

УДК 546.719:54-386

А. А. Овчаренко, А. А. Голиченко, А. В. Штеменко

ГВУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет»,

кафедра неорганической химии,

пр. Гагарина, 8, г. Днепропетровск, 49005, Украина; e-mail: angelina1111@mail.ru

**КОМПЛЕКСНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ДИРЕНИЯ(III)
С АРГИНИНОМ**

Разработана методика синтеза комплексного соединения дирения(III) с аргинином. Состав и строение полученного кластерного соединения *cis*-[Re₂(Arg)₂Cl₄·2CH₃CN]Cl₂ установлены с помощью элементного анализа, электронной абсорбционной и ИК-спектроскопии, а также измерения молярной электропроводности. Показано, что реализуется мостиковая координация карбоксилатной группы аргинина к кластеру Re₂⁶⁺ с присоединением двух аминокислотных лигандов в *cis*-положение.

Ключевые слова: рений, кластеры, аргинин, четверная связь.

ВВЕДЕНИЕ

В наших предыдущих работах было показано, что галогенокарбоксилаты дирения(III) за счет наличия четверной связи металл-металл, имея при этом низкую токсичность, проявляют широкий спектр биологической активности, среди которых противоопухолевая, антирадикальная, гепато- и нефропротекторная [1, 2].

Использование в качестве лигандов протеиногенных аминокислот позволяет моделировать процессы, происходящие при действии комплексных соединений на белки в живых организмах, а также получать новые вещества, в которых с высокой долей вероятности могут усиливаться известные и появляться новые виды биологической активности [3, 4]. В представленной работе исследована возможность получения комплексного соединения рения(III) с L-аргинином, который входит в состав пептидов и белков. Аргинин используется в медицине в качестве гепатопротекторов, иммуномодуляторов, кардиологических препаратов, для лечения ожоговых больных, ВИЧ-инфекции и многих других заболеваний [5].

В состав аргинина входят карбоксильная группа, а также два основных реакционных центра: аминогруппа в α -положении и гуанидиновая в δ -положении. Наличие нескольких реакционных центров приводит к увеличению количества возможных способов координации, однако в литературе отсутствуют работы по получению комплексных соединений рения и других переходных металлов, которые содержат кратную связь металл-металл, с аргинином. Таким образом, исследование комплексообразования производных кластера Re₂⁶⁺ с аргинином может восполнить этот пробел, а полученные данные расширят наши знания о строении и свойствах координационных соединений [6].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для проведения исследований в качестве исходного вещества использовали (NBu₄)₂Re₂Cl₈, полученный по методике [7], который уже содержит в своем составе биядерный комплексообразующий центр Re₂⁶⁺ с четверной связью металл-

металл и хорошо растворяется в полярных органических растворителях. Лиганд – L-аргинин (2-амино-5-гуанидинпентановая кислота, Arg) – алифатическая основная α -аминокислота, квалификации «ч.д.а.» (рис. 1).

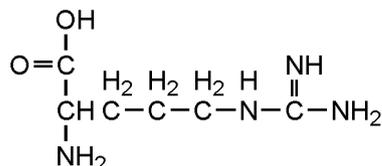


Рис. 1. Графическая формула аргинина

Для синтеза целевого продукта использовали ацетонитрил, ацетон, этилацетат, $\text{HCl}_{(\text{конц})}$ квалификации «ч.д.а.», которые применяли без дополнительной очистки.

Элементный анализ на рений и хлор проводили гравиметрическим методом по стандартным методикам [8, 9].

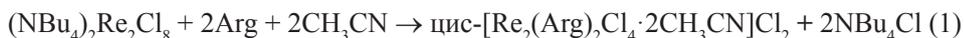
Электронные спектры поглощения в диапазоне $10000\text{--}25000\text{ см}^{-1}$ регистрировались на спектрофотометре Spеcord M-40.

ИК-спектры снимали в диапазоне $4000\text{--}400\text{ см}^{-1}$ в таблетках КВг на Фурье-спектрометре ФСМ 1201.

