

© Коллектив авторов, 2003

Р. П. Евстигнеева¹, В. П. Пчелкин²

КАТАЛИТИЧЕСКАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ОРГАНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ (ОБЗОР)

¹ Московская государственная академия тонкой химической технологии им. М. В. Ломоносова;

² Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева Российской Академии наук, Москва

Благородные металлы даже в следовых количествах играют очень важную роль в нормальной жизнедеятельности организма. Некоторые их гидрофобные производные обладают противовирусной и противоопухолевой активностью [1]. Поверхности благородных металлов обладают хиральными свойствами и служат в качестве энантиоспецифичных адсорбентов многих неполярных веществ органической природы [2].

Для изучения молекулярной адсорбции на поверхностях благородных металлов часто используют высшие алифатические соединения [3]. Процесс адсорбции окисульфопроизводных алифатических соединений тесно связан с вариациями физико-химических свойств самоорганизующихся липофильных монослоев [4]. Установлено, что на гидрофобные взаимодействия между такими поверхностями сильное влияние оказывают факторы внешней среды [5].

К молекулярной химии π -комплексов платины и палладия существует постоянный интерес, тесно связанный, по-видимому, с их особыми свойствами [6]. Замечено, что величина эксергии (т.е. максимальной способности системы к совершению работы с учетом взаимодействия с окружающей средой), в случае палладия близка к значению эксергии серебра; в то же время, последняя значительно ниже величины, характерной для меди, но заметно выше по сравнению с таковой для платины и золота [7].

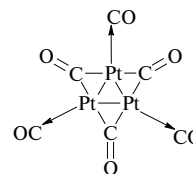
При разделении сложных гидрофобных смесей гомологов органических соединений природного происхождения с различной ненасыщенностью очень часто используют координационные комплексы серебра, обладающие особенно ценными и очень специфическими хроматографическими свойствами [8].

Наночастицы, кластеры и комплексы

Значительную практическую ценность имеют такие гетерогенные наночастицы, в которых атомы Ag представляют собой ядро, а атомы Pd служат оболочкой этих частиц и находятся в пленках стеариновой кислоты [9]. Известны нанопалладиевые частицы с 23 % атомов Ag [10]. С тиольными лигандами нанопалладиевые кластеры устойчивы в водных растворах [11]. Получено свидетельство существования триплетных и синглетных структур кластеров Pd₄ [12]. При исследовании кластеров платины с числом атомов от двух до шести показано, что Pt₄ представляет собой правильный тетраэдр, Pt₆ — октаэдр из двух пирамид с совме-

щенными основаниями, тогда как для Pt₃ оптимальной является линейная конфигурация [13]. Эти соединения успешно служат в энергоемких топливных элементах [14].

Подробно изучены образующие оригинальную структуру карбонильные кластеры платины [Pt₃(CO)₆]_n²⁻, где $n = 4 - 9$, и в которых, как и в карбонилах серебра, на каждый атом металла приходится пара молекул CO [15].



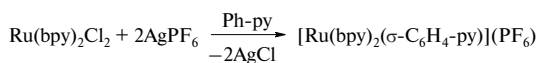
На биметаллических рутениево-платиновых поверхностях обнаружены комплексы Ru₃(CO)₁₂, в которых с каждым атомом металла взаимодействуют две пары молекул CO [16]. При анализе структуры другого производного рутения [(η⁴-тетрафенилциклопентадиенон)(CO)₂Ru(НОСНMe₂)] установлен факт устойчивости нейтрального 2-пропанол-рутениеового (0) комплекса [17]. В ходе топологического анализа межатомных связей в молекулах димеров Ru, Rh и Pd выяснен порядок номинальной связи (2, 1 и 0, соответственно [18]).

Сравнение комплексов палладия с их платиновыми аналогами, по-видимому, вполне оправдано [19]. Тридентатные лиганды хелатируют с водой комплексы палладия (II) [20]. Известны катионные арилпалладиевые комплексы с хелатируемыми диаминовыми лигандами [21]. В бензольной среде происходит комплексообразование Pd (II) с (1-дифенилфосфино)циклопропанкарбонитрилом [22]. Описаны двухядерные этинильные комплексы палладия (I); показана возможность одновременного взаимодействия каждого его атома с парой пространственно разделенных олефиновых связей [23].

