

раздел ХИМИЯ

УДК 541.49:546.98:547.874

DOI: 10.33184/bulletin-bsu-2021.3.4

СИНТЕЗ ХЛОРОКОМПЛЕКСОВ ПАЛЛАДИЯ(II) С 1,3,5-ТРИС-[(S)-1'-(МЕТОКСИКАРБОНИЛ)ЭТИЛ]ГЕКСАГИДРО-1,3,5-ТРИАЗИНАНОМ

© Л. Г. Голубятникова*, В. А. Докичев, Ю. И. Муринов

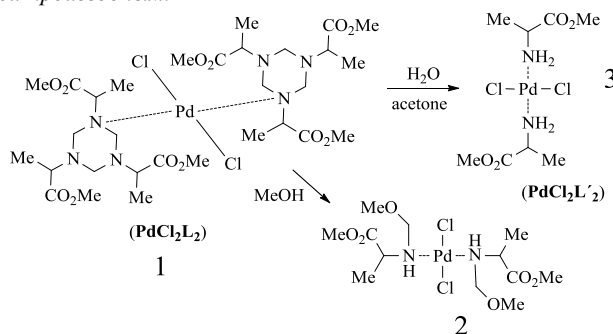
Уфимский Институт химии УФИЦ РАН

Россия, Республика Башкортостан, 450054 г. Уфа, пр. Октября, 69.

Тел.: +7 (347) 235 54 00.

*Email: hisam@anrb.ru

При взаимодействии бис-(бензонитрил)дихлоро-палладия(II) с 1,3,5-трис-[(S)-1'-(метоксикарбонил)этил]-гексагидро-1,3,5-триазином методом лигандного замещения в среде дихлорметана при комнатной температуре получен бис-{1,3,5-трис-[(метоксикарбонил)этил]гексагидро-1,3,5-триазин}-транс-дихлоропалладий(II) (1). Установлено, что при растворении комплекса 1 в метаноле в результате нуклеофильной атаки происходит селективное расщепление связи углерод-азот в гетероцикле с образованием транс-дихлоро-бис-(метил-N-метоксиметилаланин)палладия(II) (2), а при растворении в воде образуется транс-дихлоро-бис-(метилаланин)палладий(II) (3). Предложен целенаправленный одностадийный метод синтеза транс-дихлорокомплексов палладия(II) с метиловым эфиром аланина и его метокси-производным.



Ключевые слова: палладий, комплекс, производное 1,3,5-триазирана, эфиры аминокислот, расщепление, нуклеофильный агент.

Введение

Координационные соединения переходных металлов с аминокислотами и их производными привлекают повышенное внимание исследователей как объекты с широким спектром физико-химических свойств, перспективные для создания новых лекарственных препаратов и материалов [1–3]. За последние два десятилетия особый интерес был проявлен к синтезу комплексов палладия(II), которые показали сравнимую или лучшую противоопухолевую активность, чем комплексы платины(II) [4]. Однако работы по синтезу координационных соединений палладия(II) с эфирами аминокислот практически отсутствуют [5–6]. Принимая во внимание растущий интерес к комплексам палладия(II) как потенциальным противоопухолевым препаратам создание нового one-pot метода синтеза хлорокомплексов палладия с эфирами аминокислот является актуальным.

Известно, что при координации лиганда к иону металла переменной валентности происходит изменение его реакционной способности вследствие перераспределения электронной плотности от лиганда к иону комплексообразователя. Это уве-

личивает электрофильность лиганда и повышает реакционную способность при взаимодействии с нуклеофильными реагентами (вода, спирты), а также приводит к гидролизу (алкоголизу) эфиров аминокислот, нитрилов, амидов карбоновых кислот [7].

Металлопрототируемое расщепление одинарной связи углерод-азот обеспечивает мягкий и удобный подход для получения перспективных азоторганических соединений. На основании литературных данных, мы предположили, что при наличии в соединении более одной связи C-N, будет наблюдаться их селективное расщепление. Для соединений, содержащих триазиновый цикл, координация лигандов к иону палладия(II) должна осуществляться через донорные атомы азота цикла, что приведет к увеличению электрофильности атомов углерода и нуклеофильности атомов азота триазинового цикла и повышению вероятности расщепления связей азот-углерод в триазиновом цикле под действием нуклеофильных агентов, при этом связь азот-углерод с заместителем сохранится. На селективность данного процесса должны влиять структура лиганда и условия проведения реакции [8].

