5), алифатическими и ароматическими фосфинами [1, 2, 4, 5, 8, 14].

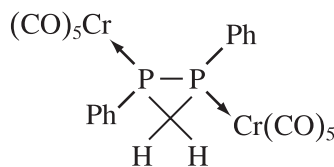
Интерес представляют карбонильные комплексы фосфорсодержащих гетероциклов. К последним относятся трех- (**16**) и четырехчленные (**17**) монофосфорные ненасыщенные системы, а также структура **18** с дифосфорным насыщенным лигандом [4, 5].



16

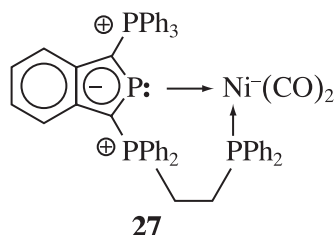
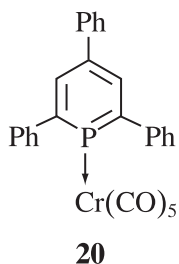
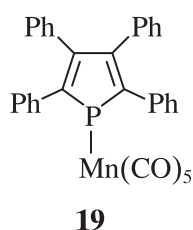


17: M = Fe(Ru)Cp(CO)₂;
R = H, CN, CO₂Me;
R¹ = CN, CO₂Me

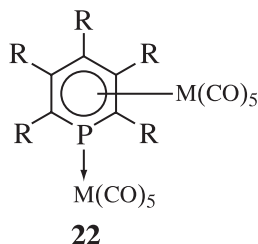
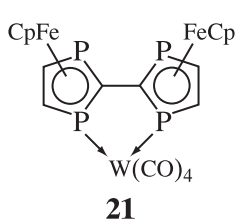


18

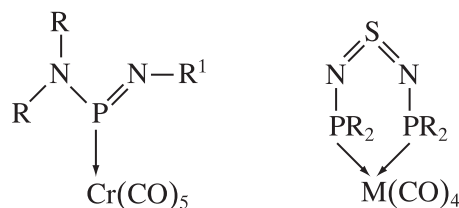
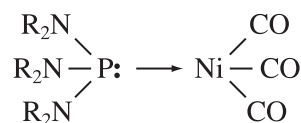
Особенно широко представлены металлокарбонилы с фосфорсодержащими гетероароматическими лигандными фрагментами **19** и **20** [2, 4–6, 14, 26].



Известны олигодерные карбонильные комплексы **21** и **22**, в которых фосфорсодержащие лигандные фрагменты выступают одновременно в качестве σ - и π -доноров [4, 5].

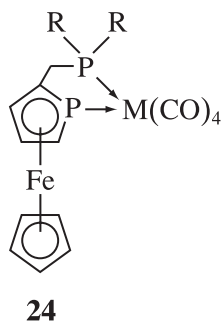
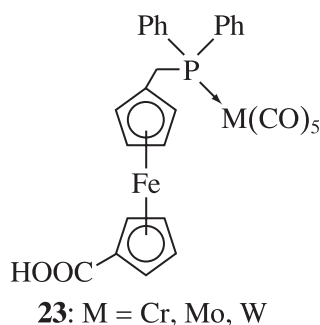


В рамках проблемы конкурентной координации и принципа ЖМКО (жестких и мягких кислот и оснований) [4, 5, 26, 45] значительный интерес представляют металлокарбонильные комплексы N,P-содержащих лигандов **28–30** [4, 5].

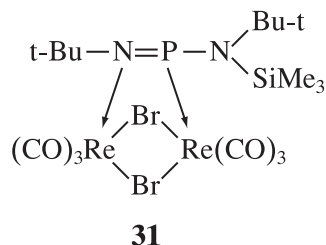


30

Бисгетероядерные карбонильные комплексы получены на основе фосфинов ферроценуксусной кислоты, которая выступает в качестве P(σ)-донорного лиганда **23** [4, 5].

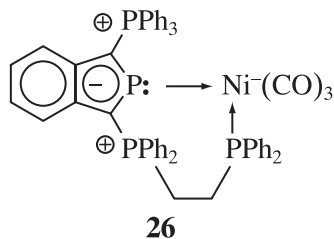
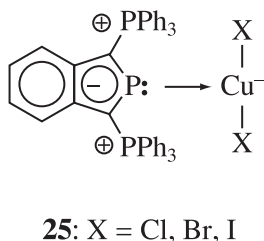


В согласии с принципом ЖМКО в этих структурах мягкие кислоты – карбонилы металлов – связаны с «мягкими» P-донорными центрами. Вместе с тем в биядерном комплексе **31** карбонильный фрагмент координирован по обоим (N и P) нуклеофильным центрам жестко-мягкой лигандной системы [46].



Фосфанилзамещенные фосфоферроцена являются бидентатными лигандными системами и образуют хелатные комплексы, например **24** [4, 5].

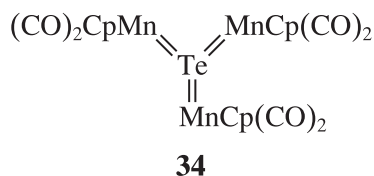
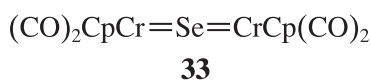
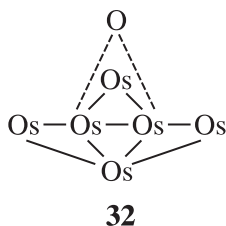
Описана серия карбонильных комплексов с фосфинимидными лигандами, в которых реализуются монодентатная (**25**) и бидентатные (**26, 27**) координации [44].



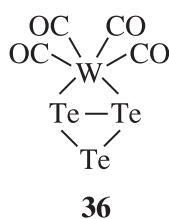
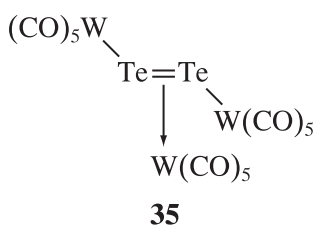
Другие комплексы с N,P-лигандами рассмотрены в обзорах [47, 48].

Кластерные структуры характерны для комплексов с As_n-лигандами. С учетом принципа ЖМКО и «мягкости» металлкарбонильного фрагмента становится понятным, почему комп-

лексы $M_m(CO)_nL_p$, где $L = O-, S-, Se-, Te-$ содержащие лиганды включают в основном координационные соединения «мягких» халькогенидных лигандирующих фрагментов [45, 49]. Так, если карбонильные комплексы с атомарным кислородом представлены единичными структурами, например $[Os_6O(CO)_{19}]$ **32** [4, 5], то халькогениды входят в состав многочисленных структур, например, **33**, **34** [4, 5, 49]. Показательны недавно описанные кластерные структуры $[Et_4N][Fe_3(CO)_9\Xi]$ ($\Xi = S, Se, Te$) [50].



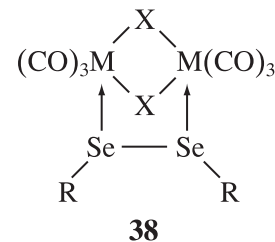
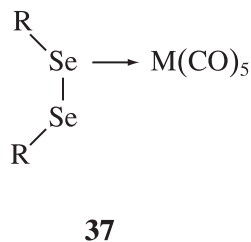
Описан ряд металлокарбонильных структур с молекулярными халькогенидами, например **35** и **36** [4, 5, 49].



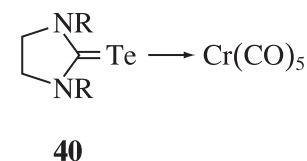
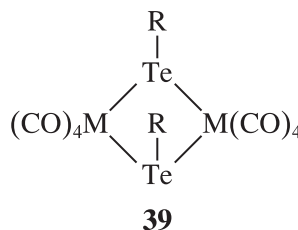
Молекулы Ξ_2 входят в состав ренийкарбонильных кластеров с Р-циклопентадиенильными лигандами [51].

Широко представлены металлокарбонильные комплексы органохалькогенидов и дихалькогенидов [4, 5, 49].

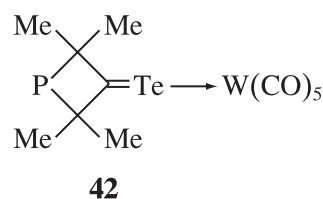
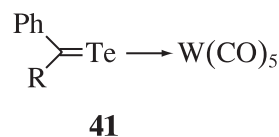
Органомонохалькогениды являются монодентатными лигандами и образуют комплексы состава $M(CO)_n \cdot m\Xi R_2$ [1, 2, 4, 5]. Органодихалькогениды выступают в качестве моно-(**37**) или бидентатных лигандов (**38**) [4, 5, 49].



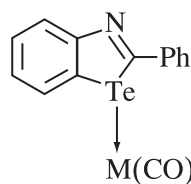
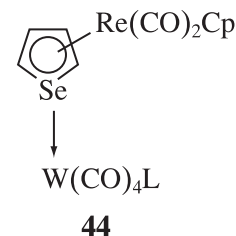
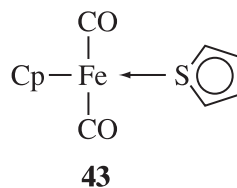
Органомонохалькогенидные анионы выполняют в основном мостиковую функцию, например **39** и **40** [4, 5, 49, 52]:



Известны металлокарбонильные комплексы монодентатных теллурукетона **41** и его фосфорного аналога **42** [49].

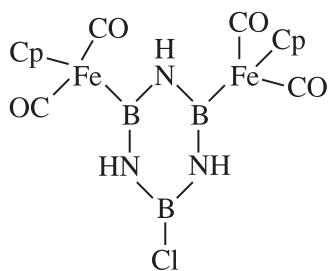
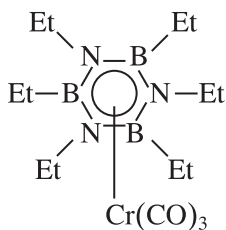


Представлены халькогенкоординированные карбонильные комплексные соединения S-, Se- и Te-содержащих пяти- и шестичленных гетероциклов [4–6, 49]. К ним относятся комплексы с σ -M-связями – тиюфена **43** [4, 5], селенофена **44** [4, 5] и бензотеллуразола **45** [4, 5, 49].



45: M = Cr, Mo, W

Единичны металлокарбонильные комплексы с N,B-лигандными системами – структуры с σ -MB-связями, например **46** [4, 5].

**46****47**

Отметим, что для подобных лигандов известны и координационные соединения с многоцентровыми π -связями **47** [4, 5].

1.3. Комплексообразователи

Металлокарбонилы $M_m(CO)_nL_p$ ($L = 0$) – соединения, рассмотренные в разделе 1.2 настоящего обзора, являются преимущественно комплексообразователями, относящимися к переходным (d) и редкоземельным (f) элементам (РЗЭ), а также актиноидам [1–3, 14–16]. Металлокарбонильные комплексы d -элементов представлены соединениями группы титана [2, 14–16, 53, 54], ванадия [2, 14–16], хрома [2, 14–16], марганца [2, 14–16, 55–60], железа [2, 3, 14–16, 19, 29, 60–69], кобальта [2, 14–16, 69, 70], никеля [2, 3, 14–16, 20, 71–81] и меди [2, 14, 15, 82].

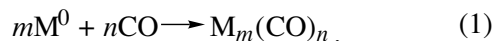
Металлокарбонилы РЗЭ описаны в монографиях [2, 14], а также в недавно опубликованных статьях [83, 84].

Представляют интерес гетероядерные карбонилы металлов – кобальта и металлов 6- и 8- групп [85], $CoLn$ [86], $MnMo$ [28], NdU [87], $IrSb$ [70], $NiRh$ [88].

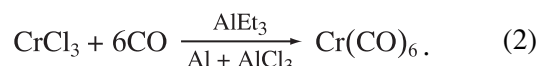
Одними из самых распространенных являются металлокарбонильные комплексы никеля и железа. Тетракарбонил никеля $Ni(CO)_4$ был первым (1890 г.) из синтезированных металлокарбонильных соединений [3]. Широко представлены его производные – $Ni(CO)_nL_m$ ($n = m = 1–3$) [2, 14]. Металлокарбонилы железа вызывают постоянный интерес в связи с образованием не только моно – $Fe(CO)_5$, но и олигоядерных комплексов различных составов [2, 3, 14, 15], а также с циклом превращений, описанных, например, в [15]. Олигоядерные структуры карбонилы железа представлены [3, 15, 16] соединениями $Fe_2(CO)_9$ и $Fe_3(CO)_{12}$, серией гидрокарбониланионов $[H_2Fe_2(CO)_8]^-$, $[HFe_3(CO)_{11}]^-$, $[HFe(CO)_{13}]^-$, дианионов $[Fe_2(CO)_8]^{2-}$ и $[Fe_4(CO)_{13}]^{2-}$.

1.4. Синтез карбонилы металлов и их металлокомплексов

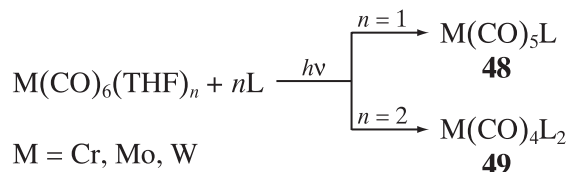
Основным методом получения металлокарбонилы является их прямой синтез из металлов в степени окисления нуль и монооксида углерода (1) [4, 5, 17, 89–91]:



Известны и реакции солей металлов с CO (2) [16]:



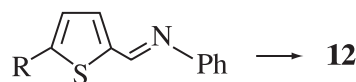
L-Замещенные металлокарбонилы получают из карбонилы металлов методом обмена лигандов [2, 4, 5, 14–16]. Так, получен широкий ряд металлокарбонильных производных, рассмотренных в разделе 1.2. Заслуживают внимания металлокарбонильные комплексы гетероароматических лигандов, полученные в ходе фотохимических реакций, например (3) [4, 5].



Методом (3) получены комплексы карбонилы металлов с азиновыми лигандными системами (преимущественно пиридином и его производными) [2, 4, 5].

В рамках того же метода синтеза получены комплексные соединения металлокарбонильных производных азометинов **8** [36], **9** [37], **10** [41] и **11** [42].

Представляют интерес те синтетические ситуации, которые приводят к восстановлению (4) азометиновой связи $C=N$ (12) [43] и декарбонилированию металлокарбонильных фрагментов [39, 40].

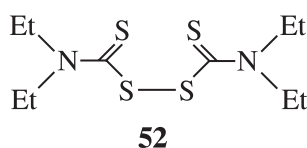
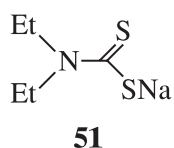
**50:** R = H, Me

1.4. Связывание металлокарбонилы

Одной из основных проблем современной медицины и технологии является связывание металлокарбонилы – удаление их из живых орга-

низмов и очистка различных газов от примесей карбониллов металлов.

Отравление теплокровных организмов карбонилами, в частности никеля и железа, вызывается внедрением их в белки, содержащие N,S-донорные фрагменты [92]. Поэтому одним из эффективнейших способов детоксикации при отравлении указанными карбонилами является введение растворов N,S-лигандов, более сильно хелатно-связывающих карбонилы никеля и железа. К подобным хелатирующим соединениям относятся антидоты «Дитиокарб» (диэтилдитиокарбамат натрия **51**) [93–96], «Дисульфидрам» [95] и «Антабус» (тетраэтилтиурамдисульфид **52**) [97].