Исследования электропроводности проводили компенсационным методом с использованием переменного тока высокой частоты и ячейки для измерения электропроводности, которая включала в себя два параллельно расположенные платиновые электроды, константа ячейки была определена с использованием стандартного раствора $0,02\text{ н. KCl}$ [10, 11].

Синтез бис-ацетонитрил-цис-тетрахлороди- μ -аргининато дирений(III) хлорида: $0,15\text{ г}$ ($0,876\text{ ммоль}$) аргинина и $0,10\text{ г}$ ($0,0876\text{ ммоль}$) $(\text{NBu}_4)_2\text{Re}_2\text{Cl}_8$ кипятили в смеси растворителей ацетона (20 мл) и ацетонитрила (5 мл), в инертной атмосфере в течение 18 часов . Для понижения pH в целях предотвращения гидролиза комплексного соединения рения добавляли $0,1\text{ мл HCl}(\text{конц.})$. Полученное после удаления растворителя вещество перекристаллизовывали в этилацетате. Выход целевого продукта составил 43% . Данное соединение имеет голубую окраску, растворимо в полярных органических растворителях и воде.

Описанные превращения можно представить следующим уравнением реакции:



Состав полученного соединения подтвержден с помощью элементного анализа: Найдено, %: Re – $35,81$; Cl – $19,12$. Вычислено для $\text{цис-}[\text{Re}_2(\text{Arg})_2\text{Cl}_4 \cdot 2\text{CH}_3\text{CN}]\text{Cl}_2$, %: Re – $36,64$; Cl – $20,93$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Галогенокарбоксилаты дирения(III) различных структурных типов имеют характеристические максимумы поглощения, положение которых зависит от количества гиперконъюгирования циклов, которые образуются за счет взаимодействия делокализованной π -связи μ -карбоксылных групп лигандов и δ -составляющей четверной связи рений-рений [1, 12]. В результате реакции (1) в видимой области электронного спектра поглощения (ЭСП) в ацетонитриле происходит смещение

максимума поглощения от 14700 см^{-1} , характерного для исходного $(\text{NBu}_4)_2\text{Re}_2\text{Cl}_8$, до 16670 см^{-1} (рис. 2). По расположению и интенсивности полученный в видимой области ЭСП пик соответствует $\delta \rightarrow \delta^*$ электронному переходу четверной связи рений-рений в тетрахлороди- μ -карбоксилате дирения(III) [1, 4].

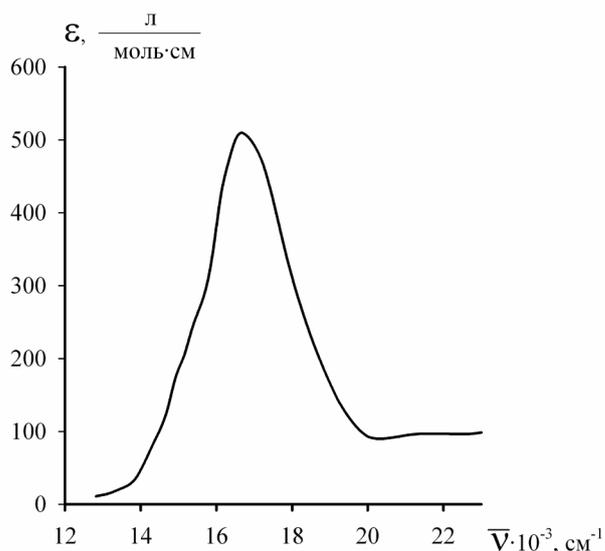


Рис. 2. ЭСП цис- $[\text{Re}_2(\text{Arg})_2\text{Cl}_4 \cdot 2\text{CH}_3\text{CN}]\text{Cl}_2$ в ацетонитриле

Для подтверждения характера координации аргинина к кластерному фрагменту Re_2^{6+} были проанализированы данные ИК-спектра полученного соединения (таблица).