Целью данной работы является получение *транс*-дихлорокомплекса палладия(II) с 1,3,5-*трис*-[(*S*)-1'-(метоксикарбонил)этил]гексагидро-1,3,5-триазином и разработка *one-pot* метода синтеза *транс*-дихлоро-*бис*-(метил-*N*-метоксиметилаланинат)палладия(II) и *транс*-дихлоро-*бис*-(метилаланинат)-палладия(II).

Обсуждение результатов

В работе в качестве реагента использовали 1,3,5-*трис*-[(*S*)-1'-(метоксикарбонил)этил]гексагидро-1,3,5-триазином (**L**), который был получен по известной методике [9]. При синтезе хлорокомплексов палладия(II) с реагентом **L** в качестве прекурсоров Pd(II) были взяты *бис*-(ацетонитрил)дихлоропалладий(II), *бис*-(бензонитрил)дихлоропалладий(II), тетрахлоропалладаты(II) калия и лития.

Хлорокомплекс палладия(II) с 1,3,5-*трис*-[(*S*)-1'-(метоксикарбонил)этил]гексагидро-1,3,5-триазином (**L**) синтезировали методом лигандного замещения ацетонитрила или бензонитрила в соответствующем прекурсор на молекулы лиганда в среде дихлорметана при задаваемом соотношении металл:реагент, равном 1:2 и комнатной температуре (*схема*). В результате реакции с высоким выходом образуется желтый мелкокристаллический комплекс **1**, элементный состав которого соответствует соотношению **L**:PdCl₂ = 2:1.

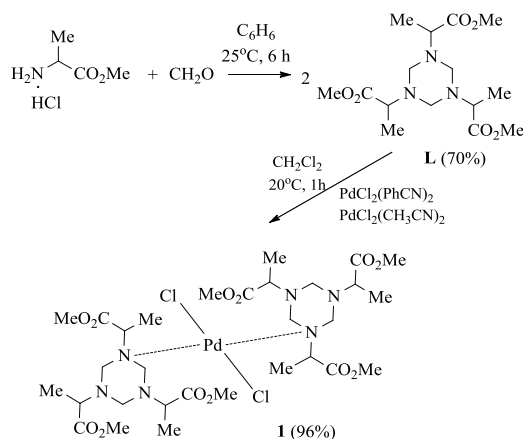
Для установления способа координации лиганда к палладию(II) были записаны его ЯМР и ИК спектры. В спектре ЯМР ¹H комплекса **1** по сравнению со спектром реагента **L** происходит дополнительный химический сдвиг сигналов протонов метиленовых групп при одном из атомов азота цикла -CH₂-N-CH₂- на 0.12 м.д., метильной и метиновой групп одного метилаланинатного фрагмента на 0.38 и 0.20 м.д. в слабое поле. В ИК спектре комплекса **1** появляются полосы поглощения при 360 см⁻¹, характерные для ν(Pd-Cl) в комплексах типа *транс*-PdCl₂L₂, и при 520 см⁻¹ относящиеся к валентным колебаниям связи палладий-азот. В ИК спектре реагента полоса поглощения валентных колебаний

связи углерод-азот гетероцикла располагается при 1238 см⁻¹, а в спектре комплекса данная полоса расщепляется на две, одна из которых сдвигается в дальнюю область на 20 см⁻¹. В спектре ЯМР ¹H комплекса отсутствует сигнал бензонитрила (ацетонитрила) в области 7.6 м.д., а в спектре ИК отсутствует полоса поглощения валентных колебаний C≡N при 2288 см⁻¹, что свидетельствует о полном замещении бензонитрильных (ацетонитрильных) лигандов на молекулы триазиана. Комплексообразование палладия(II) с двумя молекулами лиганда **L** обусловлено координацией одного из атомов азота цикла. Следовательно, реакция прекурсора палладия(II) с реагентом **L** в среде хлористого метилена приводит к образованию комплекса *бис*-{1,3,5-*трис*-[(метоксикарбонил)этил]гексагидро-1,3,5-триазин}-*транс*-дихлоропалладия(II). В масс-спектре соединения имеется пик 853.1 а.е.м., соответствующий продукту фрагментации с отщеплением метильной группы [M-CH₃]⁺ с характерным изотопным распределением по палладию и хлору.

