

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тверской государственный университет»

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
ИЗУЧЕНИЯ КЛАСТЕРОВ,  
НАНОСТРУКТУР  
И НАНОМАТЕРИАЛОВ**

**PHYSICAL AND CHEMICAL ASPECTS  
OF THE STUDY OF CLUSTERS,  
NANOSTRUCTURES AND  
NANOMATERIALS**

**FIZIKO-HIMIČESKIE ASPEKTY  
IZUČENIÂ KLASTEROV,  
NANOSTRUKTUR I NANOMATERIALOV**

выпуск 13

ТВЕРЬ 2021

УДК 620.22:544+621.3.049.77+539.216.2:537.311.322: 530.145

ББК Ж36:Г5+В379

Ф50

Рецензирование статей осуществляется на основании Положения о рецензировании статей и материалов для опубликования в журнале «Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов».

**Официальный сайт издания в сети Интернет:**

**<https://www.physchemaspects.ru>**

**Ф50** Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов [Текст]. – Тверь: Издательство Тверского государственного университета, 2021. – Вып. 13. – 956 с.

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций, свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-47789 от 13.12.2011.

Издание составлено из оригинальных статей, кратких сообщений и обзоров теоретического и экспериментального характера, отражающих результаты исследований в области изучения физико-химических процессов с участием кластеров, наноструктур и наноматериалов физики, включая межфазные явления и нанотермодинамику. Журнал предназначен для научных и инженерно-технических работников, преподавателей ВУЗов, студентов и аспирантов. Издание подготовлено на кафедре общей физики Тверского государственного университета.

*Переводное название: Physical and chemical aspects of the study of clusters, nanostructures and nanomaterials*

*Транслитерация названия: Fiziko-himičeskie aspekty izučeniâ klasterov, nanostruktur i nanomaterialov*

УДК 620.22:544+621.3.049.77+539.216.2:537.311.322: 530.145

ББК Ж36:Г5+В379

Print ISSN 2226-4442

Online ISSN 2658-4360

© Коллектив авторов, 2021

© Тверской государственный университет, 2021

## **СИНТЕЗ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСА ЦЕРИЯ И ЦЕФАЗОЛИНА**

Т.В. Крюков, М.А. Феофанова, М.И. Скобин, А.И. Иванова

*ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»*

*170002, Тверь, Садовый пер., 35*

*Kryukov.TV@tversu.ru*

DOI: 10.26456/pcascnn/2021.13.881

**Аннотация:** В данной работе коллективом авторов путём взаимодействия водных растворов хлорида трёхвалентного церия и натриевой соли цефазолина получено и выделено в твердом виде металлокомплексное соединение. Его элементный состав установлен с помощью метода рентгеноспектрального электронно-зондового анализа, описаны термические характеристики данного соединения, температура его разложения, состав и способ координации внутренней сферы данного металлокомплекса был уточнен методами термогравиметрии, и дифференциальной сканирующей калориметрии и методом ИК-спектроскопии. На основании полученных данных установлено, что внутренняя сфера металлокомплекса содержит в своем составе три молекулы цефазолина и три молекулы внутрисферной воды. Состав внутренней сферы отвечает брутто-формуле  $[CeCzI_3(H_2O)_3]$ . На основании данных ИК-спектроскопии сделаны выводы о координации цефазолина к центральному иону через амидную и карбоксильную группы.

*Ключевые слова:* координационные соединения редкоземельных элементов, цефазолин, комплексы цефазолина, цефалоспорины.