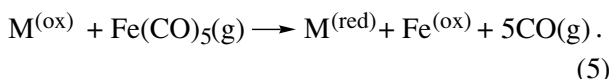


В этой связи перспективной представляется очистка от примесей карбониллов никеля и железа пропусканием газов через растворы указанных препаратов. Так, диэтилдитиокарбамат натрия хорошо растворим в воде. Однако наличие влаги в условиях повышенной температуры и давления в случае очистки монооксида углерода приводит к образованию тех же самых карбониллов [98]. Вследствие этого более технологичным является пропускание очищаемых газов через мелкодисперсные препараты или материалы, нанесенные на силикагель.

Очистка газов от примесей карбониллов металлов является актуальной для современной технологии, в частности микроэлектроники [99].

Так, фирма Mukrolis предлагает для очистки монооксида углерода, в частности от пентакарбонила железа, оборудование Waferpure® CO Purifier, работающее в двух режимах: окисления карбонила железа и разложения его на активном алюминии [100].

Первый способ основан на реакции (5):



При этом уже через 10 мин наблюдается практически полное удаление карбонила железа из очищаемого газа.

Второй метод основан на разложении карбонила железа на алюминии, нанесенном на силикагель. Судя по изотермам поглощения $Fe(CO)_5$ при температуре 38° С и давлении 377 кПа, такая

среда (активированный алюминий) является наиболее эффективной из исследованных (уголь, HY-цеолит, окись кремния, активированный алюминий).

Достаточно эффективен новый поглотитель Nanochem MetalX [101]. Мониторинг, проведенный при помощи Фурье-ИК-спектроскопии, показал резкое уменьшение содержания карбонила железа в СО уже через небольшой промежуток времени.

Тест Pall Gaskleen® при помощи газовой хроматографии показал, что при помощи этого оборудования можно понизить концентрацию карбониллов никеля и железа в СО до уровня в 1 ppb (одна миллиардная часть) [102].

Представляет определенный интерес обработка очищаемых газов ультразвуком, при котором достигается не только очистка газов от примесей, но и получение наноразмерных FeNi-сплавов [103].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на значительные достижения в координационной химии карбониллов металлов важнейшей проблемой является получение их высокоустойчивых комплексов. В этой связи требуют развития синтетические аспекты направленного получения металлокарбонильных комплексов с хелатирующими лигандными системами. Металлокарбонильные комплексы таких лигатирующих соединений представлены ограниченным числом примеров, например [104]. В качестве подобных лигатирующих соединений могут быть использованы азометиновые [4, 5, 105–109] и азосоединения [4, 5, 106, 110–112], особенно содержащие «мягкие» атомы серы. Перспективными в качестве подобных лигандов являются циклические основания Шиффа [107–109]. Безусловный интерес представляет получение металлкарбонилсодержащих супрамолекулярных структур, которые, хотя и отсутствуют в фундаментальных изданиях [113, 114], но представлены в публикациях [115–122].

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации (НШ-363.2008.3) и внутреннего гранта Южного федерального университета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Comprehensive Coordination Chemistry II / Eds. J.A. McCleverty, T.J. Meyer. Oxford – New York: Elsevier-Pergamon Press, 2003. V. 1–10. 8419 p.

2. Comprehensive Organometallic Chemistry III / Eds. R. Grabtree, M. Mingos. Oxford – New York: Elsevier-Pergamon Press, 2006. V. 1–13. 9000 p.
3. Третьяков Ю.Д., Мартыненко Л.И., Григорьев А.Н., Цивадзе А.Ю. Неорганическая химия. М.: Химия, 2001. Т. 1, 2. 1054 с.
4. Гарновский А.Д., Васильченко И.С., Гарновский Д.А. Современные аспекты синтеза металлокомплексов. Основные лиганды и методы. Ростов н/Д: Лаборатория перспективного образования, 2000. 354 с.
5. Synthetic Coordination and Organometallic Chemistry / Eds. A.D. Garnovskii, B.I. Kharisov. New York – Basel: Marcel-Dekker, 2003. 513 p.
6. Garnovskii A.D., Sadimenko A.P. Five and Six-membered heteroaromatic Compounds as σ - and π -Ligands // Adv. Heterocycl. Chem. 1998. V. 72. P. 1–77.
7. Dyson P.J., McIndoe J. Transition Metal Carbonyl Cluster Chemistry. New York: Hardcover, 2000. 182 p.
8. Шрайвер Д., Эткинс П. Неорганическая химия. М.: Мир, 2004. Т. 1, 2. 1168 с.
9. Скопенко В.В., Цивадзе А.Ю., Савранский Л.И., Гарновский А.Д. Координационная химия. М.: Академкнига, 2007. 487 с.
10. Comprehensive Coordination Chemistry / Eds. G. Wilkinson, R.D. Gillard, J.A. McCleverty. Oxford: Pergamon Press, 1987. V. 1. 874 p.
11. Yamamoto A. Organotransition Metal Chemistry. New York: J. Wiley, 1986. 480 p.
12. Douglas B.E., McDaniel D.H., Alexander J.J. Concepts and Model of Inorganic Chemistry, 3rd Ed. New York: J. Wiley & Sons, 1994. 993 p.
13. Минкин В.И., Симкин Б.Я., Миняев Р.М. Теория строения молекул. Ростов н/Д: Феникс, 1997. 560 с.
14. Comprehensive Organometallic Chemistry / Eds. G. Wilkinson, F.G.A. Stone, E.W. Abel. Oxford: Pergamon Press, I – 1982, V. 1–9; II – 1995, V. 1–13. 7890 p.
15. Cotton F.A., Wilkinson G., Murillo C.A., Bochman M. Advanced Inorganic Chemistry, 6th Ed. New York: J. Wiley, 1999. 1355 p.
16. Руководство по неорганическому синтезу / Ред. Г. Брауэр. М.: Мир, 1986. Т. 6. 355 с.
17. Direct Synthesis of Coordination and Organometallic Compounds / Eds. A.D. Garnovskii, B.I. Kharisov. Amsterdam: Elsevier, 1999. 244 p.
18. Catalysis by Di- and Polynuclear Metal Cluster Complexes / Eds. R.D. Adams, F.A. Cotton. New York: Wiley-VCH, 1998. 416 p.
19. Mathur P., Singh P.K., Singh V.K., Singh P., Rahul R., Mobin S.M., Thone C. Coupling Reactions of Ferrocenylacetylene with Mononuclear Metal Carbonyls $\text{Fe}(\text{CO})_5$ and $\text{M}(\text{CO})_6$ ($\text{M} = \text{Mo}, \text{W}$): Synthesis and Characterization of $[\text{Fe}(\text{CO})_2\{\eta^5-2,5\text{-Fc}_2\text{C}_5\text{H}_2\text{CO}\}\text{C}(\text{Fc})=\text{CH}]$, $[\text{Fe}(\text{CO})_2\{\eta^2-2,5\text{-Fc}_2\text{C}_4\text{H}_2\text{Fe}(\text{CO})_3-\text{CO}\}]$, $[\text{Fe}(\text{CO})_3\{\eta^2-2,5\text{-Fc}_2\text{C}_4\text{H}_2\text{CO}\}]$, 1,2,4-Triferrocenylbenzene, 2,5-Diferrocenylthiophene, and 2,5-Diferrocenylselenophene // Organometallics. 2005. V. 24. № 20. P. 4793–4798.
20. Guzman-Jimenez I.Y., van Hal J.W., Whitmire K.H. Metal Cluster Catalysis: A Kinetic and Mechanistic Study of the Carbonylation of Methanol to Give Methyl Formate as Catalyzed by $[\text{Et}_4\text{N}]_2[\text{Fe}_3(\text{CO})_9\text{E}]$ ($\text{E} = \text{S}, \text{Se}, \text{Te}$) // Organometallics. 2003. V. 22. № 9. P. 1914–1922.
21. Xu Q. Metal carbonyl cations: generation, characterization and catalytic application // Coord. Chem. Rev. 2002. V. 231. № 1–2. P. 83–108.
22. Noyori R., Yamakawa M., Hashiguchi S. Metal-Ligand Bifunctional Catalysis: A Nonclassical Mechanism for Asymmetric Hydrogen Transfer between Alcohols and Carbonyl Compounds // J. Org. Chem. 2001. V. 66. № 24. P. 7931–7944.
23. Xu K., Peng H., Lam J.W.Y., Poon T.W.H., Dong Y., Xu H., Sun Q., Cheuk K.K.L., Salhi F., Lee P.P.S., Tang B.Z. Transition Metal Carbonyl Catalysts for Polymerizations of Substituted Acetylenes // Macromolecules. 2000. V. 33. № 19. P. 6918–6924.
24. Multiphase Homogenous Catalysis / Ed. B. Cornils. New York: J. Wiley – VCH, 2005. 564 p.
25. Femoni C., Iapalucci M.C., Kaswalder F., Longoni G., Zucchini S. The possible role of metal carbonyl clusters in nanoscience and nanotechnologies // Coord. Chem. Rev. 2006. V. 250. № 11–12. P. 1580–1604.
26. Гарновский А.Д., Гарновский Д.А., Васильченко И.С., Бурлов А.С., Садименко А.П., Садеков И.Д. Конкурентная координация: амбидентатные лиганды в современной химии металлокомплексных соединений // Успехи химии. 1997. Т. 66. № 5. С. 434–462.
27. Synthetic Methods of Organometallic and Inorganic Chemistry / Ed. W.A. Hermann. Stuttgart – New York: Thieme, 1996. V. 1, 2, 3, 6. 1988 p.; 1997. V. 4, 5, 7, 8. 2072 p.
28. Adams R.D., Miao S. New Mixed-Metal Sulfido Metal Carbonyl Complexes by Insertion of Metal Carbonyl Groups into the S-S Bond of $\text{CpMoMn}(\text{CO})_5(\mu\text{-S}_2)$ // Organometallics. 2003. V. 22. № 12. P. 2492–2497.
29. Y. Coquerel, J.-P. Depres. Reductive complexation of cycloheptatrienes by iron pentacarbonyl and catalytic sodium borohydride // Chem. Commun. 2002. № 6. P. 658–659.
30. Herbst K., Monari M., Brorson M. Heterobimetallic, Cubane-like $\text{Mo}_3\text{S}_4\text{M}'$ Cluster Cores Containing the Noble Metals $\text{M}' = \text{Ru}, \text{Os}, \text{Rh}, \text{Ir}$. Unprecedented Tri(μ -carbonyl) Bridge Between Ruthenium Atoms in $[\{\eta^5\text{-Cp}\}_3\text{Mo}_3\text{S}_4\text{Ru}\}_2(\mu\text{CO})_3]^{2+}$ // Inorg. Chem. 2001. V. 40. № 13. P. 2979–2985.
31. Zalis S., Farrell I.R., Vlcek A. Jr. The Involvement of Metal-to-CO Charge Transfer and Ligand-Field Excited States in the Spectroscopy and Photochemistry of Mixed-Ligand Metal Carbonyls. A Theoretical and Spectroscopic Study of $[\text{W}(\text{CO})_4(1,2\text{-Ethylenediamine})]$ and $[\text{W}(\text{CO})_4(\text{N},\text{N}'\text{-Bis-alkyl-1,4-diazabutadiene})]$ // J. Am. Chem. Soc. 2003. V. 125. № 15. P. 4580–4592.
32. Cabeza J.A., Fernandez-Colina J.M. Ruthenium(I) complexes containing bridging N-donor ligands: structure, synthesis and reactivity patterns // Coord. Chem. Rev. 1993. V. 126. № 1–2. P. 319–336.
33. Cabeza J.A., da Silva I., del Rio I., Garcia-Granda S., Riera V., Sanchez-Vega M.G. Reactivity of Triosmium and Triruthenium Carbonyls with 2,2'-Diamino-1,1'-binaphthalene. Synthesis of C- and N-Metalated Derivatives // Organometallics. 2003. V. 22. № 7. P. 1519–1525.
34. Jiang N., Ma Z., Qu Z., Xing X., Xie L., Wang J. Investigation of the Transition-Metal- and Acid-Catalyzed Reactions of β -(N-Tosyl)amino Diazo Carbonyl Compounds // J. Org. Chem. 2003. V. 68. № 3. P. 893–900.
35. Akalay D., Durner G., Bats J.W., Gobel M.W. Synthesis of C_2 -Symmetric Bisamidines: A New Type of Chiral Metal-Free Lewis Acid Analogue Interacting with Carbonyl Groups // J. Org. Chem. 2007. V. 72. № 15. P. 5618–5624.
36. Ma J., Xu J., Su W.-P. Bis(2-benzyliminomethyl-5-methylphenyl- $\kappa^2\text{C}^1\text{N}$)dicarbonylruthenium(II) // Acta Crystallogr., Sect. E: Struct. Rep. 2007. № 5. P. m1421.
37. Viswanathamurthi P., Kavembu R., Tharaneeswaran V., Natarajan K. Ruthenium(II) complexes containing bidentate Schiff bases and triphenylphosphine or triphenylarsine // J. Chem. Sci. 2005. V. 117. № 3. P. 235–238.