На основании литературных данных [10–11] нами предположено, что в результате координации реагента **L** к палладию(II) при действии нуклеофильных агентов происходит образование новых комплексов вследствие селективного расщепления связи углерод-азот в гетероцикле.

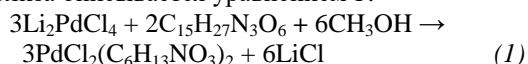
Для подтверждения данного предположения методами ЯМР ¹H и масс-спектрометрии изучено влияние нуклеофильных агентов (метанол, вода) на комплекс **1**. В среде метанола и воды вследствие постепенно протекающих реакций алкохолиза и гидролиза триазиановых циклов в комплексе **1** образуются новые комплексы **2** и **3** с координацией атомов азота метил-*N*-метоксиметилаланинатных и метилаланинатных фрагментов к палладию(II) соответственно. Так, при растворении комплекса **1** в *d*-метаноле в спектре ЯМР ¹H появляются новые сигналы при 4.63 м.д. и 3.31 м.д. NH- и CH₃-O-CH₂- групп в комплексе **2**, а также сигнал протонов CH₂-группы при 4.40 м.д. молекулы эфира.

Схема



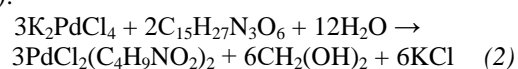
В спектре комплекса **1** в *d*-ацетоне при добавлении D₂O появляются сигналы протонов NH₂-группы комплекса **3** при 3.30 и 3.90 м.д. и сигнал OH-группы диола при 2.18 м.д. В масс-спектре реакционной массы в метаноле наблюдаются пики при 470.3 а.е.м., соответствующие продукту реакции **2** (PdCl₂C₁₂H₂₆N₂O₆), а также при 258.1 а.е.м., относящийся к продукту фрагментации эфира (для C₁₁H₂₂N₂O₅ вычисленное значение *m/z* 262.3). В масс-спектре реакционной массы в среде вода-ацетон присутствует пик при 378.3 а.е.м. с характерным изотопным распределением по палладию и хлору, относящийся к основному продукту реакции **3** (PdCl₂C₈H₁₈N₂O₄).

Исходя из полученных результатов по изучению гидролитического расщепления связи C-N при действии нуклеофильных агентов (спирт, вода) на комплекс **1**, нами был осуществлен целенаправленный синтез хлорокомплексов палладия(II) с эфирами аланина. При взаимодействии тетрахлоропалладата(II) лития с реагентом **L** при задаваемом соотношении палладий:лиганд = 3:2 в среде безводного метанола образуется соединение *транс*-дихлоро-*бис*-(метил-N-метоксиметилаланинат)палладий(II) (**2**), которое представляет собой игольчатые кристаллы желтого цвета, не растворимые в воде. Для установления строения внутренней координационной сферы комплекса были записаны его ЯМР и ИК спектры. В ЯМР ¹H спектре комплекса **2** имеются сигналы протонов NH-группы в области 4.63 м.д. и СН₃-O-CH₂- группы при 3.31 м.д., а в ИК спектре появляются полосы при 3233, 474 и 339 см⁻¹ соответствующие ν(N-H), ν(Pd-N) и ν(Pd-Cl). Механизм алкоголиза описывается уравнением 1:



В водно-ацетоновой среде при взаимодействии тетрахлоропалладата(II) калия с реагентом **L** при задаваемом соотношении металл:лиганд, равном 3:2, получен хлорокомплекс палладия(II) *транс*-дихлоро-*бис*-(метилаланинат)палладий(II) (**3**). По внешнему виду он представляет собой желтые кристаллы, не растворимые в воде, хорошо растворимые в ацетоне, хлороформе, диметилсульфокси-