Синтезированы катионные платиноорганические комплексы [24]. Получено этиленовое производное платины: (CH₂=CH₂)Pt(PPh₃)₃ [25]. Детально изучены комплексы бензола с Pt и Pt₂ [26]. Продукты реакции соединений платины с алкилацетиленами образуют двухядерные комплексы [27]. Недавно получены новые парные *цис*- и *транс*-арильные ацетилениды платины (II) [28].

Моно-, ди и трехъядерные комплексы Pt (II) отличаются ценными стереоспецифическими свойствами [29]. Исследован механизм образования двуядерных β -дикетонатов платины [30]. В жидко-жидкостной экстракции часто применяют системы с Pt (IV) и толуолом [31]. Замечено, что поведение тонких пленок органических молекул на слоях Pt (111) отличалось от того, что имеет место на поверхности Ag (111) [32].

Осуществлен синтез смешанного карбонильного и этиленового комплекса рутения — Ru(PPh₃)₃(CO)(C₂H₄) — одного из соседей серебра по Периодической таблице элементов, характеризующегося той же величиной электроотрицательности [33]. Описан шестикоординатный винилиденрутениеевый комплекс, образуемый на основе фосфорорганических соединений — RuCl(κ²-O₂CR)(=C=CHPh)(PⁱPr₃)₂ [34]. В настоящее время популярны светочувствительные бипиридиновые комплексы рутения, получаемые при участии соединения серебра [35]:



Рутениевые полипиридиновые комплексы служат удобной биомиметической моделью фотосинтетического реакционного центра [36]. Их применяют в качестве оптически устойчивых металлоорганических люминифоров при мечении биомолекул [37]. Они являются весьма ценным инструментом в хемилюминесцентных исследованиях белков и пептидов [38].

В случае 2,2'-бипиридилных комплексов рутения увеличение длины цепи поверхностно-активных веществ заметно снижает интенсивность хемилюминесценции [39]. Попутно можно отметить, что для бис(2,9-диметил-1,10-фенантролина) меди (I) электрохемилюминесценция тоже весьма характерна [40]. Выполнен синтез и установлена структура нового люминесцентного комплекса, включающего как платину (II), так и медь (I): Pt₂(dppm)₂(C≡CPh)₄ · {Cu(MeCN)}₂(PF₆)₂ [41].

Катализ и селективное разделение

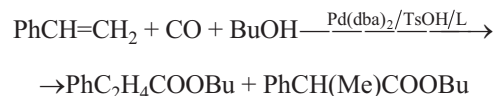
Кластеры Pt₂Au₄(C≡C^tBu)₈ и Pt₂Cu₄(C≡C^tBu)₈ используют при создании Pt/SiO₂ для гидрогенизации толуола [42]. Биметаллическая (Pd/Ag, 70 мкм) мембрана успешно применяется для промышленной дегидрогенизации пропана [43]. Палладиевая чернь является превосходным катализатором гидрогенизации олефиновых связей; процесс накопления углерода, протекающий через стадии образования формиата и карбоната, ускоряет наличие в ней катионов натрия [44].

Изучена сорбционная система Pd (110) – c(2 × 2)-этилен [45]. Энергия активации в реакции гидрогенизации этилена на Pd(III) невелика и составляет всего лишь 3,0 ± 0,3 ккал/моль [46]. Катализатор PdCl₂/SiO₂ используют при окислении этилена [47]. Установлены особенности наноструктуры катализатора Pd/SiO₂; показано, что распределение в нем палладия по размеру частиц последнего заметно зависит от его концентрации [48]. Вместе с тем на поверхности

Pd/Al₂O₃ все реакции C₆-алканов тесно связаны с ее кислотными участками [49].