38. Takayama T., Harano A., Sekine T., Kudo H. Phenoxo-Bridged Dimeric Structure of Technetium(I) Tricarbonyl Complex with Schiff Base Ligand // J. Nucl. Radiochem. Sci. 2005. V. 6. № 3. P. 149–152.
39. Youssef T.A. Reactions of chromium and molybdenum carbonyls with bis-(salicylaldehyde)-1,3-propylenediimine Schiff base // J. Coord. Chem. 2008. V. 61. № 5. P. 816–822.
40. El-Medani S.M., Ali O.A.M., Ramadan R.M. Photochemical reactions of group 6 metal carbonyls with N-salicylidene-2-hydroxyaniline and bis-(salicylaldehyde)phenylenediimine // J. Mol. Struct. 2005. V. 738. № 1. P. 171–177.
41. Agustin D., Rima G., Gornitzka H., Barrau J. Transition Metal Complexes of (Schiff Base)Divalent Group 14 Element Species [(salen)M]n = M'(CO)_{6-n} (n = 1, 2; M = Ge, Sn, Pb; M' = Cr, W) (p. 693–702) // Eur. J. Inorg. Chem. 2000. № 4. P. 693–702.
42. Splan K.E., Massari A.M., Morris G.A., Sun S.-S., Reina E., Nguyen S.T., Hupp J.T. Photophysical and Energy-Transfer Properties of (Salen)zinc Complexes and Supramolecular Assemblies (p. 2348–2351) // Eur. J. Inorg. Chem. 2003. № 12. P. 2348–2351.
43. Hwang W.-S., Wang D.-L., Chiang M.Y. Reactions of cyclometalated carbonyliron complex derived from thienyl Schiff base // J. Organomet. Chem. 2000. V. 613. № 2. P. 231–235.
44. Gudat D. Cationic low coordinated phosphorus compounds as ligands: Recent developments // Coord. Chem. Rev. 1997. V. 163. № 1. P. 71–106.
45. Гарновский А.Д., Садиенко А.П., Осипов О.А., Цинцадзе Г.В. Жестко-мягкие взаимодействия в координационной химии. Ростов н/Д: Изд-во Ростовского ун-та, 1986. 272 с.
46. Casas J.M., Forines J., Martinez F., Rueda A.J., Tomas M., Welch A.J. Synthesis and Reactivity of Dinuclear Complexes Containing η^2 -Phenyl-Metal Interactions. Crystal Structures of [NBu₄][(C₆F₅)₃Pt{ μ -Ph₂PCH₂PPh(η^2 -Ph)}Pt(C₆F₅)₂] and [NBu₄][(C₆F₅)₃Pt(μ -dppm)Pt(C₆F₅)₂(CO)] // Inorg. Chem. 1999. V. 38. № 7. P. 1529–1534.
47. Ly T.Q., Woollins J.D. Bidentate organophosphorus ligands formed via P-N bond formation: synthesis and coordination chemistry // Coord. Chem. Rev. 1998. V. 176. № 1. P. 451–481.
48. Гаврилов К.Н., Михель И.С. Хиральные производные фосфористой кислоты в синтезе координационных соединений и гомогенном асимметрическом катализе. Комплексы с Р-моно- и Р, N-бидентатными лигандами // Координац. химия. 1998. Т. 24. № 12. С. 883–895.
49. Садеков И.Д., Ураев А.И., Гарновский А.Д. Синтез, реакции и строение комплексов карбониллов и циклопентадиенилкарбониллов металлов с теллуруорганическими лигандами // Успехи химии. 1999. Т. 68. № 5. С. 454–473.
50. Shieh M., Lin S.-F., Guo Y.-W., Hsu M.-H., Lai Y.-W. New Strategy to Mixed-Group 6 Metal Carbonyl Telluride Complexes: Completion of the Trigonal Bipyramidal Clusters [Te₂CrM₂(CO)₁₀]²⁻ (M = Cr, Mo, W) // Organometallics. 2004. V. 23. № 22. P. 5182–5187.
51. Klose S., Florke U., Egold H., Mathur P. Chalcogen-Centered Spirocyclic Mixed-Metal Carbonyl Complexes: Synthesis and Molecular Structures of (CO)₈(μ -PCy₂)Re₂(μ_4 -E)Fe₂(μ -ER)(CO)₆ and [(CO)₈(μ -PCy₂)Re₂(μ_4 -E)Fe₂(CO)₆]₂(μ_4 -E₂) (E = S, Se, Te; R = Organic Residue) // Organometallics. 2003. V. 22. № 17. P. 3360–3366.
52. Lappert M.F., Martin T.R., McLaughlin G.M. Telluroureas and derived transition metal complexes: the crystal and molecular structure of [Cr(CO)₅{Te=CN(Et)CH₂CH₂NEt}] // J. Chem. Soc., Chem. Commun. 1980. № 13. P. 635–637.
53. Matsubara K., Niibayashi S., Nagashima H. Thermally or Photochemically Induced Reductive Cleavage of Metal-Metal Bonds of Metal Carbonyl Dimers by a Titanocene(III) tert-Butoxide: Novel Reversible Access to Heterobimetallic Complexes // Organometallics. 2003. V. 22. № 7. P. 1376–1382.
54. Fisher P.J., Krohn K.M., Mwenda E.T., Young V.G., Jr. (2-(Dimethylamino)ethyl)cyclopentadienyl Group VI Metal Carbonyl Anions and Divalent Tin(IV) Derivatives // Organometallics. 2005. V. 24. № 7. P. 1776–1779.
55. Polo A.S., Itokazu M.K., Frin K.M., Patrocinio A.O., Murakami N.Y. Light driven trans-to-cis isomerization of stilbene-like ligands in fac-[Re(CO)₃(NN)(trans-L)]⁺ and luminescence of their photoproducts // Coord. Chem. Rev. 2006. V. 250. № 13–14. P. 1669–1680.
56. Hartl F., Rosa P., Ricard L., Le Floch P., Zalis S. Ligand-to-ligand and intraligand charge transfer and their relation to charge transfer interactions in organic zwitterions // Coord. Chem. Rev. 2007. V. 251. № 3–4. P. 557–576.
57. Ooms K.J., Feindel K.W., Tersikh V.V., Wasylishen R.E. Ultrahigh-Field NMR Spectroscopy of Quadrupolar Transition Metals: ⁵⁵Mn NMR of Several Solid Manganese Carbonyls // Inorg. Chem. 2006. V. 45. № 21. P. 8492–8499.
58. Adams R.D., Kwon O.-S., Miao S. Disulfido Metal Carbonyl Complexes Containing Manganese // Acc. Chem. Res. 2005. V. 38. № 3. P. 183–190.
59. Adams R.D., Kwon O.-S., Smith M.D. Mn₂(CO)₆(μ -CO)(μ -S₂). The Simplest Disulfide of Manganese Carbonyl // Inorg. Chem. 2001. V. 40. № 21. P. 5322–5323.
60. Ramallo-Lopez J.M., Lede E.J., Requejo F.G., Rodriguez J.A., Kim J.-Y., Rosas-Salas R., Dominguez J.M. XANES Characterization of Extremely Nanosized Metal-Carbonyl Subspecies (Me = Cr, Mn, Fe, and Co) Confined into the Mesopores of MCM-41 Materials // J. Phys. Chem. B. 2004. V. 108. № 52. P. 20005–20010.
61. Reinhold J., Barthel A., Mealli C. Effects of the bridging ligands on the molecular and electronic structure of Fe₂(CO)₉ derivatives // Coord. Chem. Rev. 2003. V. 238–239. P. 333–346.
62. Shieh M., Chung R.-L., Yu C.-H., Hsu M.-H., Ho C.-H., Peng S.-M., Liu Y.-H. The Unusual Paramagnetic Mixed-Metal Carbonyl Chalcogenide Clusters: [E₂Cr₂Fe(CO)₁₀]²⁻ (E = Te, Se) // Inorg. Chem. 2003. V. 42. № 18. P. 5477–5479.
63. Cromhout N.L., Gallagher J.F., Lough A.J., Manning A.R. Arylisocyanide derivatives of iron(0): Crystal and molecular structures of Fe(CO)₂[P(OPH)₃]₂(CNR) (R = phenyl, *para*-tolyl, *mesityl*) // Z. Krist. 2002. V. 217. № 7–8. P. 401–405.
64. Wang H., Xie Y., King R.B., Schaefer H.F. Remarkable Aspects of Unsaturation in Trinuclear Metal Carbonyl Clusters: The Triiron Species Fe₃(CO)_n (n = 12, 11, 10, 9) // J. Am. Chem. Soc. 2006. V. 128. № 35. P. 11376–11384.
65. Calderoni F., Iapalucci M.C., Longoni G., Testoni U. The Synergy between Dynamics and Reactivity at Clusters and Surfaces / Ed. L.G. Farrugia. NATO ASI Ser. 1995. V. 465. 335 p.
66. Nalla P., Huang S.-H., Zhang Y., Chyan O., Richmond M.G., El Bouanani M. Photochemically Induced Metallization of Surface Silicon Using Dinuclear Metal Carbonyl Compounds. Anchoring of Ruthenium to a Si(111) Surface through Covalent Ru-Si Bond Formation // Chem. Mater. 2005. V. 17. № 24. P. 5951–5956.
67. Cabeza J.A., del Rio I., Garcia-Alvarez P., Miguel D. Nonanuclear Ruthenium Carbonyl Cluster Complexes with a Novel Metallic Skeleton: Pentagonal Bipyramid with Two Equatorial Edges Spanned by Metal Atoms // Organometallics. 2006. V. 25. № 23. P. 5672–5675.

68. Ohs A.C., Rheingold A.L., Shaw M.J., Nataro C. Electrochemistry of Group VI Metal Carbonyl Compounds Containing 1,1'-Bis(diphenylphosphino)ferrocene // *Organometallics*. 2004. V. 23. № 20. P. 4655–4660.
69. Kataoka Y., Nakagawa Y., Shibahara A., Yamagata T., Mashima K., Tani K. Construction of Metal-Centered Chirality: Diastereoselective Addition of the Meerwein Reagent (Me_3OBF_4) to Rhodium Carbonyl Complexes Having the $\text{Cp}^*\text{-P}$ Ligand // *Organometallics*. 2004. V. 23. № 9. P. 2095–2099.
70. Diefenbach A., Bickelhaupt F.M., Frenking G. The Nature of the Transition Metal-Carbonyl Bond and the Question about the Valence Orbitals of Transition Metals. A Bond-Energy Decomposition Analysis of $\text{TM}(\text{CO})_6^q$ ($\text{TM}^q = \text{Hf}^{2+}, \text{Ta}^-, \text{W}, \text{Re}^+, \text{Os}^{2+}, \text{Ir}^{3+}$) // *J. Am. Chem. Soc.* 2000. V. 122. № 27. P. 6449–6458.
71. R. Devenish, B. T. Heaton, S. Mulley, Longoni G. Analytical electron microscopy of clusters; evidence of a stabilizing interaction between transition metal carbonyl clusters and amorphous carbon supports // *Materials: Chem. & Phys.* 1991. V. 29. № 1–4. P. 467–474.
72. Calabrese J.C., Dahl L.F., Chini P., Longoni G., Martinengo S. Synthesis and structural characterization of platinum carbonyl cluster dianions bis, tris, tetrakis, or pentakis(tri- μ_2 -carbonyl-tricarbonyltri-platinum)(2-). New series of inorganic oligomers // *J. Am. Chem. Soc.* 1974. V. 96. № 8. P. 2614–2616.
73. Longoni G., Chini P., Cavalieri A. Carbonylnickelates. 1. Synthesis and chemical characterization of the dodecacarbonylpentanickelete(2-) and dodecacarbonylhexanickelete(2-) dianions // *Inorg. Chem.* 1976. V. 15. № 12. P. 3025–3029.
74. Longoni G., Chini P. Carbonylnickelates. 2. Synthesis and chemical characterization of the dianion octadecylnonanickelete(2-) // *Inorg. Chem.* 1976. V. 15. № 12. P. 3029–3031.
75. Manassero M., Sansoni M. & Longoni G. Crystal structure of $[\text{Me}_3\text{NCH}_3\text{Ph}][\text{Fe}_4(\text{CO})_{13}\text{H}]$. A butterfly metal cluster with unusual bonded carbonyl group // *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* 1976. № 22. P. 919–920.
76. Washechek D.M., Wucherer E.J., Dahl L.F., Ceriotti A., Longoni G., Manassero M., Sansoni M., Chini P. Synthesis, structure, and stereochemical implication of the $[\text{Pt}_{19}(\text{CO})_{12}(\mu^2\text{-CO})_{10}]^{4-}$ tetraanion: a bicapped triple-decker all-metal sandwich of idealized fivefold (D_{5h}) geometry // *J. Am. Chem. Soc.* 1979. V. 101. № 20. P. 6110–6112.
77. Lo F.Y.K., Longoni G., Chini P., Lower L.D., Dahl L.F. Synthesis, structure, and stereochemical implication of the $[\text{Pt}_{19}(\text{CO})_{12}(\mu^2\text{-CO})_{10}]^{4-}$ tetraanion: a bicapped triple-decker all-metal sandwich of idealized fivefold (D_{5h}) geometry // *J. Am. Chem. Soc.* 1980. V. 102. № 26. P. 7691–7701.
78. Nagaki D.A., Lower L.D., Longoni G., Chini P., Dahl L.F. Stereochemistry of the $[\text{Ni}_9(\text{CO})_{18}]^{2-}$ dianion: a comparative structural-bonding analysis of the different nine-metal cores of stacked metal triangles in the $[\text{M}_9(\text{CO})_{18}]^{2-}$ ($\text{M} = \text{Ni}, \text{Pt}$) and $[\text{Rh}_9(\text{CO})_{19}]^{3-}$ anions // *Organometallics*. 1986. V. 5. № 9. P. 1764–1771.
79. D. Collini, C. Femoni, M.C. Iapalucci, G. Longoni, P. Zanello. Modulation of Electronic Behaviour of Metal Carbonyl Clusters In «Perspectives in Organometallic Chemistry» / Eds. C.G. Screttas, B.R. Steele. RS-C Books, 2003. V. 287. P. 183–195.
80. Longoni G. Interstitial nickel carbonyl clusters // *Pure & Appl. Chem.* 1990. V. 62. № 6. P. 1183–1186.
81. Smith M.C., Barclay J.E., Davies S.C., Hughes D.L., Evans D.J. Targeting synthetic analogues of the metallo-sulfur active sites of nickel enzymes capable of important catalysis // *Dalton Trans.* 2003. № 21. P. 4147–4151.
82. Mogi K., Sakai Y., Sonoda T., Xu Q., Souma Y. Geometries and Electronic Structures of Group 10 and 11 Metal Carbonyl Cations, $[\text{M}(\text{CO})_n]^{x+}$ ($\text{M}^{x+} = \text{Ni}^{2+}, \text{Pd}^{2+}, \text{Pt}^{2+}, \text{Cu}^+, \text{Ag}^+, \text{Au}^+$; $n = 1-4$) // *J. Phys. Chem. A*. 2003. V. 107. № 19. P. 3812–3821.
83. Plečnik C.E., Liu S., Shore S.G. Lanthanide-Transition-Metal Complexes: From Ion Pairs to Extended Arrays // *Acc. Chem. Res.* 2003. V. 36. № 7. P. 499–508.
84. Poplaukhin P.V., Chen X., Meyers E.A., Shore S.G. Lanthanide-Transition Metal Carbonyl Complexes: Condensation of Solvent-Separated Ion-Pair Compounds into Extended Structures // *Inorg. Chem.* 2006. V. 45. № 25. P. 10115–10125.
85. Murata M., Habe S., Araki S., Namiki K., Yamada T., Nakagawa N., Nankawa T., Nihei M., Mizutani J., Kurihara M., Nishihara H. Synthesis of Heterometal Cluster Complexes by the Reaction of Cobaltadichalcogenolato Complexes with Groups 6 and 8 Metal Carbonyls // *Inorg. Chem.* 2006. V. 45. № 3. P. 1108–1116.
86. Plečnik C.E., Liu S., Chen X., Meyers E.A., Shore S.G. Lanthanide-Transition-Metal Carbonyl Complexes: New $[\text{Co}_4(\text{CO})_{11}]^{2-}$ Clusters and Lanthanide(II) Isocarbonyl Polymeric Arrays // *J. Am. Chem. Soc.* 2004. V. 126. № 1. P. 204–213.
87. Evans W.J., Kozimor S.A., Nice G.W., Ziller J.W. Comparative Reactivity of Sterically Crowded nf^3 (C_5Me_5) $_3\text{Nd}$ and (C_5Me_5) $_3\text{U}$ Complexes with CO: Formation of a Nonclassical Carbonium Ion versus an f Element Metal Carbonyl Complex // *J. Am. Chem. Soc.* 2003. V. 125. № 45. P. 13831–13835.
88. Femoni C., Iapalucci M.C., Longoni G., Svensson P.H. The new enneanuclear nickel carbonyl anion $[\text{Ni}_9(\text{CO})_{16}]^{2-}$ and its relationships with the $[\text{Ni}_{12}(\text{CO})_{21}]^{4-}$ and $[\text{Ni}_6\text{Rh}_3(\text{CO})_{17}]^{3-}$ clusters // *Inorg. Chim. Acta*. 2002. V. 330. № 1. P. 111–117.
89. Прямой синтез координационных соединений / Под ред. В.В. Скопенко. Киев: Вентури, 1997. 176 с.
90. Timms P.L. Chemistry of boron and silicon subhalides // *Acc. Chem. Res.* 1973. V. 6. № 4. P. 118–123.
91. Домрачев Г.А., Зиновьев В.Д. Реакции переходных металлов в атомарном состоянии // *Успехи химии*. 1978. Т. 47. № 4. С. 679–704.
92. Smith M.C., Barclay J.E., Davies S.C., Hughes D.L., Evans D.J. Targeting synthetic analogues of the metallo-sulfur active sites of nickel enzymes capable of important catalysis // *Dalton Trans.* 2003. № 21. P. 4147–4151.
93. Sunderman F.W. Chelation therapy in nickel poisoning // *Ann. Clinical Laboratory Science*. 1981. V. 11. № 1. P. 1–8.
94. Sunderman F.W. Therapeutic properties of sodium diethyldithiocarbamate: its role as an inhibitor in the progression of AIDS // *Ann. Clinical Laboratory Science*. 1991. V. 21. № 1. P. 70–81.
95. Bradberry S.M., Vale J.A. Therapeutic Review: Do Diethyldithiocarbamate and Disulfiram Have a Role in Acute Nickel Carbonyl Poisoning? // *J. Toxicol., Clin. Toxicol.* 1999. V. 37. № 2. P. 259–266.
96. Barceloux D.G. Nickel // *J. Toxicol., Clin. Toxicol.* 1999. V. 37. № 2. P. 239–242.
97. Kaaber K., Menne T., Tjell J.C., Veien N. Antabuse® treatment of nickel dermatitis. Chelation – a new principle in the treatment of nickel dermatitis // *Contact Dermatitis*. 1979. V. 5. № 4. P. 221–228.
98. Braker W., Mossman. A.L. Matheson gas data book, 6th ed., Lyndhurst: Matheson, 1980. 829 p.