де. Элементный состав соединения соответствует брутто-формуле PdCl₂C₈H₁₈N₂O₄. В спектре ЯМР ¹H соединения сигналы при 3.30 и 3.94 м.д. соответствуют протонам NH₂-групп. В ИК спектре комплекса **3** появляются полосы поглощения при 3285, 3146 и 1580 см⁻¹, относящиеся соответственно к ν_{ас}(NH₂), ν_с(NH₂) и δ(NH₂) [12], а также при 559 см⁻¹ и 350 см⁻¹ характерные для валентных колебаний связи палладий-азот и палладий-хлор [13–15]. Молекулярная структура и состав комплекса **3** (*рис.*), установлены по данным РСА и сопоставимы с результатами, полученными в работе [16]. Данные ИК и ЯМР спектроскопии свидетельствуют, что в водно-ацетоновой среде происходит селективное расщепление связей углерод-азот в 1,3,5-триазинановых циклах и образуется комплекс палладия(II) с метилаланинатным лигандом по уравнению (2):



Вывод

Методом лигандного обмена при взаимодействии *бис*-(бензонитрил)дихлоропалладия(II) (*бис*-(ацетонитрил)дихлоропалладий(II)) с 1,3,5-трис-[(S)-1'-(метоксикарбонил)этил]-гексагидро-1,3,5-триазинаном в среде дихлорметана при комнатной температуре получен *бис*-{1,3,5-трис-[(метоксикарбонил)этил]гексагидро-1,3,5-триазин}-*транс*-дихлоропалладий(II) (**1**). Предложен *one-pot* метод синтеза хлорокомплексов палладия(II) с метиловым эфиром аланина и его метокси-производным типа *транс*-PdCl₂L₂. Установлено, что при действии нуклеофильных агентов на комплекс **1** происходит селективное расщепление связей углерод-азот в гетероцикле и образование новых комплексов. Показано, что в результате гидролитического расщепления связи C-N при действии метилового спирта на комплекс **1** образуется *транс*-дихлоро-*бис*-(метил-N-метоксиметилаланинат)палладий(II), а в водно-ацетоновой среде наблюдается образование комплекса *транс*-дихлоро-*бис*-(метилаланинат)палладий(II).

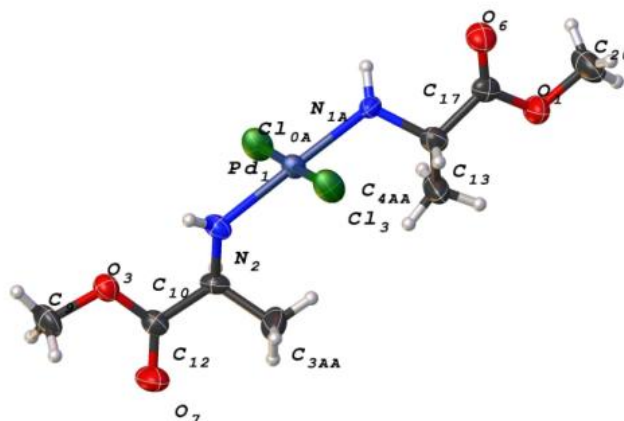


Рис. Молекулярная структура комплекса **3**.

Экспериментальная часть

В работе в качестве реагента для синтеза хлорокомплексов палладия(II) использовали **1,3,5-трис[(S)-1'-(метоксикарбонил)этил]гексагидро-1,3,5-триазин (L)**, синтезированный из гидрохлорида метилового эфира L-аланина (8.0 мг, 57 ммоль). Выход 70%. Представляет собой бесцветное прозрачное маслообразное вещество. ИК, ЯМР ^1H и ^{13}C спектры полученного соединения идентичны данным, опубликованным в работе [9]. Чистота соединения, по данным ВЭЖХ и ЯМР, составила не менее 99%.