С участием палладиевого катализатора проходит процесс сополимеризации α -олефинов [50]. Отмечены особенности поведения ацетиленов на поверхности Pd (111) [51]. Биядерные метилпалладиевые комплексы используют при сополимеризации алкенов и оксида углерода [52]. Исследование димерных продуктов взаимодействия на неорганическом носителе кластеров палладия с молекулами CO указывает на заметные различия комплексообразующих характеристик атомов Pd [53]. Кинетика процесса окисления CO на частицах Pd/Al₂O₃ подробно описана [54]. Изучены динамика процесса включения CO в его гетеродвухъядерный комплекс, а также процесс образования гидрида на поверхностном углеродном катализаторе [55, 56].

Замечено, что биметаллический (Co/Pd = 14:1) катализатор наиболее целесообразно использовать при восстановлении метаном NO [57]. Процесс восстановления нитрозоареновых лигандов проходит на биядерных комплексах палладия (II): Pd(OCOR)₂(*o*-CH₂-C₆H₄-NO)₂ и Pd(OCOR)₂(*o*-PhN-C₆H₄-NO)₂, в которых R = Me, Ph, Bu^t [58]. Предложен механизм гидрокарбоалкоксилирования стирола при катализе комплексом Pd⁰ в присутствии толуолсульфокислоты; показано, что катионный комплекс HPd(Ph₃P)₃⁺ играет роль ключевого медиатора [59]:

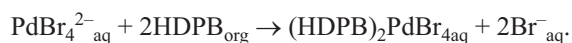


Установлен факт высокой термостабильности катионных трехакильных комплексов Pd(IV); их распад при температурах, превышающих 140 °С, сопровождается образованием пропана, этана, метана и этилена, а также нестабильных моно- и диалкильных производных [60].

Катализатор с 45 % Pd(III) позволяет с высоким выходом получать уксусную кислоту [61]. Моделирование строения другого палладийсодержащего катализатора с моноядерным комплексом [PdCl₄]²⁻ на основе анионита АВ-17-8 показывает, что палладиевые кластеры расположены вблизи углов полимерной сетки, а его элементарная ячейка представляет собой искаженный многогранник, в вершинах которого расположен дивинилбензол, тогда как ребрами являются спиральные цепи с десятью молекулами стирола [62].

Исследованы строение и свойства сложных серосодержащих кластеров палладия Pd₄(SEt)₄(OAc)₄ и Pd₆(SEt)₁₂ [63]. Квантово-химические расчеты показывают стабильность двух-, трех- [Pd(μ-OAc)₂], четырех-, а также шестиядерных [Pd(μ-SEt)₂] кластеров — перспективных компонентов каталитических систем [64]. При непосредственном участии комплексов палладия и платины с N-аллил-N'-пропилтиомочевинной, приготовленных методом химической сборки и иммобилизованных на поверхности кремнезема, происходит окисление водорода [65].

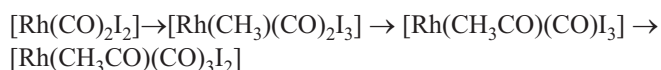
Отмечена повышенная эффективность процесса жидко-жидкостной экстракции Pd(II) в среде HBr с участием гексадецилпиридинбромид (HDPB) [66]:



Комплексы палладия и родия часто применяют в высокоэффективной жидкостной хроматографии [67]. В свою очередь, катионно-смешанные кластеры $[\text{Pd}(\text{AuPPH}_3)_6(\text{HgNO}_3)](\text{NO}_3)$ широко используют при обращенно-фазовой хроматографии соединений, богатых π -связями [68].

С участием комплексов металлоорганических соединений меди и элементов платиновой группы происходит электрохимическая активация многих реакций [69]. Новыми электрокатализаторами являются кластеры рутения, синтезируемые из карбонильных соединений [70]. Комплексы $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}/\text{TiO}_2$ хорошо зарекомендовали себя в фотокатализе [71]. Металлизация их платиной дает возможность разрушать фенолы даже в тех случаях, когда TiO_2 неактивна [72]. Соединения $\text{Ru}(\text{prg})_{6-8}$ используют в качестве люминофоров длительного действия [73]. Производные Ru(II) могут служить в качестве оптических наносенсоров [74]. Их применяют как медиаторы электронного транспорта в катализе глюкозооксидазой в водных растворах [75]. Рутениевые производные служат в качестве катализаторов взаимодействия диенов с нитроаренами и CO [76]. Дирутениевый комплекс $[\text{Ru}_2(\mu\text{-CO})(\text{CO})_4(\mu\text{-Ph}_2\text{PCH}_2\text{PPh}_2)_2]$ стимулирует распад муравьиной кислоты [77].