Таблица

Данные ИК-спектроскопии для некоторых полос аргинина и синтезированного цис- $[\text{Re}_2(\text{Arg})_2\text{Cl}_4 \cdot 2\text{CH}_3\text{CN}]\text{Cl}_2$

Значение волнового числа, см^{-1}		Отнесение полос
Аргинин	цис- $[\text{Re}_2(\text{Arg})_2\text{Cl}_4 \cdot 2\text{CH}_3\text{CN}]\text{Cl}_2$	
–	3408	$\nu(\text{NH}_3^+)$
3069, 2946	2962, 2934	$\nu(\text{CH})$
2864	2875	$\nu(\text{NH})$
1735	–	$\nu(\text{CO})$
1678	1665	$\delta(\text{C}=\text{N})$
–	1623	$\delta_{\text{as}}(\text{NH}_3^+)$
–	1495	$\delta_{\text{s}}(\text{NH}_3^+)$
–	1471	$\nu_{\text{s}}(\text{COO}^-)$

В ИК-спектре отсутствует интенсивная полоса некоординированной CO-группы и присутствует колебание при 1471 см^{-1} ($\nu_s(\text{COO}^-)$), что указывает на мостиковую координацию карбоксильной группы к кластеру Re_2^{6+} [13]. На ионизацию этой группы также указывают колебания плоской деформации COO^- при 661 см^{-1} и отсутствие колебаний для $\nu_{\text{ас}}(\text{COO}^-)$. Как известно, карбоксилатная группа характеризуется наличием в ИК спектрах двух интенсивных полос валентных колебаний связей CO, это $\nu_{\text{ас}}(\text{COO}^-)$ и $\nu_s(\text{COO}^-)$ в областях $1650\text{-}1500$ и $1450\text{-}1300 \text{ см}^{-1}$ соответственно, обычно сравнимой интенсивности [13]. Однако ранее на примере ацетатных производных было показано, что в ИК-спектрах биядерных ди- μ -карбоксилатов дирения(III), в отличие от комплексов других переходных металлов, в области $\nu(\text{CO})$ имеется только одна интенсивная, слабо расщепленная полоса в интервале $1442\text{-}1475 \text{ см}^{-1}$ [14].

Протонирование аминогруппы, расположенной возле атома $\alpha\text{-C}$ можно доказать благодаря полосам при 1623 см^{-1} (NH_3^+ антисимметричные валентные колебания), при 1495 см^{-1} (NH_3^+ симметричные валентные колебания), при 1030 см^{-1} (NH_3^+ маятниковые плоские деформационные колебания). Ингибирование координирующей способности защищенной аминогруппы NH_3^+ согласуется со снижением основности аминокислоты и комплекса в целом, о чём свидетельствует появление полосы при 3408 см^{-1} [5].

Сохранение гуанидиновой группы в некоординированном состоянии может быть подтверждено наличием в спектральной картине полосы средней интенсивности при 1665 см^{-1} , колебаниями при 740 см^{-1} (вверные внеплоскостные деформационные) и при 2875 см^{-1} [15].

Интенсивные полосы при 2934 и 2962 см^{-1} соответствуют валентным симметричным и асимметричным колебаниям групп $-\text{CH}$, $-\text{CH}_2$ и их комбинации, что подтверждает сохранение углеродного скелета [16].

Согласно уравнению (1) четыре атома Cl находятся во внутренней координационной сфере комплексного соединения, а два – во внешней. Такой вывод подтверждается исследованием молярной электропроводности водного раствора комплексного соединения. Так как полученные результаты попадают в диапазон $230\text{-}260 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$, то согласно данным [10,11], синтезированное вещество относится к электролиту типа 1:2.