### **1. Введение**

Первое применение церия в составе лекарственных средств датируется серединой XIX века. В большинстве случаев, в качестве активного компонента выступают различные соли церия, как водорастворимые (нитрат церия, хлорид церия), так и не растворимые в воде (стеарат и оксалат церия). Биологическая активность церия может быть объяснена тем, что ионный радиус данного катиона близок к таковому у иона кальция, тем самым катионы церия способны частично замещать катионы кальция в биомолекулах. Хорошо изучено применение катионов церия в качестве компонентов противорвотных, ранозаживляющих, противоопухолевых препаратов. В последние годы появился интерес к изучению биомедицинских применений нерастворимого в воде и биологических жидкостях диоксида церия в нанокристаллическом состоянии [1]. Координационные соединения катионов металлов находят широкое применение в качестве маркеров для исследования различных биохимических процессов, хорошо изучены различные металлокомплексные соединения, способные к образованию наночастиц [2, 3]. Другой важной задачей является изучение физико-химических свойств металлокомплексов, оказывать влияние на биологические процессы [4].

Было установлено, что металлокомплексы различных антибиотиков способны оказывать подавляющее влияние на болезнетворные организмы. Таким образом, перед исследователями встал вопрос о поиске новых лекарственных препаратов на основе металлокомплексов антибиотиков. Сегодня нам известны препараты на основе антибиотиков различных типов: тетрациклиновых, хинолоновых, аминогликозидных и протеиновых [5, 6]. Однако наибольшее распространение получили  $\beta$ -лактамные антибиотики, которые делятся на две группы. Это антибиотики пенициллинового и цефалоспоринового ряда.

При взаимодействии цефалоспоринов, к которым и относится цефазолин, с катионами различных металлов образуются металлокомплексы различной химической природы, причем было установлено, что процесс комплексообразования способен оказывать влияние на антибактериальную активность этих антибиотиков [7, 8]. Поэтому, интерес представляют исследования, направленные на изучение процессов комплексообразования цефалоспоринов с катионами биологически активных металлов. Эти процессы изучались различными методами, например, потенциометрическим [9], твердые комплексные соединения исследовались методами синхронного термического анализа [10], ИК-спектроскопии [11].

Работ посвящённых изучению процессов комплексообразования антибиотиков цефалоспоринового ряда и катионов редкоземельных элементов относительно немного, можно отметить работы [12, 13], также можно отметить, что подобные металлокомплексы, зачастую, имеют низкую растворимость в воде, что позволяет их использовать как электродоактивные вещества в сенсорах на антибиотики [14].

## **2. Методика эксперимента и описание результатов**

Для эксперимента использовалась натриевая соль цефазолина *NaCzl* московской компании «Деко». Раствор хлорида церия готовился по навеске из реактива (центр технологий «Лантан», Россия) квалификации «х.ч.», и стандартизован комплексонометрическим титрованием [15]. Металлокомплекс получали смешением водных растворов хлорида неодима и натриевой соли цефазолина, при мольном соотношении 1:4. Полученный осадок был отделен от маточного раствора центрифугированием, промывался водой на фильтре, после чего был высушен на воздухе при комнатной температуре. Полученный образец хранили в эксикаторе над слоем силикагеля в закрытом шкафу во избежание воздействия света. Электронно-зондовый анализ был проведен при помощи рентгеновского энергодисперсионного микроанализа Oxford INCA Energy 350, которая, в свою очередь, является приставкой к

растровому электронному микроскопу JEOL JSM-6610LV. Синхронный термический анализ проведен на приборе Netzsch STA 449 F3 Jupiter в атмосфере воздуха. ИК-спектры образцов в виде таблеток с *KBr* («х.ч.», АО «База № 1 Химреактивов», Россия) при содержании образцов 2 мг вещества на 200 мг *KBr* записывали на спектрометре с Фурье-преобразованием Bruker Alpha в диапазоне 4000-400 см<sup>-1</sup>.

Для установления элементного состава металлокомплекса был проведен его элементный анализ (см. Таблицу 1). Полученные данные позволяют однозначно установить внутреннюю сферу металлокомплекса, за исключением атомов водорода, которые невозможно обнаружить методом рентгеноспектрального электронно-зондового анализа.