Авторы, использовавшие органические соединения рутения и родия для каталитического асимметричного синтеза в промышленном масштабе, недавно удостоены Нобелевской премии [78]. Уникальная форма “делокализованного водорода” обнаружена на родиевом (Rh/SiO_2) катализаторе [79]. Водорастворимый комплекс родия катализирует двухфазное гидроформилирование 1-додецена [80]. Хиральный дифосфиновый родиевый катализатор обеспечивает условия энантиоселективного гидрирования [81, 82]. Катализатор $\text{Rh}(\text{I})(\text{CO})_2/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ использован для конверсии NO [83]. Превращение метанола в уксусную кислоту протекает с участием комплексных карбонильных соединений родия через образование неустойчивого метилкарбонильного комплекса [84]:

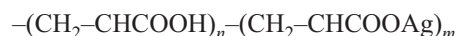


Наконец, триацетилацетонат родия (3 %) на частицах SiO_2 может выступать в качестве промышленного катализатора гидроформилирования в сверхкритической углекислоте, ставшей весьма популярной в настоящее время среде для проведения ряда химических реакций [85].

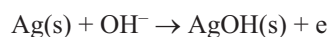
Биологически активные соединения и биосенсоры

Интересно, что суспензия клеток *Desulfovibrio desulfuricans* способна накапливать до 20 масс.% атомов Pd [86]. Комплекс палладия (II) с пирролпроизводным

лигандом $(\text{EtC}_4\text{H}_3\text{N}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2)_2\text{PdCl}_2$ выступает в качестве кровоостанавливающего средства [87]. Следует отметить противоопухолевую активность соединения платины (II) $\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$ [88]. Pt(II) и Pd(II) образуют слишком прочные комплексы с олефинами и отличаются высокой стоимостью, тогда как серебро (I) более дешево и образует легко обратимые комплексы [89]. Как известно, серебряные производные полиакриловой кислоты проявляют противомикробное и гемостатическое действие; на их базе создан отечественный медицинский препарат аргакрил [90].

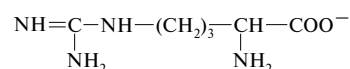


Серебряные соли этой кислоты включают 1 – 10 % Ag ($n = 9000 - 40000$, $m = 100 - 300$) [91]. В водных растворах на полиакрилатных цепях постепенно происходит восстановление серебра; зарегистрированы катионы Ag_3^{2+} [92]. В таких растворах атомы серебра антимикробных пленок претерпевают заметные изменения [93]:

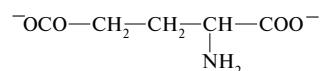


В жестких условиях эксплуатации эти изменения со временем неизбежно происходят в молекулах большинства полимеров с адсорбированным серебром [94]. Установлено, что в металлизированных *N*-октадеканоил-*L*-аланинатных пленках преобладает биаксиальная ориентация спаренных атомов Ag [95].

Недавно получены характеризующиеся противомикробной активностью производные аргинина ($\text{Ag}_2\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_3\text{N}_4$) и глутаминовой кислоты ($\text{Ag}_2\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_4\text{N}$) состава $\text{Ag}:L_1 = 2:1$, где L_1 — анион аргинина [96]:



и $\text{Ag}:L_{\text{II}} = 2:1$, где L_{II} — дианион глутаминовой кислоты:



При изучении диссоциации бинарного комплекса Ag(I) с фенилаланином в водно-метанольном растворе показано, что насыщение акцепторной орбитали серебра происходит через образование C-Ag-C и C-Ag-O типов ковалентных связей, а наиболее стабильными комплексами этого металла являются линейные [97].