На внешнесферное положение двух ионов хлора указывает также осаждение их в виде AgCl при взаимодействии подкисленного тетрафторборной кислотой водного раствора *цис*- $[\text{Re}_2(\text{Arg})_2\text{Cl}_4 \cdot 2\text{CH}_3\text{CN}]\text{Cl}_2$ с раствором тетрафторбората серебра, согласно нижеприведенной реакции:



Анализ полученного осадка позволяет определить количество внешнесферного Cl для целевого продукта *цис*- $[\text{Re}_2(\text{Arg})_2\text{Cl}_4 \cdot 2\text{CH}_3\text{CN}]\text{Cl}_2$ (вычислено, %: Cl – 6,98; найдено, %: Cl – 6,11).

На основании данных элементного анализа, ЭСП и ИК-спектроскопии, а также измерения молярной электропроводности для полученного соединения *цис*- $[\text{Re}_2(\text{Arg})_2\text{Cl}_4 \cdot 2\text{CH}_3\text{CN}]\text{Cl}_2$ можно предложить следующую графическую формулу (рис.3):

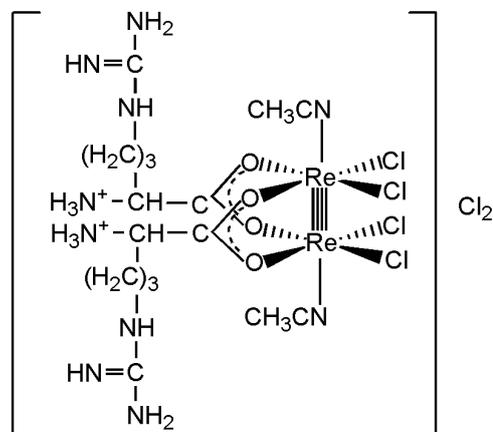


Рис.3. Графическая формула $\text{cis-}[\text{Re}_2(\text{Arg})_2\text{Cl}_4 \cdot 2\text{CH}_3\text{CN}]\text{Cl}_2$.

ВЫВОДЫ

Разработана методика синтеза, позволившая получить новое комплексное соединение дирения(III) с аргинином. Состав и строение кластера установлены с помощью элементного анализа, ЭСП и ИК-спектроскопии, а также измерения молярной электропроводности. Полученные результаты могут быть использованы для прогнозирования механизма взаимодействия комплексных соединений рения с биологическими макромолекулами, например, с белками. Кроме того, $\text{cis-}[\text{Re}_2(\text{Arg})_2\text{Cl}_4 \cdot 2\text{CH}_3\text{CN}]\text{Cl}_2$ является перспективным для использования в медицине в виде препаратов, обладающих различными видами биологической активности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Shtemenko N.I., Chifotides H.T., Domasevitch K.V., Golichenko A.A., Babiy S.A., Li Z., Paramonova K.V., Shtemenko A.V., Dunbar K.R.* Synthesis, X-ray Structure, Interactions with DNA, Remarkable in vivo Tumor Growth Suppression and Nephroprotective Activity of cis-Tetrachloro-dipivalato Dirhenium(III) // *J. Inorg. Biochem.* – 2013. – Vol. 129. – P.127-134. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jinorgbio.2013.09.001>
2. *Shtemenko A.V., Chifotides H.T., Yegorova D.E., Shtemenko N.I., Dunbar K.R.* Synthesis and X-ray crystal structure of the dirhenium complex $\text{Re}_2(\text{i-C}_3\text{H}_7\text{CO}_2)_4\text{Cl}_2$ and its interactions with the DNA purine nucleobases // *J. Inorg. Biochem.* – 2015. – Vol.153. – P.114-120. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jinorgbio.2015.06.012>
3. *Болотин С.Н., Буков Н.Н., Панюшкин В.Т., Волынкин В.А.* Координационная химия природных аминокислот. – М.: ЛКИ, 2008. – 240 с.
4. *Shtemenko A.V., Coltery P., Shtemenko N.I., Domasevitch K.V., Zabitskaya E.D., Golichenko A.A.* Synthesis, characterization, in vivo antitumor properties of the cluster rhenium compound with GABA ligands and its synergism with cisplatin // *Dalton Trans.* – 2009. – Vol. 26. – P.5132-5136. <http://dx.doi.org/10.1039/b821041a>
5. *Girasolo M.A., Rubino S., Portanova P., Calvaruso G., Ruisi G., Stocco G.* New organotin(IV) complexes with L-Arginine, Na-t-Boc-L-Arginine and L-Alanyl-L-Arginine: Synthesis, structural investigations and cytotoxic activity // *J. Organometal. Chem.* – 2010. – Vol.695. – P. 609–618. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jorganchem.2009.11.002>
6. *Mjos K. D., Orvig Ch.* Metallodrugs in Medicinal Inorganic Chemistry // *Chem. Rev.* – 2014. – Vol. 114. – P.4540-4563. <http://dx.doi.org/10.1021/cr400460s>
7. *Barder T.J., Walton R.A., Cotton F.A. Powell. G.L.* Tetrabutylammonium octachlorodirhenate(III) // *Inorg. Synth.* – 1985. – Vol.23. – P. 116-118. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470132548.ch22>