Таблица 1. Результаты элементного анализа (1 – теория, 2 – эксперимент).

C, %		N, %		O, %		S, %		Me, %	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
33,51	34,94	22,34	22,93	12,76	13,05	19,15	19,72	9,30	9,36
Вычисленная брутто-формула: $C_{42}H_{42}CeN_{24}O_{12}S_9$									
Полученная брутто-формула: $C_{42}H_{42}CeN_{24}O_{12}S_9$									

Согласно полученным данным, в образцах не содержится натрия и хлор. Было установлено, что состав внутренней сферы металлокомплекса отвечает мольному соотношению [металл]: [лиганд] равному 1:3. Для более полного изучения металлокомплекса был проведен синхронный термический анализ образца. Полученные нами данные позволяют выяснить состав внутренней сферы металлокомплекса. Данные термического анализа, представленные на рис. 1, свидетельствуют о том, что процесс дегидратации образца начинается при температуре 40 °С и продолжается вплоть до температуры в 211,2 °С.

На кривой ДСК наблюдается эндотермический пик при температуре 71,7 °С, который можно связать с удалением кристаллизационной воды и началом процесса отщепления внутрисферной воды.

Общая масса образца составила 12,479 мг, при этом масса воды составляет 0,89 мг, или 6,89%. Масса внутрисферной воды составила 0,22 мг, а внешнесферной 0,67 мг. Масса безводного металлокомплекса  $C_{42}H_{42}CeN_{24}O_{12}S_9$  с молярной массой в 1503,77 г/моль составляет 11,309 мг. Отсюда можно найти мольное соотношение между внешнесферной и внутрисферной водой, которое составляет 1 к 0,36. Тогда брутто-формула внутренней сферы металлокомплекса будет  $[CeCzI_3(H_2O)_3]$ .

После отщепления воды, и начала процесса разрушения металлокомплекса наблюдается область резкой потери массы, вплоть до

температуры в 533 °С, в этой области присутствует экзотермический пик при 489 °С. Эту область можно связать с процессом разрушения структуры лиганда, на данном этапе образуются различные твердые и газообразные продукты сгорания металлокомплекса. Изменение массы на данном участке составило 36,86 % (4,60 мг).

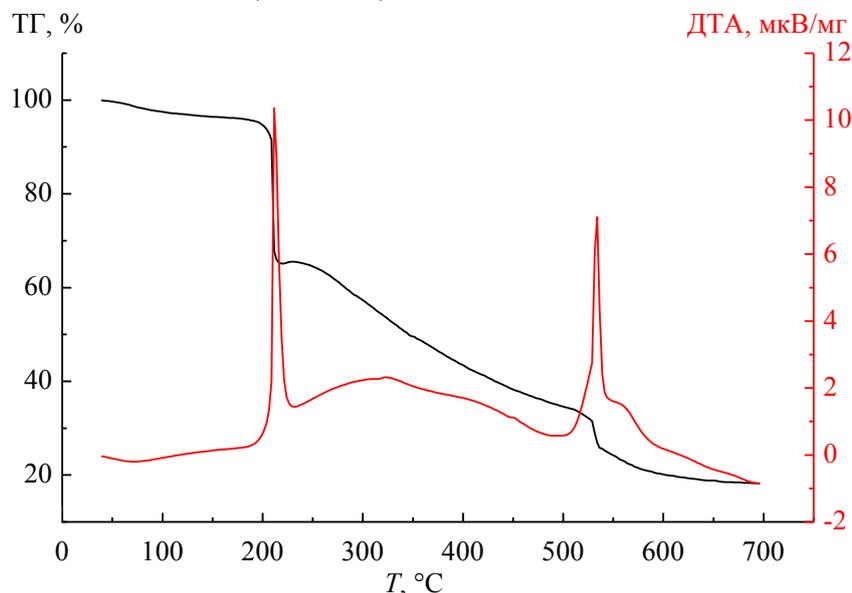


Рис. 1. Результаты синхронного термического анализа (ТГ/ДСК – термогравиметрии и дифференциально-сканирующей калориметрии).