99. Chakraborty R., Brown K., Horikoshi M. Removal of metal carbonyl and moisture impurities through POU purification of CO gas // *Gases and Technology*. July/August 2004. P. 1–9.
100. Snow J. Comparison of Two Purification Media for Metal Carbonyl Removal in Carbon Monoxide // www.mykrolis.com.
101. Wyse C., Watanabe T., Fraenkel D., Torres R., Houlding V. Purification of carbon monoxide // *Clean Rooms*. June 2001. № 1. P. 7–11.
102. Ricci A. ABG-100–1104a // www.pall.com.
103. Shafr K.V.P., Gedanken A., Goldfarb R.B., Felner I. Sonochemical preparation of nanosized amorphous Fe-Ni alloys // *J. Appl. Phys.* 1997. V. 81. № 10. P. 6901–6905.
104. Garnovskii A.D., Nivorozhkin A.L., Minkin V.I. Ligand environment and the structure of Schiff base adducts and tetracoordinated metal-chelates // *Coord. Chem. Rev.* 1993. V. 126. № 1–2. P. 1–69.
105. Гарновский А.Д., Васильченко И.С. Рациональный дизайн координационных соединений металлов с азометиновыми лигандами // *Успехи химии*. 2002. Т. 71. № 11. С. 1064–1089.
106. Гарновский А.Д., Васильченко И.С. Таутомерия и различные виды координации типичных хелатирующих лигандов с металлами // *Успехи химии*. 2005. Т. 74. № 3. С. 211–234.
107. Hernandez-Molina R., Mederos A. *Comprehensive Coordination Chemistry II* / Ed. A.B.P. Lever. Oxford – New York: Elsevier-Pergamon Press, 2003. V. 1. P. 411–446.
108. Vigato P.A., Tamburini S. The challenge of cyclic and acyclic Schiff bases and related derivatives // *Coord. Chem. Rev.* 2004. V. 248. № 17–20. P. 1717–2128.
109. Vigato P.A., Tamburini S., Bertelo L. The development of compartmental macrocyclic Schiff bases and related polyamine derivatives // *Coord. Chem. Rev.* 2007. V. 251. № 11–12. P. 1311–1492.
110. Kogan V.A., Kochin S.G., Antsyshkina A.S., Sadikov G.G., Garnovskii A.D. Five-membered metal chelate rings in complexes of palladium with 2-mercaptomethylazobenzene // *Mendelev Commun.* 1997. № 6. P. 239–240.
111. Коган В.А., Щербаков И.Н. Теоретические предпосылки изомерии металлохелатов MX_2Y_2 с азогруппой // *Рос. хим. журн. (Журн. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева)*. 2004. Т. 48. № 1. С. 69–76.
112. Garnovskii A.D., Uraev A.I., Minkin V.I. Metal complexes from aryl and hetarylazocompounds // *Arkivoc*. 2004. iii. P. 29–41.
113. Лен Ж.-М. Супрамолекулярная химия. Концепции и перспективы. Новосибирск: Наука, 1998. 333 с.
114. Студ Д.В., Этвуд Д.Л. Супрамолекулярная химия. М.: Академкнига, 2007. Т. 1, 2. 896 с.
115. Balzani V., Juris A., Venturi M., Campagna S., Serroni S. Luminescent and Redox-Active Polynuclear Transition Metal Complexes // *Chem. Rev.* 1996. V. 96. № 2. P. 759–834.
116. Slone R.V., Hupp J.T., Stern C.L., Albrecht-Schmitt T.E. Self-Assembly of Luminescent Molecular Squares Featuring Octahedral Rhenium Corners // *Inorg. Chem.* 1996. V. 35. № 14. P. 4096–4097.
117. Slone R.V., Hupp J.T. Synthesis, Characterization, and Preliminary Host-Guest Binding Studies of Porphyrinic Molecular Squares Featuring *fac*-Tricarbonylrhenium(I) Chloro Corners // *Inorg. Chem.* 1997. V. 36. № 24. P. 5422–5423.
118. Benkstein K.D., Hupp J.T., Stern C.L. Synthesis and Characterization of Molecular Rectangles Based upon Rhenium Thiolate Dimers // *Inorg. Chem.* 1998. V. 37. № 21. P. 5404–5405.
119. Benkstein K.D., Hupp J.T., Stern C.L. Synthesis and Characterization of Molecular Rectangles Based upon Rhenium Thiolate Dimers // *J. Am. Chem. Soc.* 1998. V. 120. № 49. P. 12982–12983.
120. Klausmeyer K.K., Wilson S.R., Rauchfuss T.B. Alkali Metal-Templated Assembly of Cyanometalate «Boxes» $(NEt_4)_3[M(Cp \cdot Rh(CN)_3)_4[Mo(CO)_3]_4]$ ($M = K, Cs$). Selective Binding of Cs^+ // *J. Am. Chem. Soc.* 1999. V. 121. № 12. P. 2705–2711.
121. Sun S.-S., Lees A.J. Self-Assembly Triangular and Square Rhenium(I) Tricarbonyl Complexes: A Comprehensive Study of Their Preparation, Electrochemistry, Photophysics, Photochemistry, and Host-Guest Properties // *J. Am. Chem. Soc.* 2000. V. 122. № 37. P. 8956–8967.
122. Leininger S., Olenyuk B., Stang P.J. Self-Assembly of Discrete Cyclic Nanostructures Mediated by Transition Metals // *Chem. Rev.* 2000. V. 100. № 3. P. 853–908.

METAL CARBONYLS IN COORDINATION CHEMISTRY

A.D. Garnovskiy, I.S. Vasilchenko, D.A. Garnovskiy, V.A. Gurashvili

Data on coordination compounds on the base of metals carbonyl are summarized and systematized. Complexes of the ligands containing C-, N-, P-, As-, O-, S-, Se-, and Te-donor centers together with synthesis of metal carbonyls and their coordination derivatives are discussed. Methods of purification of carbon monoxide from nickel carbonyl ($Ni(CO)_4$) and iron carbonyl ($Fe(CO)_5$) are exhibited.

Key words: metal carbonyls, clusters, purification of carbon monoxide, competitive coordination, ligands.

REFERENCES

1. McCleverty J.A., Meyer T.J. (Eds.). 2003. *Comprehensive Coordination Chemistry II*. Vol. 1–10. Oxford; New York, Elsevier-Pergamon Press: 8419 p.
2. Grabtree R., Mingos M. (Eds.). 2006. *Comprehensive Organometallic Chemistry III*. Vol. 1–13. Oxford; New York, Elsevier-Pergamon Press: 9000 p.
3. Tret'yakov Yu.D., Martynenko L.I., Grigor'ev A.N., Tsyvadze A.Yu. 2001. *Neorganicheskaya khimiya. [Inorganic Chemistry]*. Vol. 1, 2. M., Khimiya: 1054 p. (In Russian).
4. Garnovskii A.D., Vasilchenko I.S., Garnovskii D.A. 2003. *Sovremennye aspekty sinteza metallokompleksov. Osnovnye ligandy i metody. [Modern aspects of synthesis of metal complexes. Main ligands and methods]*. Rostov-on-Don, "Laboratoriya Perspektivnogo obrazovaniya" Publ.: 354 p. (In Russian).
5. Garnovskii A.D., Kharisov B.I. (Eds.). 2003. *Synthetic Coordination and Organometallic Chemistry*. New York; Basel, Marcel-Dekker: 513 p.
6. Garnovskii A.D., Sadimenko A.P. 1998. Five and Six-membered heteroaromatic Compounds as σ - and π -Ligands. *Adv. Heterocycl. Chem.* 72: 1–77.
7. Dyson P.J., McIndoe J. 2000. *Transition Metal Carbonyl Cluster Chemistry*. New York, Hardcover: 182 p.
8. Shrayver D., Atkins P. 2004. *Neorganicheskaya khimiya. [Inorganic Chemistry]*. Vol. 1, 2. M., Mir: 1168 p. (In Russian).
9. Skopenko V.V., Tsyvadze A.Yu., Savranskii L.I., Garnovskii A.D. 2007. *Koordinatsionnaya khimiya. [Coordination Chemistry]*. M., Akademkniga: 487 p. (In Russian).
10. Wilkinson G., Gillard R.D., McCleverty J.A. (Eds.). 1987. *Comprehensive Coordination Chemistry*. Vol. 1. Oxford, Pergamon Press: 653 p.
11. Yamamoto A. 1986. *Organotransition Metal Chemistry*. New York, J. Wiley: 480 p.
12. Douglas B.E., McDaniel D.H., Alexander J.J. 1994. *Concepts and Model of Inorganic Chemistry*. 3rd Ed. New York, J. Wiley & Sons: 993 p.
13. Minkin V.I., Simkin B.Ya., Minyaev R.M. 1997. *Teoriya stroeniya molekul. [Theory of molecule structure]*. Rostov-on Don, Feniks Publ.: 560 p. (In Russian).
14. Wilkinson G., Stone F.G.A., Abel E.W. (Eds.). I – 1982, Vol. 1–9; II – 1995, Vol. 1–13. *Comprehensive Organometallic Chemistry*. Oxford, Pergamon Press: 7890 p.
15. Cotton F.A., Wilkinson G., Murillo C.A., Bochman M. 1999. *Advanced Inorganic Chemistry*. 6th Ed. New York, J. Wiley: 1355 p.
16. Bauer G. (Ed.). 1986. *Rukovodstvo po neorganicheskomu sintezu. [Guidance on inorganic synthesis]*. Vol. 6. M., Mir Publ.: 355 p. (In Russian).
17. Garnovskii A.D., Kharisov B.I. (Eds.). 1999. *Direct Synthesis of Coordination and Organometallic Compounds*. Amsterdam, Elsevier: 244 p.
18. Adams R.D., Cotton F.A. (Eds.). 1998. *Catalysis by Di- and Polynuclear Metal Cluster Complexes*. New York, Wiley-VCH: 416 p.
19. Mathur P., Singh A.K., Singh V.K., Singh P., Rahul R., Mobin S.M., Thone C. 2005. Coupling Reactions of Ferrocenylacetylene with Mononuclear Metal Carbonyls $\text{Fe}(\text{CO})_5$ and $\text{M}(\text{CO})_6$ ($\text{M} = \text{Mo}, \text{W}$): Synthesis and Characterization of $[\text{Fe}(\text{CO})_2\{\eta^5\text{-}2,5\text{-Fc}_2\text{C}_5\text{H}_2\text{CO}\}\text{C}(\text{Fc})=\text{CH}]$, $[\text{Fe}(\text{CO})_2\{\eta^2\text{-}\eta^2\text{-}2,5\text{-Fc}_2\text{C}_4\text{H}_2\text{Fe}(\text{CO})_3\}\text{-}\mu\text{-CO}]$, $[\text{Fe}(\text{CO})_3\{\eta^2\text{-}\eta^2\text{-}2,5\text{-Fc}_2\text{C}_4\text{H}_2\text{CO}\}]$, 1,2,4-Triferrocenylbenzene, 2,5-Diferrocenylthiophene, and 2,5-Diferrocenylselenophene. *Organometallics*. 24(20): 4793–4798.
20. Guzman-Jimenez I.Y., van Hal J.W., Whitmire K.H. 2003. Metal Cluster Catalysis: A Kinetic and Mechanistic Study of the Carbonylation of Methanol to Give Methyl Formate as Catalyzed by $[\text{Et}_4\text{N}]_2[\text{Fe}_3(\text{CO})_9\text{E}]$ ($\text{E} = \text{S}, \text{Se}, \text{Te}$). *Organometallics*. 22(9): 1914–1922.

21. Xu Q. 2002. Metal carbonyl cations: generation, characterization and catalytic application. *Coord. Chem. Rev.* 231(1–2): 83–108.
22. Noyori R., Yamakawa M., Hashiguchi S. 2001. Metal-Ligand Bifunctional Catalysis: A Nonclassical Mechanism for Asymmetric Hydrogen Transfer between Alcohols and Carbonyl Compounds. *J. Org. Chem.* 66(24): 7931–7944.
23. Xu K., Peng H., Lam J.W.Y., Poon T.W.H., Dong Y., Xu H., Sun Q., Cheuk K.K.L., Salhi F., Lee P.P.S., Tang B.Z. 2000. Transition Metal Carbonyl Catalysts for Polymerizations of Substituted Acetylenes. *Macromolecules.* 33(19): 6918–6924.
24. Cornils B. (Ed.). 2005. *Multiphase Homogenous Catalysis*. New York, J. Wiley – VCH: 564 p.
25. Femoni C., Iapalucci M.C., Kaswalder F., Longoni G., Zacchini S. 2006. The possible role of metal carbonyl clusters in nanoscience and nanotechnologies. *Coord. Chem. Rev.* 250(11–12): 1580–1604.
26. Garnovskii A.D., Garnovskii D.A., Vasilchenko I.S., Burlov A.S., Sadimenko A.P., Sadekov I.D. 1997. [Competitive coordination: ambidentate ligands in modern chemistry of metal complexes]. *Uspekhi khimii. (Russian Chemical Reviews)*. 66(5): 434–462. (In Russian).
27. Hermann W.A. (Ed.). *Synthetic Methods of Organometallic and Inorganic Chemistry*. 1996 (Vol. 1, 2, 3, 6). 1997 (Vol. 4, 5, 7, 8). Stuttgart; New York, Thieme: 1988 p.; 2072 p.
28. Adams R.D., Miao S. 2003. New Mixed-Metal Sulfido Metal Carbonyl Complexes by Insertion of Metal Carbonyl Groups into the S-S Bond of CpMoMn(CO)₅(μ-S₂). *Organometallics.* 22(12): 2492–2497.
29. Coquerel Y., Depres J.-P. 2002. Reductive complexation of cycloheptatrienes by iron pentacarbonyl and catalytic sodium borohydride. *Chem. Commun.* 6: 658–659.
30. Herbst K., Monari M., Brorson M. 2001. Heterobimetallic, Cubane-like Mo₃S₄M' Cluster Cores Containing the Noble Metals M' = Ru, Os, Rh, Ir. Unprecedented Tri(μ-carbonyl) Bridge Between Ruthenium Atoms in [{(η⁵-Cp)₃Mo₃S₄Ru}₂(μ-CO)₃]²⁺. *Inorg. Chem.* 40(13): 2979–2985.
31. Zalis S., Farrell I.R., Vlcek A. Jr. 2003. The Involvement of Metal-to-CO Charge Transfer and Ligand-Field Excited States in the Spectroscopy and Photochemistry of Mixed-Ligand Metal Carbonyls. A Theoretical and Spectroscopic Study of [W(CO)₄(1,2-Ethylenediamine)] and [W(CO)₄(N,N'-Bis-alkyl-1,4-diazabutadiene)]. *J. Am. Chem. Soc.* 125(15): 4580–4592.
32. Cabeza J.A., Fernandez-Colina J.M. 1993. Ruthenium(I) complexes containing bridging N-donor ligands: structure, synthesis and reactivity patterns. *Coord. Chem. Rev.* 126(1–2): 319–336.
33. Cabeza J.A., da Silva I., del Rio I., Garcia-Granda S., Riera V., Sanchez-Vega M.G. 2003. Reactivity of Triosmium and Triruthenium Carbonyls with 2,2'-Diamino-1,1'-binaphthalene. Synthesis of C- and N-Metalated Derivatives. *Organometallics.* 22(7): 1519–1525.
34. Jiang N., Ma Z., Qu Z., Xing X., Xie L., Wang J. 2003. Investigation of the Transition-Metal- and Acid-Catalyzed Reactions of β-(N-Tosyl)amino Diazo Carbonyl Compounds. *J. Org. Chem.* 68(3): 893–900.
35. Akalay D., Durner G., Bats J.W., Gobel M.W. 2007. Synthesis of C₂-Symmetric Bisamidines: A new type of chiral metal-free lewis acid analogue interacting with carbonyl groups. *J. Org. Chem.* 72(15): 5618–5624.
36. Ma J., Xu J., Su W.-P. 2007. Bis(2-benzyliminomethyl-5-methylphenyl-κ²C¹,N)dicarbonylruthenium(II). *Acta Crystallogr., Sect. E.: Struct. Rep.* 5: m1421.
37. Viswanathamurthi P., Kavembu R., Tharaneeswaran V., Natarajan K. 2005. Ruthenium(II) complexes containing bidentate Schiff bases and triphenylphosphine or triphenylarsine. *J. Chem. Sci.* 117(3): 235–238.
38. Takayama T., Harano A., Sekine T., Kudo H. 2005. Phenoxo-Bridged Dimeric Structure of Technetium(I) Tricarbonyl Complex with Schiff Base Ligand. *J. Nucl. Radiochem. Sci.* 6(3): 149–152.
39. Youssef T.A. 2008. Reactions of chromium and molybdenum carbonyls with bis-(salicylaldehyde)-1,3-propylenediimine Schiff base. *J. Coord. Chem.* 61(5): 816–822.
40. El-Medani S.M., Ali O.A.M., Ramadan R.M. 2005. Photochemical reactions of group 6 metal carbonyls with N-salicylidene-2-hydroxyaniline and bis-(salicylaldehyde)phenylenediimine. *J. Mol. Struct.* 738(1): 171–177.