Исследован процесс диссоциации комплекса, образовавшегося в 1 мМ водно-метанольном растворе пролина с 0,1 мМ нитрата серебра; замечен синергизм между результатом эксперимента и теорией [98]. В присутствии *o*-фенантролина в качестве активатора серебро даже в следовом количестве способно катализировать окисление в водном растворе [99]. Изучен процесс сорбции аденина поверхностью серебра [100].

Кислородсодержащие органические соединения возникают как на чистых, так и на модифицированных поверхностях серебра [101]. Поверхность серебряного бислоя и меди служит сенсором СО и этилена [102]. Стабильные наночастицы серебра размером от 1 до 3000 нм в виде водных дисперсий красно-коричневого цвета получают из мицеллярных растворов; они могут существовать в течение нескольких месяцев и служить в качестве косметических средств, обладающих бактерицидными свойствами [103].

Координационные системы на основе фенилфосфокавитанда с галогенидами серебра, меди и золота образуют комплексы анионного типа, которые могут быть использованы для создания искусственных ферментов, высокочувствительных сенсоров и других рецепторных систем [104]. Результаты этих исследований позволяют сделать вывод о перспективности применения благородных металлов для создания биологически активных соединений.

ЛИТЕРАТУРА

1. С. К. Клименко, Т. В. Столбова, Л. К. Куликова, Г. М. Шуб, *Хим.-фарм. журн.*, **35**(9), 26 – 27 (2001).
2. D. S. Sholl, A. Asthagiri and T. D. Power, *J. Phys. Chem. B*, **105**(21), 4771 – 4782 (2001).
3. T. Imae and H. Torri, *J. Phys. Chem. B*, **104**(39), 9218 – 9224 (2000).
4. S. Chen, L. Li, C. L. Boozer and S. Jiang, *J. Phys. Chem. B*, **105**(15), 2975 – 2980 (2001).
5. T. Ederth, *J. Phys. Chem. B*, **104**(41), 9704 – 9712 (2000).
6. A. Dedieu, *Chem. Rev.*, **100**(2) 543 – 600 (2000).
7. Л. А. Резницкий, *Журн. физ. химии*, **76**(1), 14 – 21 (2002).
8. Р. П. Евстигнеева, В. П. Пчелкин, *Докл. АН*, **381**(6), 786 – 788 (2001).
9. C. Damle, A. Kumar and M. Sastry, *J. Phys. Chem. B*, **106**(2), 297 – 302 (2002).
10. C.-W. Chou, S.-J. Chu, H.-J. Chiang, et al., *J. Phys. Chem. B*, **105**(38), 9113 – 9117 (2001).
11. J. E. Martin, J. P. Wilcoxon, J. Odinek and P. Provencio, *J. Phys. Chem. B*, **106**(5), 971 – 978 (2002).
12. E. D. German, I. Efremenko and M. Sheintuch, *J. Phys. Chem. A*, **105**(50), 11312 – 11326 (2001).
13. T. Li and P. B. Balbuena, *J. Phys. Chem. B*, **105**(41), 9943 – 9952 (2001).
14. S. Park, S. A. Wasileski and M. J. Weaver, *J. Phys. Chem. B*, **105**(40), 9719 – 9725 (2001).
15. M. Treguer, H. Remita, P. Pernot, et al., *J. Phys. Chem. B*, **105**(25), 6102 – 6108 (2001).
16. A. Lamouri, Y. Gofer, Y. Luo, et al., *J. Phys. Chem. B*, **105**(26), 6172 – 6177 (2001).
17. H. M. Jung, S. T. Shin, Y. H. Kim, et al., *Organometallics*, **20**(16), 3370 – 3372 (2001).
18. R. Lusar, A. Beltran, J. Andrés, et al., *J. Phys. Chem. A*, **105**(41), 9460 – 9466 (2001).
19. M. Zeizinger, J. V. Burda, J. Šponer, et al., *J. Phys. Chem. A*, **105**(34), 8086 – 8092 (2001).
20. A. D. Getty and K. I. Goldberg, *Organometallics*, **20**(12), 2545 – 2551 (2001).
21. A. Yagy, M. Hamada, K. Osakada and T. Yamamoto, *Organometallics*, **20**(6), 1087 – 1101 (2001).
22. N. M. Vinogradova, I. L. Odinets, K. A. Lyssenko, et al., *Mendeleev Commun.*, № 6, 219 – 221 (2001).
23. J. Krause, R. Goddard, R. Mynott and K.-R. Pörschke, *Organometallics*, **20**(10), 1992 – 1999 (2001).
24. D. P. Gallasch, E. R. Tiekink and L. M. Rendina, *Organometallics*, **20**(16), 3373 – 3382 (2001).
25. Д. В. Дробот, Т. М. Буслаева, *Росс. хим. журн.*, **45**(2), 46 – 55 (2001).