8. Борисова Л.В., Ермаков А.Н. Аналитическая химия рения. – М.: Наука, 1974. – 319 с.
9. Гиллебранд В.Ф., Лендель Г.Э., Брайт Г.А., Гофман Д.И. Практическое руководство по неорганическому анализу / Ред. и перевод Ю.Ю. Лурье. – М.: Химия, 1966. – 1111 с.
10. Кукушкин Ю.Н. Химия координационных соединений. – М.: Высш.шк., 1985. – 455 с.
11. Geary W.J. The use of conductivity measurements in organic solvents for the characterisation of coordination compounds // *Coord. Chem. Rev.* – 1971. – Vol.7. – P. 81-122. [http://dx.doi.org/10.1016/S0010-8545\(00\)80009-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0010-8545(00)80009-0)
12. Shtemenko N.I., Berzenina O.V., Yegorova D.E., Shtemenko A.V. Liposomal forms of rhenium cluster compounds: enhancement of biological activity // *Chem. Biodiversity.* – 2008. – Vol.5. – P. 1660-1667. <http://dx.doi.org/10.1002/cbdv.200890153>
13. Nakamoto K. Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds, Part B, Applications in Coordination, Organometallic, and Bioinorganic Chemistry, 6 ed., John Wiley & Sons, 2009. – 408 p.
14. Мисаилова Т.В., Котельникова А.С., Голованева И.Ф., Евстафьева О.Н., Лебедев В.Г. Взаимодействие дигидрата тетрахлордиациацетатодирения с донорными основаниями // Журн. неорган. химии. – 1981. – Т. 4326, № 3. – С. 634-642.
15. Sun Z.H., Sun W.M., Chen C.T., Zhang G.H., Wang X.Q., Xu D. l-Arginine trifluoroacetate salt bridges in its solid state compound: The low-temperature three dimensional structural determination of l-arginine bis(trifluoroacetate) crystal and its vibrational spectral analysis // *Spectrochim. Acta, Part A.* – 2011. – Vol. 83. – P. 39–45. <http://dx.doi.org/10.1016/j.saa.2011.07.008>
16. Преч Э., Бюльманн Ф. Определение строения органических соединений. – М.: Мир, 2006. – 440 с.

Стаття надійшла до редакції 16.05.2016

А. О. Овчаренко, О. А. Голіченко, О. В. Штеменко

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
кафедра неорганічної хімії,
пр. Гагаріна, 8, м. Дніпропетровськ, 49005, Україна; e-mail: angelina1111@mail.ru

КОМПЛЕКСНА СПОЛУКА ДИРЕНІЮ(III) З АРГІНІНОМ

Резюме

Розроблено методику синтезу комплексної сполуки диренію(III) з аргініном. Склад і будова отриманої кластерної сполуки *cis*-[Re₂(Arg)₂Cl₄·2CH₃CN]Cl₂ встановлено за допомогою елементного аналізу, електронної абсорбційної та ІЧ-спектроскопії, а також вимірювання молярної електропровідності. Показано, що реалізується місткова координація карбоксилатної групи аргініну до кластеру Re₂⁶⁺ з приєднанням двох амінокислотних лігандів у *cis*-положенні.