41. Agustin D., Rima G., Gornitzka H., Barrau J. 2000. Transition Metal Complexes of (Schiff Base)Divalent Group 14 Element Species $[(\text{salen})\text{M}]_n = \text{M}'(\text{CO})_{6-n}$ ($n = 1, 2$; $\text{M} = \text{Ge}, \text{Sn}, \text{Pb}$; $\text{M}' = \text{Cr}, \text{W}$) (p 693-702). *Eur. J. Inorg. Chem.* 4: 693–702.
42. Splan K.E., Massari A.M., Morris G.A., Sun S.-S., Reina E., Nguyen S.T., Hupp J.T. 2003. Photophysical and Energy-Transfer Properties of (Salen)zinc Complexes and Supramolecular Assemblies (p 2348-2351). *Eur. J. Inorg. Chem.* 12: 2348–2351.
43. Hwang W.-S., Wang D.-L., Chiang M.Y. 2000. Reactions of cyclometalated carbonyliron complex derived from thienyl Schiff base. *J. Organomet. Chem.* 613(2): 231–235.
44. Gudat D. 1997. Cationic low coordinated phosphorus compounds as ligands: Recent developments. *Coord. Chem. Rev.* 163(1): 71–106.
45. Garnovskii A.D., Sadimenko A.S., Osipov O.A., Tsytzadze G.V. 1986. *Zhestko-myagkie vozdeystviya v koordinatsionnoy khimii*. [Soft and hard interactions in coordination chemistry]. Rostov-on-Don, Rostov State University Publ.: 274 p. (In Russian).
46. Casas J.M., Forines J., Martinez F., Rueda A.J., Tomas M., Welch A.J. 1999. Synthesis and Reactivity of Dinuclear Complexes Containing $\uparrow$ 2-Phenyl-Metal Interactions. Crystal Structures of $[\text{NBu}_4][(\text{C}_6\text{F}_5)_3\text{Pt}\{\mu\text{-Ph}_2\text{PCH}_2\text{PPh}(\eta^2\text{-Ph})\}\text{Pt}(\text{C}_6\text{F}_5)_2]$ and $[\text{NBu}_4][(\text{C}_6\text{F}_5)_3\text{Pt}(\mu\text{-dppm})\text{Pt}(\text{C}_6\text{F}_5)_2(\text{CO})]$. *Inorg. Chem.* 38(7): 1529–1534.
47. Ly T.Q., Woollins J.D. 1998. Bidentate organophosphorus ligands formed via P-N bond formation: synthesis and coordination chemistry. *Coord. Chem. Rev.* 176(1): 451–481.
48. Gavrilov K.N., Mikhel I.S. 1998. [Chiral derivatives of phosphoric acid in the synthesis of coordination compounds and homogenous asymmetric catalysis. Complexes with P-mono- and P, N-bidentate ligands]. *Koordinatsionnaya khimiya. (Russian Journal of Coordination Chemistry)*. 24(12): 883–895. (In Russian).
49. Sadekov I.D., Uraev A.I., Garnovskii A.D. 1999. [Synthesis, reactivity and structure of carbonyls and cyclopentadienylcarbonyls metals with tellurium containing ligands]. *Uspekhi khimii. (Russian Chemical Reviews)*. 68(5): 454–473. (In Russian).
50. Shieh M., Lin S.-F., Guo Y.-W., Hsu M.-H., Lai Y.-W. 2004. New Strategy to Mixed-Group 6 Metal Carbonyl Telluride Complexes: Completion of the Trigonal Bipyramidal Clusters $[\text{Te}_2\text{CrM}_2(\text{CO})_{10}]_2$ - ($\text{M} = \text{Cr}, \text{Mo}, \text{W}$). *Organometallics*. 23(22): 5182–5187.
51. Klose S., Florke U., Egold H., Mathur P. 2003. Chalcogen-Centered Spirocyclic Mixed-Metal Carbonyl Complexes: Synthesis and Molecular Structures of $(\text{CO})_8(\mu\text{-PCy}_2)\text{Re}_2(\mu_4\text{-E})\text{Fe}_2(\mu\text{-ER})(\text{CO})_6$ and $[(\text{CO})_8(\mu\text{-PCy}_2)\text{Re}_2(\mu_4\text{-E})\text{Fe}_2(\text{CO})_6]_2(\mu_4\text{-E}_2)$ ($\text{E} = \text{S}, \text{Se}, \text{Te}$; $\text{R} = \text{Organic Residue}$). *Organometallics*. 22(17): 3360–3366.
52. Lappert M.F., Martin T.R., McLaughlin G.M. 1980. Telluroureas and derived transition metal complexes: the crystal and molecular structure of $[\text{Cr}(\text{CO})_5\{\text{Te}=\text{CN}(\text{Et})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NEt}\}]$. *J. Chem. Soc., Chem. Commun.* 13: 635–637.
53. Matsubara K., Niibayashi S., Nagashima H. 2003. Thermally or Photochemically Induced Reductive Cleavage of Metal-Metal Bonds of Metal Carbonyl Dimers by a Titanocene(III) *tert*-Butoxide: Novel Reversible Access to Heterobimetallic Complexes. *Organometallics*. 22(7): 1376–1382.
54. Fisher P.J., Krohn K.M., Mwenda E.T., Young V.G., Jr. 2005. (2-(Dimethylamino)ethyl)cyclopentadienyl Group VI Metal Carbonyl Anions and Divalent Tin(IV) Derivatives. *Organometallics*. 24(7): 1776–1779.
55. Polo A.S., Itokazu M.K., Frin K.M., Patrocínio A.O., Murakami N.Y. 2006. Light driven trans-to-cis isomerization of stilbene-like ligands in $\text{fac-}[\text{Re}(\text{CO})_3(\text{NN})(\text{trans-L})]^+$ and luminescence of their photoproducts. *Coord. Chem. Rev.* 250(13–14): 1669–1680.
56. Hartl F., Rosa P., Ricard L., Le Floch P., Zalis S. 2007. Ligand-to-ligand and intraligand charge transfer and their relation to charge transfer interactions in organic zwitterions. *Coord. Chem. Rev.* 251(3–4): 557–576.

57. Ooms K.J., Feindel K.W., Tersikh V.V., Wasylishen R.E. 2006. Ultrahigh-Field NMR Spectroscopy of Quadrupolar Transition Metals: 55Mn NMR of Several Solid Manganese Carbonyls. *Inorg. Chem.* 45(21): 8492–8499.
58. Adams R.D., Kwon O.-S., Miao S. 2005. Disulfido Metal Carbonyl Complexes Containing Manganese. *Acc. Chem. Res.* 38(3): 183–190.
59. Adams R.D., Kwon O.-S., Smith M.D. 2001. $\text{Mn}_2(\text{CO})_6(\mu\text{-CO})(\mu\text{-S}_2)$. The Simplest Disulfide of Manganese Carbonyl. *Inorg. Chem.* 40(21): 5322–5323.
60. Ramallo-Lopez J.M., Lede E.J., Requejo F.G., Rodriguez J.A., Kim J.-Y., Rosas-Salas R., Dominguez J.M. 2004. XANES Characterization of Extremely Nanosized Metal-Carbonyl Subspecies (Me = Cr, Mn, Fe, and Co) Confined into the Mesopores of MCM-41 Materials. *J. Phys. Chem. B.* 108(52): 20005–20010.
61. Reinhold J., Barthel A., Mealli C. 2003. Effects of the bridging ligands on the molecular and electronic structure of $\text{Fe}_2(\text{CO})_9$ derivatives. *Coord. Chem. Rev.* 238–239: 333–346.
62. Shieh M., Chung R.-L., Yu C.-H., Hsu M.-H., Ho C.-H., Peng S.-M., Liu Y.-H. 2003. The Unusual Paramagnetic Mixed-Metal Carbonyl Chalcogenide Clusters: $[\text{E}_2\text{Cr}_2\text{Fe}(\text{CO})_{10}]_2$ - (E = Te, Se). *Inorg. Chem.* 42(18): 5477–5479.
63. Cromhout N.L., Gallagher J.F., Lough A.J., Manning A.R. 2002. Arylisocyanide derivatives of iron(0): Crystal and molecular structures of $\text{Fe}(\text{CO})_2[\text{P}(\text{OPH})_3]_2(\text{CNR})$ (R = phenyl, *para*-tolyl, mesityl). *Z. Krist.* 217(7–8): 401–405.
64. Wang H., Xie Y., King R.B., Schaefer H.F. 2006. Remarkable Aspects of Unsaturation in Trinuclear Metal Carbonyl Clusters: The Triiron Species $\text{Fe}_3(\text{CO})_n$ ($n = 12, 11, 10, 9$). *J. Am. Chem. Soc.* 128(35): 11376–11384.
65. Calderoni F., Iapalucci M.C., Longoni G., Testoni U. 1995. *The Synergy between Dynamics and Reactivity at Clusters and Surfaces. Vol. 465.* Ed. L.G. Farrugia. NATO ASI Ser.: 335 p.
66. Nalla P., Huang S.-H., Zhang Y., Chyan O., Richmond M.G., El Bouanani M. 2005. Photochemically Induced Metallization of Surface Silicon Using Dinuclear Metal Carbonyl Compounds. Anchoring of Ruthenium to a Si(111) Surface through Covalent Ru-Si Bond Formation. *Chem. Mater.* 17(24): 5951–5956.
67. Cabeza J.A., del Rio I., Garcia-Alvarez P., Miguel D. 2006. Nonanuclear Ruthenium Carbonyl Cluster Complexes with a Novel Metallic Skeleton: Pentagonal Bipyramid with Two Equatorial Edges Spanned by Metal Atoms. *Organometallics.* 25(23): 5672–5675.
68. Ohs A.C., Rheingold A.L., Shaw M.J., Nataro C. 2004. Electrochemistry of Group VI Metal Carbonyl Compounds Containing 1,1'-Bis(diphenylphosphino)ferrocene. *Organometallics.* 23(20): 4655–4660.
69. Kataoka Y., Nakagawa Y., Shibahara A., Yamagata T., Mashima K., Tani K. 2004. Construction of Metal-Centered Chirality: Diastereoselective Addition of the Meerwein Reagent (Me_3OBF_4) to Rhodium Carbonyl Complexes Having the Cp'-P Ligand. *Organometallics.* 23(9): 2095–2099.
70. Diefenbach A., Bickelhaupt F.M., Frenking G. 2000. The Nature of the Transition Metal-Carbonyl Bond and the Question about the Valence Orbitals of Transition Metals. A Bond-Energy Decomposition Analysis of $\text{TM}(\text{CO})_6\text{q}$ ($\text{TMq} = \text{Hf}^{2-}, \text{Ta}^-, \text{W}, \text{Re}^+, \text{Os}^{2+}, \text{Ir}^{3+}$). *J. Am. Chem. Soc.* 122(27): 6449–6458.
71. R. Devenish, B. T. Heaton, S. Mulley, Longoni G. 1991. Analytical electron microscopy of clusters; evidence of a stabilizing interaction between transition metal carbonyl clusters and amorphous carbon supports. *Materials: Chem. & Phys.* 29(1–4): 467–474.
72. Calabrese J.C., Dahl L.F., Chini P., Longoni G., Martinengo S. 1974. Synthesis and structural characterization of platinum carbonyl cluster dianions bis, tris, tetrakis, or pentakis(tri- μ -2-carbonyl-tricarbonyltriplatinum)(2-). New series of inorganic oligomers. *J. Am. Chem. Soc.* 96(8): 2614–2616.
73. Longoni G., Chini P., Cavalieri A. 1976. Carbonylnickelates. 1. Synthesis and chemical characterization of the dodecacarbonylpentanickelate(2-) and dodecacarbonylhexanickelate(2-) dianions. *Inorg. Chem.* 15(12): 3025–3029.