26. E. S. Kryachko, A. V. Arbuznikov and M. F. A. Hendrickx, *J. Phys. Chem. B*, **105**(17), 3557 – 3566 (2001).
27. V. W.-W. Yam, K.-L. Yu, B. W.-K. Chu and K.-K. Cheung, *Organometallics*, **20**(17), 3632 – 3634 (2001).
28. W. J. Hoorgerworst, C. J. Elsevier, M. Lutz and A. L. Spek, *Organometallics*, **20**(21), 4437 – 4440 (2001).
29. W. Lu, M. C. W. Chan, K.-K. Cheung and C.-M. Che, *Organometallics*, **20**(12), 2477 – 2486 (2001).
30. K. Nordhoff and D. Steinborn, *Organometallics*, **20**(7), 1408 – 1418 (2001).
31. A. A. Mhaske and P. D. Dhadke, *J. Chem. Eng. Jap.*, **34**(8), 1052 – 1055 (2001).
32. D. Chrysostomou, A. Chou and F. Zaera, *J. Phys. Chem. B*, **105**(25), 5968 – 5978 (2001).
33. R. F. R. Jazzar, M. F. Mahon and M. K. Whittlesey, *Organometallics*, **20**(17), 3745 – 3751 (2001).
34. P. González-Herrero, B. Weberdörfer, K. Ilg, et al., *Organometallics*, **20**(17), 3672 – 3685 (2001).
35. D. W. Thompson, J. F. Wishart, B. S. Brunschwigg and N. Sutin, *J. Phys. Chem. B*, **105**(35), 8117 – 8122 (2001).
36. H. Dürr and S. Bossmann, *Acc. Chem. Res.*, **34**(11), 905 – 917 (2001).
37. S. Santra, P. Zhang, K. Wang, et al., *Anal. Chem.*, **73**(20), 4988 – 4993 (2001).
38. B. L. Waguespack, A. Lillquist, J. C. Townley, and D. R. Bobbitt, *Anal. Chim. Acta*, **441**(2), 231 – 241 (2001).
39. B. Factor, B. Muegge, S. Workman, et al., *Anal. Chem.*, **73**(19), 4621 – 4624 (2001).
40. J. McCall, D. Bruce, S. Workman, et al., *Anal. Chem.*, **73**(19), 4617 – 4620 (2001).
41. V. W.-W. Yam, K.-L. Yu, K. M.-C. Wong and K.-K. Cheung, *Organometallics*, **20**(4), 721 – 726 (2001).
42. B. D. Chandler, A. B. Schabel and L. H. Pignolet, *J. Phys. Chem. B*, **105**(1), 149 – 155 (2001).
43. O. Wolfrath, L. Kiwi-Minsker and A. Renken, *Ind. Eng. Chem. Res.*, **40**(23), 5234 – 5239 (2001).
44. Z. Paál, U. Wild and R. Schlögl, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **3**(21), 4644 – 4649 (2001).
45. F. Pichierri, T. Iitaka, T. Ebisuzaki, et al., *J. Phys. Chem. B*, **105**(34), 8149 – 8154 (2001).
46. D. Stachiola, A. Azad, L. Burkholder and W. T. Tysoc, *J. Phys. Chem. B*, **105**(45), 11233 – 11239 (2001).
47. В. П. Третьяков, Е. С. Рудаков, Л. А. Минько, Г. П. Зимцева, *Теор. эксперим. химия*, **36**(4), 243 – 246 (2000).
48. S. Polizzi, P. Riello, A. Balerna and A. Benedetti, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **3**(20), 4614 – 4619 (2001).
49. M. Skotak and Z. Karpiński, *Polish J. Chem.*, **75**(6), 839 – 844 (2001).
50. A. Michalak and T. Ziegler, *Organometallics*, **20**(8), 1521 – 1532 (2001).
51. I. Jungwirthová and L. L. Kesmodel, *J. Phys. Chem. B*, **105**(3), 674 – 680 (2001).
52. C. R. Baar, M. C. Jennigs and R. J. Puddephatt, *Organometallics*, **20**(16), 3459 – 3465 (2001).
53. V. Durà-Vilà, J. D. Gale, *J. Phys. Chem. B*, **105**(26), 6158 – 6171 (2001).
54. I. Meusel, J. Hoffmann, J. Hartmann, et al., *J. Phys. Chem. B*, **105**(17), 3567 – 3576 (2001).
55. A. Fukuoka, S. Fukagawa, M. Hirano, et al., *Organometallics*, **20**(10), 2065 – 2075 (2001).
56. N. K. Nag, *J. Phys. Chem. B*, **105**(25), 5945 – 5949 (2001).
57. B. Wen, J. Jia, S. Li, et al., *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **4**(10), 1983 – 1989 (2002).
58. С. Т. Орлова, Д. Н. Казюлькин, Л. К. Шубочкин и др., *Изв. АН, Сер. хим.*, № 9, 1609 – 1612 (2001).
59. Ю. Г. Носков, Э. С. Петров, *Изв. АН, Сер. хим.*, № 10, 1756 – 1760 (2001).
60. A. A. Sobanov, A. N. Vedernikov, G. Dyker and B. N. Solomonov, *Mendeleev Commun.*, № 1, 14 – 15 (2002).