Ключові слова: реній, кластери, аргінін, почверний зв'язок.

A. A. Ovcharenko, A. A. Golichenko, A. V. Shtemenko

Ukrainian State University of Chemical Technology
Department of Inorganic Chemistry
Gagarin Av. 8, Dnipropetrovs'k 49005, Ukraine; e-mail: angelina1111@mail.ru

THE DIRHENIUM(III) COMPLEX COMPOUND WITH ARGININE

Summary

Complex compounds of dirhenium(III), containing an unique quadruple metal-metal bond with low toxicity have a number of useful biological properties, such as antitumoral, antihepato-lytic, antiradical, hepato- and nephroprotective that stimulates the expansion of the range of such compounds due to the diversity of the ligand sphere.

The method of synthesis of the dirhenium(III) complex compound with arginine was elaborated. For obtaining the target product the reaction of (NBu₄)₂Re₂Cl₈ with arginine in a molar

ratio of 1:10 in an inert atmosphere was carried out. A mixture of polar organic solvents (acetone – acetonitrile in the ratio 4:1) was used. Obtained substance was recrystallized from ethyl acetate. The yield of product was 43%. The compound has a blue color, soluble in polar organic solvents and water. Composition and structure of the obtained cluster compound $cis-[Re_2(Arg)_2Cl_4 \cdot 2CH_3CN]Cl_2$ were confirmed by elemental analysis, electronic absorption (EAS) and IR spectroscopy, molar electric conductivity.

In the visible region of the EAS shift of the absorption band with 14700 cm^{-1} to 16670 cm^{-1} was observed. New position of the absorption band corresponds to $\delta \rightarrow \delta^*$ electronic transition on δ component of quadruple Re-Re bond and characterized complexes with *cis*-position of bridging carboxylates ligands to the cluster Re_2^{6+} .

In the IR spectra intense band characteristic of uncoordinated CO-group in the arginine absent and there vibrations at 1471 cm^{-1} , which points to bridging coordination of carboxyl groups to the cluster Re_2^{6+} . Protonation of amine group which situated near α -C atom can prove through bands at 1623 cm^{-1} $\delta_s(NH_3^+)$, 1495 cm^{-1} $\delta_s(NH_3^+)$. The presence in the spectral picture bands at 2875 cm^{-1} , 1665 cm^{-1} , and 740 cm^{-1} confirms the storage the guanidinium group in an uncoordinated state.

It is shown, that is realized a bridging coordination of carboxyl group of arginine to the cluster Re_2^{6+} with coordination of two ligands of amino acids to *cis*-position.

Keywords: rhenium, cluster, arginine, quadruple bond.