74. Longoni G., Chini P. 1976. Carbonylnickelates. 2. Synthesis and chemical characterization of the dianion octadecylnonanickelate(2-). *Inorg. Chem.* 15(12): 3029–3031.
75. Manassero M., Sansoni M. & Longoni G. 1976. Crystal structure of $[\text{Me}_3\text{NCH}_2\text{Ph}][\text{Fe}_4(\text{CO})_{13}\text{H}]$. A butterfly metal cluster with unusual bonded carbonyl group. *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* 22: 919–920.
76. Washechek D.M., Wucherer E.J., Dahl L.F., Ceriotti A., Longoni G., Manassero M., Sansoni M., Chini P. 1979. Synthesis, structure, and stereochemical implication of the $[\text{Pt}_{19}(\text{CO})_{12}(\mu_2\text{-CO})_{10}]^{4-}$ tetraanion: a bicapped triple-decker all-metal sandwich of idealized fivefold (D_{5h}) geometry. *J. Am. Chem. Soc.* 101(20): 6110–6112.
77. Lo F.Y.K., Longoni G., Chini P., Lower L.D., Dahl L.F. 1980. Synthesis, structure, and stereochemical implication of the $[\text{Pt}_{19}(\text{CO})_{12}(\mu_2\text{-CO})_{10}]^{4-}$ tetraanion: a bicapped triple-decker all-metal sandwich of idealized fivefold (D_{5h}) geometry. *J. Am. Chem. Soc.* 102(26): 7691–7701.
78. Nagaki D.A., Lower L.D., Longoni G., Chini P., Dahl L.F. 1986. Stereochemistry of the $[\text{Ni}_9(\text{CO})_{18}]^{2-}$ dianion: a comparative structural-bonding analysis of the different nine-metal cores of stacked metal triangles in the $[\text{M}_9(\text{CO})_{18}]^{2-}$ ($\text{M} = \text{Ni}, \text{Pt}$) and $[\text{Rh}_9(\text{CO})_{19}]^{3-}$ anions. *Organometallics*. 5(9): 1764–1771.
79. Collini D., Femoni C., Iapalucci M.C., Longoni G., Zanello P. 2003. Modulation of Electronic Behaviour of Metal Carbonyl Clusters. In: *Perspectives in Organometallic Chemistry*. Vol. 287. Eds. C.G. Screttas and B.R. Steele. RS-C Books: 183–195.
80. Longoni G. Interstitial nickel carbonyl clusters // *Pure & Appl. Chem.* 1990. V. 62. № 6. P. 1183–1186.
81. Smith M.C., Barclay J.E., Davies S.C., Hughes D.L., Evans D.J. 2003. Targeting synthetic analogues of the metallo-sulfur active sites of nickel enzymes capable of important catalysis. *Dalton Trans.* 21: 4147–4151.
82. Mogi K., Sakai Y., Sonoda T., Xu Q., Souma Y. 2003. Geometries and Electronic Structures of Group 10 and 11 Metal Carbonyl Cations, $[\text{M}(\text{CO})_n]^{x+}$ ($\text{M}^{x+} = \text{Ni}^{2+}, \text{Pd}^{2+}, \text{Pt}^{2+}, \text{Cu}^+, \text{Ag}^+, \text{Au}^+$; $n = 1\text{--}4$). *J. Phys. Chem. A*. 107(19): 3812–3821.
83. Plečnik C.E., Liu S., Shore S.G. 2003. Lanthanide-Transition-Metal Complexes: From Ion Pairs to Extended Arrays. *Acc. Chem. Res.* 36(7): 499–508.
84. Poplaukhin P.V., Chen X., Meyers E.A., Shore S.G. 2006. Lanthanide-Transition Metal Carbonyl Complexes: Condensation of Solvent-Separated Ion-Pair Compounds into Extended Structures. *Inorg. Chem.* 45(25): 10115–10125.
85. Murata M., Habe S., Araki S., Namiki K., Yamada T., Nakagawa N., Nankawa T., Nihei M., Mizutani J., Kurihara M., Nishihara H. 2006. Synthesis of Heterometal Cluster Complexes by the Reaction of Cobaltadichalcogenolato Complexes with Groups 6 and 8 Metal Carbonyls. *Inorg. Chem.* 45(3): 1108–1116.
86. Plečnik C.E., Liu S., Chen X., Meyers E.A., Shore S.G. 2004. Lanthanide-Transition-Metal Carbonyl Complexes: New $[\text{Co}_4(\text{CO})_{11}]^{2-}$ Clusters and Lanthanide(II) Isocarbonyl Polymeric Arrays. *J. Am. Chem. Soc.* 126(1): 204–213.
87. Evans W.J., Kozimor S.A., Nice G.W., Ziller J.W. 2003. Comparative Reactivity of Sterically Crowded nf_3 (C_5Me_5)₃Nd and (C_5Me_5)₃U Complexes with CO: Formation of a Nonclassical Carbonium Ion versus an f Element Metal Carbonyl Complex. *J. Am. Chem. Soc.* 125(45): 13831–13835.
88. Femoni C., Iapalucci M.C., Longoni G., Svensson P.H. 2002. The new enneanuclear nickel carbonyl anion $[\text{Ni}_9(\text{CO})_{16}]^{2-}$ and its relationships with the $[\text{Ni}_{12}(\text{CO})_{21}]^{4-}$ and $[\text{Ni}_6\text{Rh}_3(\text{CO})_{17}]^{3-}$ clusters. *Inorg. Chim. Acta*. 330(1): 111–117.
89. Scopenko V.V. (Ed.). 1997. *Pryamoy sintez koordinatsionnykh soedineniy*. [Direct synthesis of coordination compounds]. Kiev, Ventury: 147 p. (In Russian).
90. Timms P.L. 1973. Chemistry of boron and silicon subhalides. *Acc. Chem. Res.* 6(4): 118–123.
91. Domracheev G.A., Zinoviev V.D. 1978. [Reactions of transition metals in atomic condition]. *Uspekhi khimii*. (Russian Chemical Reviews). 47(4): 679–704. (In Russian).
92. Smith M.C., Barclay J.E., Davies S.C., Hughes D.L., Evans D.J. 2003. Targeting synthetic analogues of the metallo-sulfur active sites of nickel enzymes capable of important catalysis. *Dalton Trans.* 21: 4147–4151.

93. Sunderman F.W. 1981. Chelation therapy in nickel poisoning. *Ann. Clinical Laboratory Science*. 11(1): 1–8.
94. Sunderman F.W. 1991. Therapeutic properties of sodium diethyldithiocarbamate: its role as an inhibitor in the progression of AIDS. *Ann. Clinical Laboratory Science*. 21(1): 70–81.
95. Bradberry S.M., Vale J.A. 1999. Therapeutic Review: Do Diethyldithiocarbamate and Disulfiram Have a Role in Acute Nickel Carbonyl Poisoning? *J. Toxicol., Clin. Toxicol.* 37(2): 259–266.
96. Barceloux D.G. 1999. Nickel. *J. Toxicol., Clin. Toxicol.* 37(2): 239–242.
97. Kaaber K., Menne T., Tjell J.C., Veien N. 1979. Antabuse[®] treatment of nickel dermatitis. Chelation – a new principle in the treatment of nickel dermatitis. *Contact Dermatitis*. 5(4): 221–228.
98. Braker W., Mossman. A.L. 1980. *Matheson gas data book*. 6th ed. Lyndhurst, Matheson: 432 p.
99. Chakraborty R., Brown K., Horikoshi M. 2004. Removal of metal carbonyl and moisture impurities through POU purification of CO gas. *Gases and Technology*. (July/August): 1–9.
100. Snow J. Comparison of Two Purification Media for Metal Carbonyl Removal in Carbon Monoxide. Available at: www.mykrolis.com
101. Wyse C., Watanabe T., Fraenkel D., Torres R., Houlding V. 2001. Purification of carbon monoxide. *Clean Rooms*. June(1): 7–11.
102. Ricci A. ABG-100-1104a. Available at: www.pall.com
103. Shafi K.V.P., Gedanken A., Goldfarb R.B., Felner I. 1997. Sonochemical preparation of nanosized amorphous Fe-Ni alloys. *J. Appl. Phys.* 81(10): 6901–6905.
104. Garnovskii A.D., Nivorozhkin A.L., Minkin V.I. 1993. Ligand environment and the structure of Schiff base adducts and tetracoordinated metal-chelates. *Coord. Chem. Rev.* 126(1–2): 1–69.
105. Garnovskii A.D., Vasilchenko I.S. 2002. [Rational design of coordination compounds of metals with azomethine ligands]. *Uspekhi khimii. (Russian Chemical Reviews)*. 71(11): 1064–1089. (In Russian).
106. Garnovskii A.D., Vasilchenko I.S. 2005. [Tautomerism and different types of coordination of typical chelating ligands with metals]. *Uspekhi khimii. (Russian Chemical Reviews)*. 74(3): 211–234. (In Russian).
107. Hernandez-Molina R., Mederos A. 2003. *Comprehensive Coordination Chemistry II*. Vol. 1. Ed. A.B.P. Lever. Oxford; New York, Elsevier-Pergamon Press: 411–446.
108. Vigato P.A., Tamburini S. 2004. The challenge of cyclic and acyclic Schiff bases and related derivatives. *Coord. Chem. Rev.* 248(17–20): 1717–2128.
109. Vigato P.A., Tamburini S., Bertelo L. 2007. The development of compartmental macrocyclic Schiff bases and related polyamine derivatives. *Coord. Chem. Rev.* 251(11–12): 1311–1492.
110. Kogan V.A., Kochin S.G., Antsyshkina A.S., Sadikov G.G., Garnovskii A.D. 1997. Five-membered metal chelate rings in complexes of palladium with 2-mercaptomethylazobenzene. *Mendeleev Commun.* 6: 239–240.
111. Kogan V.A., Shcherbakov I.N. 2004. [Theoretical assumptions of isomerism of metal-chelates MX₂Y₂ with azo group]. *Russ. khim. zhurnal. (Zhurn. Ross. khim. ob-shch. im. D.I. Mendeleeva)*. 48(1): 69–76. (In Russian).
112. Garnovskii A.D., Uraev A.I., Minkin V.I. 2004. Metal complexes from aryl and heteroarylazocompounds. *Arkivoc*. iii. P. 29–41.
113. Len G.-M. 1998. *Supramolekulyarnaya khimiya. Kontseptsii i perspektivy. [Supramolecular chemistry. Conceptions and perspectives]*. Novosibirsk, Nauka Publ.: 333 p. (In Russian).
114. Steed D.V., Atwood D.L. 2007. *Supramolekulyarnaya khimiya. [Supramolecular chemistry]*. Vol. 1, 2. M., Akademkniga: 896 p. (In Russian).
115. Balzani V., Juris A., Venturi M., Campagna S., Serroni S. 1996. Luminescent and Redox-Active Polynuclear Transition Metal Complexes. *Chem. Rev.* 96(2): 759–834.

116. Slone R.V., Hupp J.T., Stern C.L., Albrecht-Schmitt T.E. 1996. Self-Assembly of Luminescent Molecular Squares Featuring Octahedral Rhenium Corners. *Inorg. Chem.* 35(14): 4096–4097.
117. Slone R.V., Hupp J.T. 1997. Synthesis, Characterization, and Preliminary Host-Guest Binding Studies of Porphyrinic Molecular Squares Featuring *fac*-Tricarbonylrhenium(I) Chloro Corners. *Inorg. Chem.* 36(24): 5422–5423.
118. Benkstein K.D., Hupp J.T., Stern C.L. 1998. Synthesis and Characterization of Molecular Rectangles Based upon Rhenium Thiolate Dimers. *Inorg. Chem.* 37(21): 5404–5405.
119. Benkstein K.D., Hupp J.T., Stern C.L. 1998. Synthesis and Characterization of Molecular Rectangles Based upon Rhenium Thiolate Dimers. *J. Am. Chem. Soc.* 120(49): 12982–12983.
120. Klausmeyer K.K., Wilson S.R., Rauchfuss T.B. 1999. Alkali Metal-Templated Assembly of Cyanometalate “Boxes” $(\text{NEt}_4)_3\{\text{M}[\text{Cp}^*\text{Rh}(\text{CN})_3]_4[\text{Mo}(\text{CO})_3]_4\}$ (M = K, Cs). Selective Binding of Cs^+ . *J. Am. Chem. Soc.* 121(12): 2705–2711.
121. Sun S.-S., Lees A.J. 2000. Self-Assembly Triangular and Square Rhenium(I) Tricarbonyl Complexes: A Comprehensive Study of Their Preparation, Electrochemistry, Photophysics, Photochemistry, and Host-Guest Properties. *J. Am. Chem. Soc.* 122(37): 8956–8967.
122. Leininger S., Olenyuk B., Stang P.J. 2000. Self-Assembly of Discrete Cyclic Nanostructures Mediated by Transition Metals. *Chem. Rev.* 100(3): 853–908.

REFERENCES

1. McCleverty J.A., Meyer T.J. (Eds.). 2003. *Comprehensive Coordination Chemistry II*. Vol. 1–10. Oxford; New York, Elsevier-Pergamon Press: 8419 p.
2. Grabtree R., Mingos M. (Eds.). 2006. *Comprehensive Organometallic Chemistry III*. Vol. 1–13. Oxford; New York, Elsevier-Pergamon Press: 9000 p.
3. Tret'yakov Yu.D., Martynenko L.I., Grigor'ev A.N., Tsyvadze A.Yu. 2001. *Neorganicheskaya khimiya. [Inorganic Chemistry]*. Vol. 1, 2. M., Khimiya: 1054 p. (In Russian).
4. Garnovskii A.D., Vasilchenko I.S., Garnovskii D.A. 2003. *Sovremennye aspekty sinteza metallokompleksov. Osnovnye ligandy i metody. [Modern aspects of synthesis of metal complexes. Main ligands and methods]*. Rostov-on-Don, "Laboratoriya Perspektivnogo obrazovaniya" Publ.: 354 p. (In Russian).
5. Garnovskii A.D., Kharisov B.I. (Eds.). 2003. *Synthetic Coordination and Organometallic Chemistry*. New York; Basel, Marcel-Dekker: 513 p.
6. Garnovskii A.D., Sadimenko A.P. 1998. Five and Six-membered heteroaromatic Compounds as σ - and π -Ligands. *Adv. Heterocycl. Chem.* 72: 1–77.
7. Dyson P.J., McIndoe J. 2000. *Transition Metal Carbonyl Cluster Chemistry*. New York, Hardcover: 182 p.
8. Shrayver D., Atkins P. 2004. *Neorganicheskaya khimiya. [Inorganic Chemistry]*. Vol. 1, 2. M., Mir: 1168 p. (In Russian).
9. Skopenko V.V., Tsyvadze A.Yu., Savranskii L.I., Garnovskii A.D. 2007. *Koordinatsionnaya khimiya. [Coordination Chemistry]*. M., Akademkniga: 487 p. (In Russian).
10. Wilkinson G., Gillard R.D., McCleverty J.A. (Eds.). 1987. *Comprehensive Coordination Chemistry*. Vol. 1. Oxford, Pergamon Press: 653 p.
11. Yamamoto A. 1986. *Organotransition Metal Chemistry*. New York, J. Wiley: 480 p.
12. Douglas B.E., McDaniel D.H., Alexander J.J. 1994. *Concepts and Model of Inorganic Chemistry*. 3rd Ed. New York, J. Wiley & Sons: 993 p.
13. Minkin V.I., Simkin B.Ya., Minyaev R.M. 1997. *Teoriya stroeniya molekul. [Theory of molecule structure]*. Rostov-on Don, Feniks Publ.: 560 p. (In Russian).
14. Wilkinson G., Stone F.G.A., Abel E.W. (Eds.). I – 1982, Vol. 1–9; II – 1995, Vol. 1–13. *Comprehensive Organometallic Chemistry*. Oxford, Pergamon Press: 7890 p.
15. Cotton F.A., Wilkinson G., Murillo C.A., Bochman M. 1999. *Advanced Inorganic Chemistry*. 6th Ed. New York, J. Wiley: 1355 p.
16. Bauer G. (Ed.). 1986. *Rukovodstvo po neorganicheskomu sintezu. [Guidance on inorganic synthesis]*. Vol. 6. M., Mir Publ.: 355 p. (In Russian).
17. Garnovskii A.D., Kharisov B.I. (Eds.). 1999. *Direct Synthesis of Coordination and Organometallic Compounds*. Amsterdam, Elsevier: 244 p.
18. Adams R.D., Cotton F.A. (Eds.). 1998. *Catalysis by Di- and Polynuclear Metal Cluster Complexes*. New York, Wiley-VCH: 416 p.
19. Mathur P., Singh A.K., Singh V.K., Singh P., Rahul R., Mobin S.M., Thone C. 2005. Coupling Reactions of Ferrocenylacetylene with Mononuclear Metal Carbonyls $\text{Fe}(\text{CO})_5$ and $\text{M}(\text{CO})_6$ ($\text{M} = \text{Mo}, \text{W}$): Synthesis and Characterization of $[\text{Fe}(\text{CO})_2\{\eta^5\text{-}2,5\text{-Fc}_2\text{C}_5\text{H}_2\text{CO}\}\text{C}(\text{Fc})=\text{CH}]$, $[\text{Fe}(\text{CO})_2\{\eta^2\text{-}\eta^2\text{-}2,5\text{-Fc}_2\text{C}_4\text{H}_2\text{Fe}(\text{CO})_3\}\text{-}\mu\text{-CO}]$, $[\text{Fe}(\text{CO})_3\{\eta^2\text{-}\eta^2\text{-}2,5\text{-Fc}_2\text{C}_4\text{H}_2\text{CO}\}]$, 1,2,4-Triferrocenylbenzene, 2,5-Diferrocenylthiophene, and 2,5-Diferrocenylselenophene. *Organometallics*. 24(20): 4793–4798.
20. Guzman-Jimenez I.Y., van Hal J.W., Whitmire K.H. 2003. Metal Cluster Catalysis: A Kinetic and Mechanistic Study of the Carbonylation of Methanol to Give Methyl Formate as Catalyzed by $[\text{Et}_4\text{N}]_2[\text{Fe}_3(\text{CO})_9\text{E}]$ ($\text{E} = \text{S}, \text{Se}, \text{Te}$). *Organometallics*. 22(9): 1914–1922.