В качестве прекурсоров для синтеза хлорокомплексов палладия(II) использовали тетрахло-ропалладат(II) калия K_2PdCl_4 и лития Li_2PdCl_4 , бис-(ацетонитрил)дихлоропалладий(II) $\text{PdCl}_2(\text{CH}_3\text{CN})_2$ и бис-(бензонитрил)дихлоропалладий(II) $\text{PdCl}_2(\text{PhCN})_2$, полученные известными методами [17–19].

В качестве растворителей соединений применяли ацетон «ч.д.а.», метанол «х.ч.», хлористый метилен «х.ч.», бензонитрил «ч.д.а.», ацетонитрил «ос.ч.».

Комплекс бис-{1,3,5-трис-[(метоксикарбонил)этил]гексагидро-1,3,5-триазин}-транс-дихлоропалладий(II) (1). Задаваемое соотношение Pd:L = 1:2. Навеску 138 мг (0.40 ммоль) реагента **L** растворили в 10 мл дихлорметана. К полученному раствору при перемешивании добавили 67 мг (0.20 ммоль) $\text{Pd}(\text{PhCN})_2\text{Cl}_2$. После испарения растворителя в течение 1 ч образовался осадок коричневого цвета, который промыли гексаном (3×10 мл) и высушили при комнатной температуре. Выход 96%, $t_{\text{пл}} > 250$ °C.

Комплекс транс-дихлоро-бис-(метил-N-метоксиметилаланинат)-палладий(II) (2). Задаваемое соотношение Pd:L = 3:2. Навеску 217 мг (0.83 ммоль) Li_2PdCl_4 растворили в 10 мл абсолютного метанола. К полученному раствору при перемешивании добавили 5 мл раствора (190 мг, 0.55 ммоль) реагента **L** в метаноле. Полученный прозрачный раствор желтого цвета выдержали при 0 °C в течение 12 ч. Образовавшиеся кристаллы отфильтровали на фильтре Шотта, промыли ледяной водой и высушили при 20°C. Выход 54%, $t_{\text{пл}}$ 91 °C.

Комплекс транс-дихлоро-бис-(метилаланинат)палладий(II) (3). Задаваемое соотношение Pd:L = 3:2. Навеску 130 мг (0.38 ммоль) реагента **L** растворили в 3 мл ацетон. К полученному раствору при перемешивании добавили 185 мг (0.57 ммоль) K_2PdCl_4 в 3 мл воды. Из полученного прозрачного раствора насыщенного желтого цвета постепенно выделились ярко-желтые игольчатые кристаллы. Через 24 ч кристаллы отфильтровали на фильтре Шотта, промыли ледяной водой и высушили при комнатной температуре. Выход 86%, $t_{\text{пл}}$ 123 °C.

ИК спектры записывали на Фурье-спектрофотометре Bruker Tensor 27 и спектрофотометре Specord M80 (жидкая пленка). Спектры ЯМР реагента и комплексов регистрировали на импульсном

спектрометре «Bruker» Avance III (рабочая частота 125.47 МГц (^{13}C), 500 МГц (^1H) 5 мм датчик с Z-градиентом PABBO, 298 К). Температуру плавления комплексов определяли на нагревательном столике Voetius. Масс-спектры зарегистрированы на жидкостном квадрупольном масс-спектрометре Shimadzu LCMS-2010EV химической ионизацией при атмосферном давлении (ХИАД) в режиме детектирования положительных и отрицательных ионов.

Работа выполнена в рамках Государственного задания по теме НИР УФИХ УФИЦ РАН АААА-А20-120012090027-6.

Спектры ЯМР, ИК записаны на оборудовании ЦКП «Химия» УФИХ РАН, РСА выполнен РЦКП «Агидель» УФИЦ РАН.