REFERENCES

1. Shtemenko N.I., Chifotides H.T., Domasevitch K.V., Golichenko A.A., Babiy S.A., Li Z., Paramonova K.V., Shtemenko A.V., Dunbar K.R. *Synthesis, X-ray Structure, Interactions with DNA, Remarkable in vivo Tumor Growth Suppression and Nephroprotective Activity of cis-Tetrachloro-dipivalato Dirhenium(III)*. J. Inorg. Biochem., 2013, vol. 129, pp. 127-134. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jinorgbio.2013.09.001>
2. Shtemenko A.V., Chifotides H.T., Yegorova D.E., Shtemenko N.I., Dunbar K.R. *Synthesis and X-ray crystal structure of the dirhenium complex $Re_2(i-C_3H_7CO)_4Cl_2$ and its interactions with the DNA purine nucleobases*. J. Inorg. Biochem., 2015, vol. 153, pp. 114-120. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jinorgbio.2015.06.012>
3. Bolotin S.N., Bukov N.N., Panjushkin V.T., Volynkin V.A. *Koordinacionnaja khimija prirodnikh aminokislot* [Coordination chemistry of natural amino acids]. Moscow, LKI, 2008, 240 p. (in Russian).
4. Shtemenko A.V., Collery P., Shtemenko N.I., Domasevitch K.V., Zabitskaya E.D., Golichenko A.A. *Synthesis, characterization, in vivo antitumor properties of the cluster rhenium compound with GABA ligands and its synergism with cisplatin*. Dalton Trans., 2009, vol. 26, pp. 5132-5136. <http://dx.doi.org/10.1039/b821041a>
5. Girasolo M.A., Rubino S., Portanova P., Calvaruso G., Ruisi G., Stocco G. *New organotin(IV) complexes with L-Arginine, Na-t-Boc-L-Arginine and L-Alanyl-L-Arginine: Synthesis, structural investigations and cytotoxic activity*. J. Organometal. Chem., 2010, vol. 695, pp. 609-618. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jorganchem.2009.11.002>
6. Mjos K. D., Orvig Ch. *Metallo drugs in Medicinal Inorganic Chemistry*. Chem. Rev., 2014, vol. 114, pp. 4540-4563. <http://dx.doi.org/10.1021/cr400460s>
7. Barder T.J., Walton R.A., Cotton F.A. Powell. G.L. *Tetrabutylammonium octachlorodirhenate(III)*. Inorg. Synth., 1985, vol. 23, pp. 116-118. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470132548.ch22>
8. Borisova L.V., Ermakov A. N. *Analiticheskaja khimija renija* [Analytical chemistry of rhenium]. Moscow, Nauka, 1974, 319 p. (in Russian).
9. Gillebrand V.F., Lendel' G.Eh., Brajijt G.A., Gofman D.I. *Prakticheskoe rukovodstvo po neorganicheskomu analizu* [A practical guide to the analysis of inorganic]. Edit. and translation Lur'e Ju.Ju. Moscow, Khimija, 1966, 1111 p. (in Russian).
10. Kukushkin Ju.N. *Khimija koordinacionnykh soedinenij* [Chemistry of coordination compounds]. Moscow, Vysshaya shkola, 1985, 455 p. (in Russian).
11. Geary W.J. *The use of conductivity measurements in organic solvents for the characterization of coordination compounds*. Coord. Chem. Rev., 1971, vol.7, pp. 81-122. [http://dx.doi.org/10.1016/S0010-8545\(00\)80009-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0010-8545(00)80009-0)
12. Shtemenko N.I., Berzenina O.V., Yegorova D.E., Shtemenko A.V. *Liposomal forms of rhenium cluster compounds: enhancement of biological activity*. Chem. Biodiversity, 2008, vol. 5, pp. 1660-1667. <http://dx.doi.org/10.1002/cbdv.200890153>
13. Nakamoto K. *Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds, Part B, Applications in Coordination, Organometallic, and Bioinorganic Chemistry*, 6 ed., John Wiley & Sons, 2009, 408 p.

14. Misailova T.V., Kotel'nikova A.S., Golovaneva I.F., Evstaf'eva O.N., Lebedev V.G. *Vzaimodejstvie digidrata tetrakhlordiacetatodirenija s donornymi osnovanijami* *Взаимодействие дигидрата тетрахлордиацетатодирения с донорными основаниями* [Interaction of tetrachlorodiacetatodirhenium dihydrate with donor bases]. *Russ. J. Inorg. Chem.*, 1981, vol. 26, pp. 634-642.
15. Sun Z.H., Sun W.M., Chen C.T., Zhang G.H., Wang X.Q., Xu D. *l-Arginine trifluoroacetate salt bridges in its solid state compound: The low-temperature three dimensional structural determination of l-arginine bis(trifluoroacetate) crystal and its vibrational spectral analysis*. *Spectrochimica Acta, Part A*, 2011, vol. 83, pp. 39–45. <http://dx.doi.org/10.1016/j.saa.2011.07.008>
16. Prech Eh., Bjul'mann F. *Opredelenie stroenija organicheskikh soedinenij* [Determining of structure of organic compounds]. Moscow, Mir, 2006, 440 p. (*in Russian*).