21. Xu Q. 2002. Metal carbonyl cations: generation, characterization and catalytic application. *Coord. Chem. Rev.* 231(1–2): 83–108.
22. Noyori R., Yamakawa M., Hashiguchi S. 2001. Metal-Ligand Bifunctional Catalysis: A Nonclassical Mechanism for Asymmetric Hydrogen Transfer between Alcohols and Carbonyl Compounds. *J. Org. Chem.* 66(24): 7931–7944.
23. Xu K., Peng H., Lam J.W.Y., Poon T.W.H., Dong Y., Xu H., Sun Q., Cheuk K.K.L., Salhi F., Lee P.P.S., Tang B.Z. 2000. Transition Metal Carbonyl Catalysts for Polymerizations of Substituted Acetylenes. *Macromolecules.* 33(19): 6918–6924.
24. Cornils B. (Ed.). 2005. *Multiphase Homogenous Catalysis*. New York, J. Wiley – VCH: 564 p.
25. Femoni C., Iapalucci M.C., Kaswalder F., Longoni G., Zacchini S. 2006. The possible role of metal carbonyl clusters in nanoscience and nanotechnologies. *Coord. Chem. Rev.* 250(11–12): 1580–1604.
26. Garnovskii A.D., Garnovskii D.A., Vasilchenko I.S., Burlov A.S., Sadimenko A.P., Sadekov I.D. 1997. [Competitive coordination: ambidentate ligands in modern chemistry of metal complexes]. *Uspekhi khimii. (Russian Chemical Reviews)*. 66(5): 434–462. (In Russian).
27. Hermann W.A. (Ed.). *Synthetic Methods of Organometallic and Inorganic Chemistry*. 1996 (Vol. 1, 2, 3, 6). 1997 (Vol. 4, 5, 7, 8). Stuttgart; New York, Thienne: 1988 p.; 2072 p.
28. Adams R.D., Miao S. 2003. New Mixed-Metal Sulfido Metal Carbonyl Complexes by Insertion of Metal Carbonyl Groups into the S-S Bond of CpMoMn(CO)₅(μ-S₂). *Organometallics.* 22(12): 2492–2497.
29. Coquerel Y., Depres J.-P. 2002. Reductive complexation of cycloheptatrienes by iron pentacarbonyl and catalytic sodium borohydride. *Chem. Commun.* 6: 658–659.
30. Herbst K., Monari M., Brorson M. 2001. Heterobimetallic, Cubane-like Mo₃S₄M' Cluster Cores Containing the Noble Metals M' = Ru, Os, Rh, Ir. Unprecedented Tri(μ-carbonyl) Bridge Between Ruthenium Atoms in [{(η⁵-Cp)₃Mo₃S₄Ru}₂(μ-CO)₃]²⁺. *Inorg. Chem.* 40(13): 2979–2985.
31. Zalis S., Farrell I.R., Vlcek A. Jr. 2003. The Involvement of Metal-to-CO Charge Transfer and Ligand-Field Excited States in the Spectroscopy and Photochemistry of Mixed-Ligand Metal Carbonyls. A Theoretical and Spectroscopic Study of [W(CO)₄(1,2-Ethylenediamine)] and [W(CO)₄(N,N'-Bis-alkyl-1,4-diazabutadiene)]. *J. Am. Chem. Soc.* 125(15): 4580–4592.
32. Cabeza J.A., Fernandez-Colina J.M. 1993. Ruthenium(I) complexes containing bridging N-donor ligands: structure, synthesis and reactivity patterns. *Coord. Chem. Rev.* 126(1–2): 319–336.
33. Cabeza J.A., da Silva I., del Rio I., Garcia-Granda S., Riera V., Sanchez-Vega M.G. 2003. Reactivity of Triosmium and Triruthenium Carbonyls with 2,2'-Diamino-1,1'-binaphthalene. Synthesis of C- and N-Metalated Derivatives. *Organometallics.* 22(7): 1519–1525.
34. Jiang N., Ma Z., Qu Z., Xing X., Xie L., Wang J. 2003. Investigation of the Transition-Metal- and Acid-Catalyzed Reactions of β-(N-Tosyl)amino Diazo Carbonyl Compounds. *J. Org. Chem.* 68(3): 893–900.
35. Akalay D., Durner G., Bats J.W., Gobel M.W. 2007. Synthesis of C₂-Symmetric Bisamidines: A new type of chiral metal-free lewis acid analogue interacting with carbonyl groups. *J. Org. Chem.* 72(15): 5618–5624.
36. Ma J., Xu J., Su W.-P. 2007. Bis(2-benzyliminomethyl-5-methylphenyl-κ²C¹,N)dicarbonylruthenium(II). *Acta Crystallogr., Sect. E.: Struct. Rep.* 5: m1421.
37. Viswanathamurthi P., Kavembu R., Tharaneeswaran V., Natarajan K. 2005. Ruthenium(II) complexes containing bidentate Schiff bases and triphenylphosphine or triphenylarsine. *J. Chem. Sci.* 117(3): 235–238.
38. Takayama T., Harano A., Sekine T., Kudo H. 2005. Phenoxo-Bridged Dimeric Structure of Technetium(I) Tricarbonyl Complex with Schiff Base Ligand. *J. Nucl. Radiochem. Sci.* 6(3): 149–152.
39. Youssef T.A. 2008. Reactions of chromium and molybdenum carbonyls with bis-(salicylaldehyde)-1,3-propylenediimine Schiff base. *J. Coord. Chem.* 61(5): 816–822.
40. El-Medani S.M., Ali O.A.M., Ramadan R.M. 2005. Photochemical reactions of group 6 metal carbonyls with N-salicylidene-2-hydroxyaniline and bis-(salicylaldehyde)phenylenediimine. *J. Mol. Struct.* 738(1): 171–177.

41. Agustin D., Rima G., Gornitzka H., Barrau J. 2000. Transition Metal Complexes of (Schiff Base)Divalent Group 14 Element Species $[(\text{salen})\text{M}]_n = \text{M}'(\text{CO})_{6-n}$ ($n = 1, 2$; $\text{M} = \text{Ge}, \text{Sn}, \text{Pb}$; $\text{M}' = \text{Cr}, \text{W}$) (p 693-702). *Eur. J. Inorg. Chem.* 4: 693–702.
42. Splan K.E., Massari A.M., Morris G.A., Sun S.-S., Reina E., Nguyen S.T., Hupp J.T. 2003. Photophysical and Energy-Transfer Properties of (Salen)zinc Complexes and Supramolecular Assemblies (p 2348-2351). *Eur. J. Inorg. Chem.* 12: 2348–2351.
43. Hwang W.-S., Wang D.-L., Chiang M.Y. 2000. Reactions of cyclometalated carbonyliron complex derived from thienyl Schiff base. *J. Organomet. Chem.* 613(2): 231–235.
44. Gudat D. 1997. Cationic low coordinated phosphorus compounds as ligands: Recent developments. *Coord. Chem. Rev.* 163(1): 71–106.
45. Garnovskii A.D., Sadimenko A.S., Osipov O.A., Tsytzadze G.V. 1986. *Zhestko-myagkie vozdeystviya v koordinatsionnoy khimii*. [Soft and hard interactions in coordination chemistry]. Rostov-on-Don, Rostov State University Publ.: 274 p. (In Russian).
46. Casas J.M., Forines J., Martinez F., Rueda A.J., Tomas M., Welch A.J. 1999. Synthesis and Reactivity of Dinuclear Complexes Containing $\uparrow$ 2-Phenyl-Metal Interactions. Crystal Structures of $[\text{NBu}_4][(\text{C}_6\text{F}_5)_3\text{Pt}\{\mu\text{-Ph}_2\text{PCH}_2\text{PPh}(\eta^2\text{-Ph})\}\text{Pt}(\text{C}_6\text{F}_5)_2]$ and $[\text{NBu}_4][(\text{C}_6\text{F}_5)_3\text{Pt}(\mu\text{-dppm})\text{Pt}(\text{C}_6\text{F}_5)_2(\text{CO})]$. *Inorg. Chem.* 38(7): 1529–1534.
47. Ly T.Q., Woollins J.D. 1998. Bidentate organophosphorus ligands formed via P-N bond formation: synthesis and coordination chemistry. *Coord. Chem. Rev.* 176(1): 451–481.
48. Gavrilov K.N., Mikhel I.S. 1998. [Chiral derivatives of phosphoric acid in the synthesis of coordination compounds and homogenous asymmetric catalysis. Complexes with P-mono- and P, N-bidentate ligands]. *Koordinatsionnaya khimiya. (Russian Journal of Coordination Chemistry)*. 24(12): 883–895. (In Russian).
49. Sadekov I.D., Uraev A.I., Garnovskii A.D. 1999. [Synthesis, reactivity and structure of carbonyls and cyclopentadienylcarbonyls metals with tellurium containing ligands]. *Uspekhi khimii. (Russian Chemical Reviews)*. 68(5): 454–473. (In Russian).
50. Shieh M., Lin S.-F., Guo Y.-W., Hsu M.-H., Lai Y.-W. 2004. New Strategy to Mixed-Group 6 Metal Carbonyl Telluride Complexes: Completion of the Trigonal Bipyramidal Clusters $[\text{Te}_2\text{CrM}_2(\text{CO})_{10}]_2$ - ($\text{M} = \text{Cr}, \text{Mo}, \text{W}$). *Organometallics*. 23(22): 5182–5187.
51. Klose S., Florke U., Egold H., Mathur P. 2003. Chalcogen-Centered Spirocyclic Mixed-Metal Carbonyl Complexes: Synthesis and Molecular Structures of $(\text{CO})_8(\mu\text{-PCy}_2)\text{Re}_2(\mu_4\text{-E})\text{Fe}_2(\mu\text{-ER})(\text{CO})_6$ and $[(\text{CO})_8(\mu\text{-PCy}_2)\text{Re}_2(\mu_4\text{-E})\text{Fe}_2(\text{CO})_6]_2(\mu_4\text{-E}_2)$ ($\text{E} = \text{S}, \text{Se}, \text{Te}$; $\text{R} = \text{Organic Residue}$). *Organometallics*. 22(17): 3360–3366.
52. Lappert M.F., Martin T.R., McLaughlin G.M. 1980. Telluroureas and derived transition metal complexes: the crystal and molecular structure of $[\text{Cr}(\text{CO})_5\{\text{Te}=\text{CN}(\text{Et})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NEt}\}]$. *J. Chem. Soc., Chem. Commun.* 13: 635–637.
53. Matsubara K., Niibayashi S., Nagashima H. 2003. Thermally or Photochemically Induced Reductive Cleavage of Metal-Metal Bonds of Metal Carbonyl Dimers by a Titanocene(III) *tert*-Butoxide: Novel Reversible Access to Heterobimetallic Complexes. *Organometallics*. 22(7): 1376–1382.
54. Fisher P.J., Krohn K.M., Mwenda E.T., Young V.G., Jr. 2005. (2-(Dimethylamino)ethyl)cyclopentadienyl Group VI Metal Carbonyl Anions and Divalent Tin(IV) Derivatives. *Organometallics*. 24(7): 1776–1779.
55. Polo A.S., Itokazu M.K., Frin K.M., Patrocinio A.O., Murakami N.Y. 2006. Light driven trans-to-cis isomerization of stilbene-like ligands in $\text{fac-}[\text{Re}(\text{CO})_3(\text{NN})(\text{trans-L})]^+$ and luminescence of their photoproducts. *Coord. Chem. Rev.* 250(13–14): 1669–1680.
56. Hartl F., Rosa P., Ricard L., Le Floch P., Zalis S. 2007. Ligand-to-ligand and intraligand charge transfer and their relation to charge transfer interactions in organic zwitterions. *Coord. Chem. Rev.* 251(3–4): 557–576.

57. Ooms K.J., Feindel K.W., Tersikh V.V., Wasylishen R.E. 2006. Ultrahigh-Field NMR Spectroscopy of Quadrupolar Transition Metals: 55Mn NMR of Several Solid Manganese Carbonyls. *Inorg. Chem.* 45(21): 8492–8499.
58. Adams R.D., Kwon O.-S., Miao S. 2005. Disulfido Metal Carbonyl Complexes Containing Manganese. *Acc. Chem. Res.* 38(3): 183–190.
59. Adams R.D., Kwon O.-S., Smith M.D. 2001. $\text{Mn}_2(\text{CO})_6(\mu\text{-CO})(\mu\text{-S}_2)$. The Simplest Disulfide of Manganese Carbonyl. *Inorg. Chem.* 40(21): 5322–5323.
60. Ramallo-Lopez J.M., Lede E.J., Requejo F.G., Rodriguez J.A., Kim J.-Y., Rosas-Salas R., Dominguez J.M. 2004. XANES Characterization of Extremely Nanosized Metal-Carbonyl Subspecies (Me = Cr, Mn, Fe, and Co) Confined into the Mesopores of MCM-41 Materials. *J. Phys. Chem. B.* 108(52): 20005–20010.
61. Reinhold J., Barthel A., Mealli C. 2003. Effects of the bridging ligands on the molecular and electronic structure of $\text{Fe}_2(\text{CO})_9$ derivatives. *Coord. Chem. Rev.* 238–239: 333–346.
62. Shieh M., Chung R.-L., Yu C.-H., Hsu M.-H., Ho C.-H., Peng S.-M., Liu Y.-H. 2003. The Unusual Paramagnetic Mixed-Metal Carbonyl Chalcogenide Clusters: $[\text{E}_2\text{Cr}_2\text{Fe}(\text{CO})_{10}]_2$ - (E = Te, Se). *Inorg. Chem.* 42(18): 5477–5479.
63. Cromhout N.L., Gallagher J.F., Lough A.J., Manning A.R. 2002. Arylisocyanide derivatives of iron(0): Crystal and molecular structures of $\text{Fe}(\text{CO})_2[\text{P}(\text{OPH})_3]_2(\text{CNR})$ (R = phenyl, *para*-tolyl, mesityl). *Z. Krist.* 217(7–8): 401–405.
64. Wang H., Xie Y., King R.B., Schaefer H.F. 2006. Remarkable Aspects of Unsaturation in Trinuclear Metal Carbonyl Clusters: The Triiron Species $\text{Fe}_3(\text{CO})_n$ ($n = 12, 11, 10, 9$). *J. Am. Chem. Soc.* 128(35): 11376–11384.
65. Calderoni F., Iapalucci M.C., Longoni G., Testoni U. 1995. *The Synergy between Dynamics and Reactivity at Clusters and Surfaces. Vol. 465.* Ed. L.G. Farrugia. NATO ASI Ser.: 335 p.
66. Nalla P., Huang S.-H., Zhang Y., Chyan O., Richmond M.G., El Bouanani M. 2005. Photochemically Induced Metallization of Surface Silicon Using Dinuclear Metal Carbonyl Compounds. Anchoring of Ruthenium to a Si(111) Surface through Covalent Ru-Si Bond Formation. *Chem. Mater.* 17(24): 5951–5956.
67. Cabeza J.A., del Rio I., Garcia-Alvarez P., Miguel D. 2006. Nonanuclear Ruthenium Carbonyl Cluster Complexes with a Novel Metallic Skeleton: Pentagonal Bipyramid with Two Equatorial Edges Spanned by Metal Atoms. *Organometallics.* 25(23): 5672–5675.
68. Ohs A.C., Rheingold A.L., Shaw M.J., Nataro C. 2004. Electrochemistry of Group VI Metal Carbonyl Compounds Containing 1,1'-Bis(diphenylphosphino)ferrocene. *Organometallics.* 23(20): 4655–4660.
69. Kataoka Y., Nakagawa Y., Shibahara A., Yamagata T., Mashima K., Tani K. 2004. Construction of Metal-Centered Chirality: Diastereoselective Addition of the Meerwein Reagent (Me_3OBF_4) to Rhodium Carbonyl Complexes Having the Cp'-P Ligand. *Organometallics.* 23(9): 2095–2099.
70. Diefenbach A., Bickelhaupt F.M., Frenking G. 2000. The Nature of the Transition Metal-Carbonyl Bond and the Question about the Valence Orbitals of Transition Metals. A Bond-Energy Decomposition Analysis of $\text{TM}(\text{CO})_6\text{q}$ ($\text{TMq} = \text{Hf}^{2-}, \text{Ta}^-, \text{W}, \text{Re}^+, \text{Os}^{2+}, \text{Ir}^{3+}$). *J. Am. Chem. Soc.* 122(27): 6449–6458.
71. R. Devenish, B. T. Heaton, S. Mulley, Longoni G. 1991. Analytical electron microscopy of clusters; evidence of a stabilizing interaction between transition metal carbonyl clusters and amorphous carbon supports. *Materials: Chem. & Phys.* 29(1–4): 467–474.
72. Calabrese J.C., Dahl L.F., Chini P., Longoni G., Martinengo S. 1974. Synthesis and structural characterization of platinum carbonyl cluster dianions bis, tris, tetrakis, or pentakis(tri- μ -2-carbonyl-tricarbonyltriplatinum)(2-). New series of inorganic oligomers. *J. Am. Chem. Soc.* 96(8): 2614–2616.
73. Longoni G., Chini P., Cavalieri A. 1976. Carbonylnickelates. 1. Synthesis and chemical characterization of the dodecacarbonylpentanickelate(2-) and dodecacarbonylhexanickelate(2-) dianions. *Inorg. Chem.* 15(12): 3025–3029.