Литература

- Zaghal M. H., Saeed M. S., Hamid A. G., Ali B. F. Substitution reactions of cis-dichloro(2,2'-biquinoline) palladium(II) with amino acids // Arab. J. Chem. 2017. Vol. 10. Pp. 3920–3928. Doi: 10.1016/j.arabjc.2014.05.032.
- Zaghal M. H., Saeed M. S., Hamid A. G., Ali B. F. Bis-chelated Pd(II)-amino acid complexes: Substitution reactions of cis-dichlorobis(benzonitrile)palladium(II) with amino acids // Synth. and React. in Inorg., Metal-Organic, and Nano-Metal Chem. 2015. Vol. 45. Pp. 164–172. Doi: 10.1080/15533174.2013.819895.
- Ammar R. A., Alarfaj N. A., El-Tohamy M. F. Potentiometric study of 1, 2-diphenylethylenediamine palladium(II) complex with some selected amino acids // Int. J. Electrochem. Sci. 2012. Vol. 7. Pp. 1512–1521.
- Jahromi E. Z., Divsalar A., Saboury A. A., Khaleghizadeh S., Mansouri-Torshizi H., Kostova I. Palladium complexes: new candidates for anticancer drugs // J. Iran. Chem. Soc. 2016. Vol. 13. Pp. 967–989. Doi: 10.1007/s13738-015-0804-8.
- Yan Q. Q., Yuan Z., Liu G. J., Lv Z. H., Fu B., Du J. L., Li L. J. Synthesis, characterization and cytotoxicity of platinum(II) complexes containing reduced amino acid ester Schiff bases // Appl. Organometal. Chem. 2017. Vol. 31. Pp. 3689–3698. Doi: 10.1002/aoc.3689.
- Shoukry M. M. and Ezzat M. T. Palladium(II) complexes containing mixed nitrogen-sulphur donor ligands: Interaction of $[\text{Pd}(\text{methionine methyl ester})(\text{H}_2\text{O})_2]^{2+}$ with biorelevant ligands // Bioinorg. Chem. Applic. 2014. Vol. 8. Pp. 1–8. Doi: 10.1155/2014/382646.
- Shoukry A. A., Shoukry M. M., Hafez M. N. Kinetics of base hydrolysis of α -amino acid esters catalyzed by palladium(II) piperazine complex // Cent. Eur. J. Chem. 2010. Vol. 8. Pp. 797–805. Doi: 10.2478/s11532-010-0047-6.
- Groom C. A., Beaudet S., Halasz A., Paquet L., Hawari J. Detection of the cyclic nitramine explosives hexahydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazine (RDX) and octahydro-1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetrazine (HMX) and their degradation products in soil environments // J. Chromatogr. A. 2001. Vol. 909. Pp. 53–60. Doi: 10.1016/S0021-9673(00)01043-8.
- Halasz A., Groom C., Zhou E., Paquet L., Beaulieu C., Deschamps S., Corriveau A., Thiboutot S., Ampleman G., Di-bois C., Hawari J. Detection of explosives and their degradation products in soil environments // J. Chromatogr. A. 2002. Vol. 963. Pp. 411–418. Doi: 10.1016/S0021-9673(02)00553-8.
- Infante-Castillo R., Pacheco-Londono L., Hernandez-Rivera S. P. Vibrational spectra and structure of RDX and its ^{13}C - and ^{15}N -labeled derivatives: A theoretical and experimental study // Spectrochim. Acta A. 2010. Vol. 76. Pp. 137–141. Doi: 10.1016/j.saa.2010.02.051.
- Бокач Н. А., Кукушкин В. Ю. Присоединение NO-нуклеофилов к свободным и координированным нитрилам // Успехи химии. 2005. Т. 74. С. 162. Doi: 10.1070/rc2005v074n02abeh000979.