61. E. Hansen and M. Neurock, *J. Phys. Chem. B*, **105**(38), 9218 – 9229 (2001).
62. Т. В. Волкова, М. В. Клюев, *Изв. вузов, химия и хим. техн.*, **45**(1), 30 – 33 (2002).
63. А. И. Сташ, Т. И. Перепелкова, Ю. Г. Носков и др., *Коорд. химия*, **27**(8), 624 – 629 (2001).
64. Р. С. Шамсиев, Т. И. Перепелкова, А. А. Мальков и др., *Коорд. химия*, **28**(2), 111 – 115 (2002).
65. В. К. Яцимирский, О. Ю. Болдырева, *Теор. exper. химия*, **38**(1), 45 – 48 (2002).
66. N. Alizadeh, S. Salimi, and A. Jabtali, *Anal. Sci.*, **18**(3), 307 – 311 (2002).
67. Г. Д. Брыкина, М. И. Уваров, Я. Н. Коваль, О. А. Шпигун, *Журн. аналит. химии*, **56**(10), 1073 – 1077 (2001).
68. A. F. Sotelo and A. M. P. Felicissimo, *J. Chromatogr. A*, **862**(1), 29 – 38 (1999).
69. Т. В. Магдесиева, К. П. Бутин, *Успехи химии*, **71**(3), 255 – 272 (2002).
70. W. Vogel, V. Le Rhun, E. Garnier, and N. Alonso-Vante, *J. Phys. Chem. B*, **105**(22), 5238 – 5243 (2001).
71. S. H. Bossmann, C. Turro, C. Schnabel, et al., *J. Phys. Chem. B*, **105**(23), 5374 – 5382 (2001).
72. W. S. Szulbiński and S. Malato, *Polish J. Chem. B*, **75**(10), 1543 – 1551 (2001).
73. B. P. Malinwal, Z. Gryczynski, and J. R. Lakowicz, *Anal. Chem.*, **73**(17), 4277 – 4285 (2001).
74. H. Xu, J. W. Aylott, R. Kopelman, et al., *Anal. Chem.*, **73**(10), 4124 – 4133 (2001).
75. В. С. Курова, А. Ю. Ершов, А. Д. Рябов, *Изв. АН, Сер. хим.*, № 10, 1766 – 1771 (2001).
76. F. Ragaini, S. Cenini, E. Borsani, et al., *Organometallics*, **20**(16), 3300 – 3308 (2001).
77. Y. Gao, M. C. Jennigs, R. J. Puddephatt and H. A. Jenkins, *Organometallics*, **20**(16), 3500 – 3509 (2001).
78. P. Pramanik, *Chem. Weekly*, **47**(21), 165 – 168 (2002).
79. Z. Chao, T. Wu, J. Ye, et al., *Sci. China, Ser. B*, **44**(1), 103 – 112 (2001).
80. Y. Zhang, Z.-S. Mao, and J. Chen, *Ind. Eng. Chem. Res.*, **40**(21), 4496 – 4505 (2001).
81. Л. О. Ниндакова, Б. А. Шаинян, *Изв. АН, Сер. хим.*, № 10, 1772 – 1776 (2001).
82. Л. О. Ниндакова, Б. А. Шаинян, А. И. Албанов, *Изв. АН, Сер. хим.*, № 10, 1777 – 1782 (2001).