74. Longoni G., Chini P. 1976. Carbonylnickelates. 2. Synthesis and chemical characterization of the dianion octadecylnonanickelate(2-). *Inorg. Chem.* 15(12): 3029–3031.
75. Manassero M., Sansoni M. & Longoni G. 1976. Crystal structure of $[\text{Me}_3\text{NCH}_2\text{Ph}][\text{Fe}_4(\text{CO})_{13}\text{H}]$. A butterfly metal cluster with unusual bonded carbonyl group. *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* 22: 919–920.
76. Washechek D.M., Wucherer E.J., Dahl L.F., Ceriotti A., Longoni G., Manassero M., Sansoni M., Chini P. 1979. Synthesis, structure, and stereochemical implication of the $[\text{Pt}_{19}(\text{CO})_{12}(\mu_2\text{-CO})_{10}]^{4-}$ tetraanion: a bicapped triple-decker all-metal sandwich of idealized fivefold (D_{5h}) geometry. *J. Am. Chem. Soc.* 101(20): 6110–6112.
77. Lo F.Y.K., Longoni G., Chini P., Lower L.D., Dahl L.F. 1980. Synthesis, structure, and stereochemical implication of the $[\text{Pt}_{19}(\text{CO})_{12}(\mu_2\text{-CO})_{10}]^{4-}$ tetraanion: a bicapped triple-decker all-metal sandwich of idealized fivefold (D_{5h}) geometry. *J. Am. Chem. Soc.* 102(26): 7691–7701.
78. Nagaki D.A., Lower L.D., Longoni G., Chini P., Dahl L.F. 1986. Stereochemistry of the $[\text{Ni}_9(\text{CO})_{18}]^{2-}$ dianion: a comparative structural-bonding analysis of the different nine-metal cores of stacked metal triangles in the $[\text{M}_9(\text{CO})_{18}]^{2-}$ ($\text{M} = \text{Ni}, \text{Pt}$) and $[\text{Rh}_9(\text{CO})_{19}]^{3-}$ anions. *Organometallics*. 5(9): 1764–1771.
79. Collini D., Femoni C., Iapalucci M.C., Longoni G., Zanello P. 2003. Modulation of Electronic Behaviour of Metal Carbonyl Clusters. In: *Perspectives in Organometallic Chemistry*. Vol. 287. Eds. C.G. Screttas and B.R. Steele. RS-C Books: 183–195.
80. Longoni G. Interstitial nickel carbonyl clusters // *Pure & Appl. Chem.* 1990. V. 62. № 6. P. 1183–1186.
81. Smith M.C., Barclay J.E., Davies S.C., Hughes D.L., Evans D.J. 2003. Targeting synthetic analogues of the metallo-sulfur active sites of nickel enzymes capable of important catalysis. *Dalton Trans.* 21: 4147–4151.
82. Mogi K., Sakai Y., Sonoda T., Xu Q., Souma Y. 2003. Geometries and Electronic Structures of Group 10 and 11 Metal Carbonyl Cations, $[\text{M}(\text{CO})_n]^{x+}$ ($\text{M}^{x+} = \text{Ni}^{2+}, \text{Pd}^{2+}, \text{Pt}^{2+}, \text{Cu}^+, \text{Ag}^+, \text{Au}^+$; $n = 1\text{--}4$). *J. Phys. Chem. A*. 107(19): 3812–3821.
83. Plečnik C.E., Liu S., Shore S.G. 2003. Lanthanide-Transition-Metal Complexes: From Ion Pairs to Extended Arrays. *Acc. Chem. Res.* 36(7): 499–508.
84. Poplaukhin P.V., Chen X., Meyers E.A., Shore S.G. 2006. Lanthanide-Transition Metal Carbonyl Complexes: Condensation of Solvent-Separated Ion-Pair Compounds into Extended Structures. *Inorg. Chem.* 45(25): 10115–10125.
85. Murata M., Habe S., Araki S., Namiki K., Yamada T., Nakagawa N., Nankawa T., Nihei M., Mizutani J., Kurihara M., Nishihara H. 2006. Synthesis of Heterometal Cluster Complexes by the Reaction of Cobaltadichalcogenolato Complexes with Groups 6 and 8 Metal Carbonyls. *Inorg. Chem.* 45(3): 1108–1116.
86. Plečnik C.E., Liu S., Chen X., Meyers E.A., Shore S.G. 2004. Lanthanide-Transition-Metal Carbonyl Complexes: New $[\text{Co}_4(\text{CO})_{11}]^{2-}$ Clusters and Lanthanide(II) Isocarbonyl Polymeric Arrays. *J. Am. Chem. Soc.* 126(1): 204–213.
87. Evans W.J., Kozimor S.A., Nice G.W., Ziller J.W. 2003. Comparative Reactivity of Sterically Crowded nf_3 (C_5Me_5)₃Nd and (C_5Me_5)₃U Complexes with CO: Formation of a Nonclassical Carbonium Ion versus an f Element Metal Carbonyl Complex. *J. Am. Chem. Soc.* 125(45): 13831–13835.
88. Femoni C., Iapalucci M.C., Longoni G., Svensson P.H. 2002. The new enneanuclear nickel carbonyl anion $[\text{Ni}_9(\text{CO})_{16}]^{2-}$ and its relationships with the $[\text{Ni}_{12}(\text{CO})_{21}]^{4-}$ and $[\text{Ni}_6\text{Rh}_3(\text{CO})_{17}]^{3-}$ clusters. *Inorg. Chim. Acta*. 330(1): 111–117.
89. Scopenko V.V. (Ed.). 1997. *Pryamoy sintez koordinatsionnykh soedineniy*. [Direct synthesis of coordination compounds]. Kiev, Ventury: 147 p. (In Russian).
90. Timms P.L. 1973. Chemistry of boron and silicon subhalides. *Acc. Chem. Res.* 6(4): 118–123.
91. Domrachev G.A., Zinoviev V.D. 1978. [Reactions of transition metals in atomic condition]. *Uspekhi khimii*. (Russian Chemical Reviews). 47(4): 679–704. (In Russian).
92. Smith M.C., Barclay J.E., Davies S.C., Hughes D.L., Evans D.J. 2003. Targeting synthetic analogues of the metallo-sulfur active sites of nickel enzymes capable of important catalysis. *Dalton Trans.* 21: 4147–4151.

93. Sunderman F.W. 1981. Chelation therapy in nickel poisoning. *Ann. Clinical Laboratory Science*. 11(1): 1–8.
94. Sunderman F.W. 1991. Therapeutic properties of sodium diethyldithiocarbamate: its role as an inhibitor in the progression of AIDS. *Ann. Clinical Laboratory Science*. 21(1): 70–81.
95. Bradberry S.M., Vale J.A. 1999. Therapeutic Review: Do Diethyldithiocarbamate and Disulfiram Have a Role in Acute Nickel Carbonyl Poisoning? *J. Toxicol., Clin. Toxicol.* 37(2): 259–266.
96. Barceloux D.G. 1999. Nickel. *J. Toxicol., Clin. Toxicol.* 37(2): 239–242.
97. Kaaber K., Menne T., Tjell J.C., Veien N. 1979. Antabuse[®] treatment of nickel dermatitis. Chelation – a new principle in the treatment of nickel dermatitis. *Contact Dermatitis*. 5(4): 221–228.
98. Braker W., Mossman. A.L. 1980. *Matheson gas data book*. 6th ed. Lyndhurst, Matheson: 432 p.
99. Chakraborty R., Brown K., Horikoshi M. 2004. Removal of metal carbonyl and moisture impurities through POU purification of CO gas. *Gases and Technology*. (July/August): 1–9.
100. Snow J. Comparison of Two Purification Media for Metal Carbonyl Removal in Carbon Monoxide. Available at: www.mykrolis.com
101. Wyse C., Watanabe T., Fraenkel D., Torres R., Houlding V. 2001. Purification of carbon monoxide. *Clean Rooms*. June(1): 7–11.
102. Ricci A. ABG-100-1104a. Available at: www.pall.com
103. Shafi K.V.P., Gedanken A., Goldfarb R.B., Felner I. 1997. Sonochemical preparation of nanosized amorphous Fe-Ni alloys. *J. Appl. Phys.* 81(10): 6901–6905.
104. Garnovskii A.D., Nivorozhkin A.L., Minkin V.I. 1993. Ligand environment and the structure of Schiff base adducts and tetracoordinated metal-chelates. *Coord. Chem. Rev.* 126(1–2): 1–69.
105. Garnovskii A.D., Vasilchenko I.S. 2002. [Rational design of coordination compounds of metals with azomethine ligands]. *Uspekhi khimii. (Russian Chemical Reviews)*. 71(11): 1064–1089. (In Russian).
106. Garnovskii A.D., Vasilchenko I.S. 2005. [Tautomerism and different types of coordination of typical chelating ligands with metals]. *Uspekhi khimii. (Russian Chemical Reviews)*. 74(3): 211–234. (In Russian).
107. Hernandez-Molina R., Mederos A. 2003. *Comprehensive Coordination Chemistry II*. Vol. 1. Ed. A.B.P. Lever. Oxford; New York, Elsevier-Pergamon Press: 411–446.
108. Vigato P.A., Tamburini S. 2004. The challenge of cyclic and acyclic Schiff bases and related derivatives. *Coord. Chem. Rev.* 248(17–20): 1717–2128.
109. Vigato P.A., Tamburini S., Bertelo L. 2007. The development of compartmental macrocyclic Schiff bases and related polyamine derivatives. *Coord. Chem. Rev.* 251(11–12): 1311–1492.
110. Kogan V.A., Kochin S.G., Antsyshkina A.S., Sadikov G.G., Garnovskii A.D. 1997. Five-membered metal chelate rings in complexes of palladium with 2-mercaptomethylazobenzene. *Mendeleev Commun.* 6: 239–240.
111. Kogan V.A., Shcherbakov I.N. 2004. [Theoretical assumptions of isomerism of metal-chelates MX₂Y₂ with azo group]. *Russ. khim. zhurnal. (Zhurn. Ross. khim. ob-shch. im. D.I. Mendeleeva)*. 48(1): 69–76. (In Russian).
112. Garnovskii A.D., Uraev A.I., Minkin V.I. 2004. Metal complexes from aryl and heteroarylazocompounds. *Arkivoc*. iii. P. 29–41.
113. Len G.-M. 1998. *Supramolekulyarnaya khimiya. Kontseptsii i perspektivy. [Supramolecular chemistry. Conceptions and perspectives]*. Novosibirsk, Nauka Publ.: 333 p. (In Russian).
114. Steed D.V., Atwood D.L. 2007. *Supramolekulyarnaya khimiya. [Supramolecular chemistry]*. Vol. 1, 2. M., Akademkniga: 896 p. (In Russian).
115. Balzani V., Juris A., Venturi M., Campagna S., Serroni S. 1996. Luminescent and Redox-Active Polynuclear Transition Metal Complexes. *Chem. Rev.* 96(2): 759–834.

116. Slone R.V., Hupp J.T., Stern C.L., Albrecht-Schmitt T.E. 1996. Self-Assembly of Luminescent Molecular Squares Featuring Octahedral Rhenium Corners. *Inorg. Chem.* 35(14): 4096–4097.
117. Slone R.V., Hupp J.T. 1997. Synthesis, Characterization, and Preliminary Host-Guest Binding Studies of Porphyrinic Molecular Squares Featuring *fac*-Tricarbonylrhenium(I) Chloro Corners. *Inorg. Chem.* 36(24): 5422–5423.
118. Benkstein K.D., Hupp J.T., Stern C.L. 1998. Synthesis and Characterization of Molecular Rectangles Based upon Rhenium Thiolate Dimers. *Inorg. Chem.* 37(21): 5404–5405.
119. Benkstein K.D., Hupp J.T., Stern C.L. 1998. Synthesis and Characterization of Molecular Rectangles Based upon Rhenium Thiolate Dimers. *J. Am. Chem. Soc.* 120(49): 12982–12983.
120. Klausmeyer K.K., Wilson S.R., Rauchfuss T.B. 1999. Alkali Metal-Templated Assembly of Cyanometalate “Boxes” $(\text{NEt}_4)_3\{\text{M}[\text{Cp}^*\text{Rh}(\text{CN})_3]_4[\text{Mo}(\text{CO})_3]_4\}$ (M = K, Cs). Selective Binding of Cs^+ . *J. Am. Chem. Soc.* 121(12): 2705–2711.
121. Sun S.-S., Lees A.J. 2000. Self-Assembly Triangular and Square Rhenium(I) Tricarbonyl Complexes: A Comprehensive Study of Their Preparation, Electrochemistry, Photophysics, Photochemistry, and Host-Guest Properties. *J. Am. Chem. Soc.* 122(37): 8956–8967.
122. Leininger S., Olenyuk B., Stang P.J. 2000. Self-Assembly of Discrete Cyclic Nanostructures Mediated by Transition Metals. *Chem. Rev.* 100(3): 853–908.