12. Johnson T. W., Kostic N. M. Steric effects on the rate of hydrolysis by palladium(II) complexes of the C-terminal amide bond in a series of methionine-containing dipeptides AcMet-Aa // J. Serb. Chem. Soc. 2004. Vol. 69. Pp. 887–899.
13. Mostafa S. I., El-Morsy F. A., Butler I. S. New complexes of 6-amino-4-hydroxy-2-mercaptopyrimidine // Inorg. Chem. Ind. J. 2014. Vol. 9. Pp. 15–18.
14. Ajibade P. A., Idemudia O. G. Synthesis, characterization, and antibacterial studies of Pd(II) and Pt(II) complexes of some diaminopyrimidine derivatives // Bioinorg. Chem. Appl. 2013. Pp. 1–8. Doi: 10.1155/2013/549549.
15. Shakirova O. G., Lavrenova L. G., Shvedenkov Yu. G., Berezovskii G. A., Naumov D. Yu., Sheludyakova L. A., Dolgushin G. V., Larionov S. V. Synthesis and physicochemical study of iron(II), cobalt(II), nickel(II), and copper(II) complexes with 4-(2-pyridyl)-1,2,4-triazole // Russ. J. Coord. Chem. 2004. Vol. 7. Pp. 507–513. Doi: 10.1023/B:RUCCO.0000034787.91168.3c.
16. Taubald U., Nagel U. und Beck W. Dichloropalladium(II)-komplexe mit α -aminosäuren, α -aminosäureestern, dipeptiden und dipeptidestern // Chem. Ber. 1984. Vol. 117. Pp. 1003.
17. Bego A. M., Frem R. G., Netto A. G., Mauro A. E., Ananias S. R., Carlos I. Z., da Rocha M. C. Immunomodulatory effects of palladium(II) complexes of 1,2,4-triazole on murine peritoneal macrophages // J. Braz. Chem. Soc. 2009. Vol. 20. P. 437–444.
18. Rao K., Tyagi R., Kaur N., Kishore D. An expedient protocol to the synthesis of benzo(b)furans by palladium induced heterocyclization of corresponding 2-allylphenols containing electron rich and electron capturing substituents in the arene ring // J. Chem. 2013. P. 1–5. Doi: 10.1155/2013/548025.
19. Szyk E., Barwiołek M. Studies of thermal decomposition of palladium(II) complexes with olefin ligands // Thermochim. Acta. 2009. Vol. 495. P. 85–89. Doi: 10.1016/j.tca.2009.06.002.

Поступила в редакцию 14.05.2021 г.

DOI: 10.33184/bulletin-bsu-2021.3.4

**SYNTHESIS OF PALLADIUM(II) CHLORO COMPLEXES WITH
1,3,5-TRIS-[(S)-1'-(METHOXYCARBONYL)ETHYL]HEXAGYDRO-
1,3,5-TRIAZINANE**

© **L. G. Golubyatnikova***, **V. A. Dokichev**, **Yu. I. Murinov**

*Ufa Institute of Chemistry, Ufa Federal Research Center of RAS
69 Oktyabrya Avenue, 450054 Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia.*

Phone: +7 (347) 235 54 00.

**Email: hisam@anrb.ru*

Coordination compounds of transition metals with amino acids and their derivatives are attracting increased attention of researchers as objects with a wide range of physico-chemical properties, promising for the creation of new drugs and materials. Taking into account the growing interest in palladium(II) complexes as potential anticancer drugs, the creation of a new one-pot method for the synthesis of palladium chlorocomplexes with amino acid esters is urgent. Chlorocomplex of palladium(II) with 1,3,5-*tris*-[(*S*)-1'-(methoxycarbonyl)ethyl]hexahydro-1,3,5-triazinane was synthesized by ligand substitution of acetonitrile or benzonitrile in the corresponding precursor for ligand molecules in dichloromethane at a specified metal: reagent ratio of 1:2 and room temperature. As a result of the reaction, *bis*-{1,3,5-*tris*-[(methoxycarbonyl)ethyl]hexahydro-1,3,5-triazine}-*trans*-dichloropalladium(II) was formed. It was found that upon dissolution of this complex in methanol, as a result of a nucleophilic attack, selective cleavage of the carbon-nitrogen bond in the heterocycle occurs with the formation of *trans*-dichlorobis-(methyl-N-methoxymethylalaninate)palladium(II) and, upon dissolution in water, of *trans*-dichloro-*bis*-(methylalaninate)palladium(II). A purposeful one-pot method for the synthesis of palladium(II) *trans*-dichlorocomplexes with alanine methyl ester and its methoxy derivative was proposed.

Keywords: palladium, complex, 1,3,5-triazinane derivative, amino acid esters, cleavage, nucleophilic agent.