83. M. A. Newton, D. G. Burnaby, A. J. Dent, et al., *J. Phys. Chem. A*, **105**(25), 5965 – 5970 (2001).
84. M. Lei, W. Feng, M. Hao, et al., *Sci. China, Ser. B*, **44**(5), 465 – 472 (2001).
85. G. Snyder, A. Tadd, and M. A. Abraham, *Ind. Eng. Chem. Res.*, **40**(23), 5317 – 5325 (2001).
86. P. Yong, N. A. Rowson, J. P. G. Farr, et al., *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, **77**(5), 593 – 601 (2002).
87. X. И. Гасанов, *Изв. вузов, химия и хим. технология*, **44**(6), 61 – 64 (2001).
88. М. Д. Машковский, *Лекарственные средства*, Т. 2, Медицина, Москва (1993), с. 523.
89. С. И. Семенова, *Мембраны, сер. "Критич. технол."*, № 14, 29 – 46 (2002).
90. М. Г. Воронков, А. С. Коган, Л. М. Антоник и др., *Хим.-фарм. журн.*, **35**(5), 19 (2001).
91. М. Г. Воронков, Л. М. Антоник, А. С. Коган и др., *Хим.-фарм. журн.*, **36**(2), 27 – 29 (2002).
92. B. G. Ershov and A. Henglein, *J. Phys. Chem. B*, **102**(52), 10663 – 10671 (1999).
93. F.-R. F. Fan and A. J. Bard, *J. Phys. Chem. B*, **106**(2), 279 – 287 (2002).
94. A. Delarte, X. vanden Eynde, P. Bertrand, J., et al., *J. Phys. Chem. B*, **104**(12), 2673 – 2691 (2000).
95. X. Du and Y. Liang, *J. Phys. Chem. B*, **104**(43), 10047 – 10052 (2000).
96. Е. В. Леглер, А. С. Казаченко, В. И. Казбанов и др., *Хим.-фарм. журн.*, **35**(9), 35 – 36 (2001).
97. E. R. Talaty, B. A. Perera, A. L. Gallardo, et al., *J. Phys. Chem. A*, **105**(34), 8059 – 8068 (2001).
98. T. Shoeib, A. C. Hopkinson, and K. W. M. Siu, *J. Phys. Chem. B*, **105**(49), 12399 – 12409 (2001).
99. A. Safari and R. Mirzajani, *Anal. Sci.*, **18**(3), 329 – 332 (2002).
100. B. Giese and D. McNaughton, *J. Phys. Chem. B*, **106**(1), 101 – 112 (2002).
101. C. Saravanan, M. R. Salazar, J. D. Kress, and A. Redondo, *J. Phys. Chem. B*, **104**(36), 8685 – 8691 (2000).
102. M. F. Mrozek, Y. Xie, and M. J. Weaver, *Anal. Chem.*, **73**(24), 5953 – 5960 (2001).
103. Е. М. Егорова, А. А. Ревина, Б. В. Румянцев и др., *Журн. прикл. химии*, **75**(10), 1620 – 1625 (2002).
104. Э. Е. Нифантьев, В. И. Масленникова, С. Е. Горюхина, *Росс. хим. журн.* **45**(4), 15 – 24 (2001).

Поступила 17.04.03.