Published in Russian. Do not hesitate to contact us at bulletin_bsu@mail.ru if you need translation of the article.

REFERENCES

1. Zaghal M. H., Saeed M. S., Hamid A. G., Ali B. F. Arab. J. Chem. 2017. Vol. 10. Pp. 3920–3928. Doi: 10.1016/j.arabjc.2014.05.032.
2. Zaghal M. H., Saeed M. S., Hamid A. G., Ali B. F. Synth. and React. in Inorg., Metal-Organic, and Nano-Metal Chem. 2015. Vol. 45. Pp. 164–172. Doi: 10.1080/15533174.2013.819895.
3. Ammar R. A., Alarfaj N. A., El-Tohamy M. F. Int. J. Electrochem. Sci. 2012. Vol. 7. Pp. 1512–1521.
4. Jahromi E. Z., Divsalar A., Saboury A. A., Khaleghizadeh S. J. Iran. Chem. Soc. 2016. Vol. 13. Pp. 967–989. Doi: 10.1007/s13738-015-0804-8.
5. Yan Q. Q., Yuan Z., Liu G. J., Lv Z. H., Fu B., Du J. L., Li L. J. Appl. Organometal. Chem. 2017. Vol. 31. Pp. 3689–3698. Doi: 10.1002/aoc.3689.
6. Shoukry M. M. and Ezzat M. T. Bioinorg. Chem. Applic. 2014. Vol. 8. Pp. 1–8. Doi: 10.1155/2014/382646.
7. Shoukry A. A., Shoukry M. M., Hafez M. N. Cent. Eur. J. Chem. 2010. Vol. 8. Pp. 797–805. Doi: 10.2478/s11532-010-0047-6.
8. Groom C. A., Beaudet S., Halasz A., Paquet L., Hawari J. J. Chromatogr. A. 2001. Vol. 909. Pp. 53–60. Doi: 10.1016/S0021-9673(00)01043-8.
9. Halasz A., Groom C., Zhou E., Paquet L., Beaulieu C., Deschamps S., Corriveau A., Thiboutot S., Ampleman G., Dibois C., Hawari J. J. Chromatogr. A. 2002. Vol. 963. Pp. 411–418. Doi: 10.1016/S0021-9673(02)00553-8.
10. Infante-Castillo R. Spectrochim. Acta A. 2010. Vol. 76. Pp. 137–141. Doi: 10.1016/j.saa.2010.02.051.
11. Bokach N. A., Kukushkin V. Yu. Uspekhi khimii. 2005. Vol. 74. Pp. 162. Doi: 10.1070/rc2005v074n02abeh000979.
12. Johnson T. W., Kostic N. M. J. Serb. Chem. Soc. 2004. Vol. 69. Pp. 887–899.
13. Mostafa S. I., El-Morsy F. A., Butler I. S. Inorg. Chem. Ind. J. 2014. Vol. 9. Pp. 15–18.
14. Ajibade P. A., Idemudia O. G. Bioinorg. Chem. Appl. 2013. Pp. 1–8. Doi: 10.1155/2013/549549.
15. Shakirova O. G., Lavrenova L. G., Shvedenkov Yu. G., Berezovskii G. A., Naumov D. Yu., Sheludyakova L. A., Dolgushin G. V., Larionov S. V. Russ. J. Coord. Chem. 2004. Vol. 7. Pp. 507–513. Doi: 10.1023/B:RUCCO.0000034787.91168.3c.
16. Taubald U., Nagel U. und Beck W. Chem. Ber. 1984. Vol. 117. Pp. 1003.
17. Bego A. M., Frem R. G., Netto A. G., Mauro A. E., Ananias S. R., Carlos I. Z., da Rocha M. C. J. Braz. Chem. Soc. 2009. Vol. 20. Pp. 437–444.
18. Rao K., Tyagi R., Kaur N., Kishore D. J. Chem. 2013. Pp. 1–5. Doi: 10.1155/2013/548025.
19. Szlyk E., Barwiolek M. Thermochim. Acta. 2009. Vol. 495. Pp. 85–89. Doi: 10.1016/j.tca.2009.06.002.

Received 14.05.2021.