Следующая область лежит в пределах от 533 °С до 697 °С. На данном этапе анализа часть летучих компонентов удаляется, а другая часть образует неорганические соединения с неодимом, например, сульфат неодима  $Nd_2(SO_4)_3$ . Здесь потеря массы составила 8,67 % или 1,08 мг.

При дальнейшем нагреве, разложению могут подвергаться уже сульфаты переходя в окисульфаты. Так, существует работа [16], при исследовании термолиза было установлено, что при температурах выше 620 °С образуется окисульфаты состава  $Me_2O_2(SO_4)_{0,6}$ . Авторами отмечается, что начиная с температуры в 320 °С термическое разложение соединений заканчиваются, а все последующие процессы связаны с выгоранием углерода и окислением остатка окисульфидов в окисульфаты редкоземельных элементов. Стоит отметить, что начиная с температуры примерно 680 °С начинается участок с почти постоянной массой, что свидетельствует об образовании устойчивого соединения. В случае нашего соединения, потеря массы на последнем этапе составила 8,67 % или 1,08 мг.

Для установления способа координации цефазолина с неодимом исходили из того, что цефазолин является полидентантным лигандом. В молекуле цефазолина имеется несколько донорных атомов: кислород  $\beta$ -лактамного цикла, атомы кислорода карбоксильных групп, атомы азота и

серы 1,3,4-тиадиазольного цикла. Для этого были сопоставлены ИК-спектры натриевой соли цефазолина и цефазолината церия.

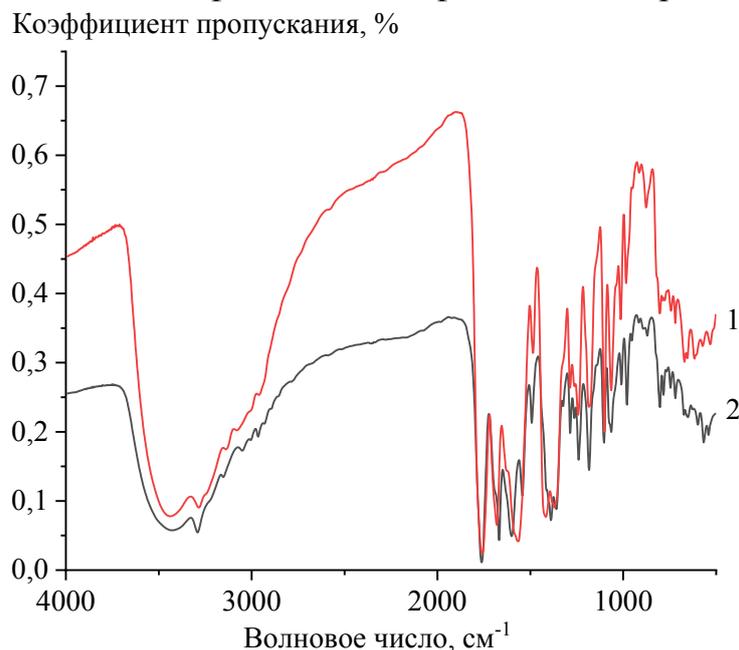


Рис. 2. ИК-спектры металлокомплекса (кривая 1) и чистого антибиотика (кривая 2).

Результат этого сравнения показывает, что при взаимодействии натриевой соли антибиотика и катиона металла не наблюдается изменений в химической структуре лиганда, так как эти спектры схожи между собой. В работах [17, 18] есть расшифровка ИК-спектра натриевой соли цефазолина. Согласно этим данным, широкая полоса  $3430\text{ см}^{-1}$  отвечает колебаниям гидроксильной группы, которая участвует в образовании водородных связей с координированными молекулами воды.

Карбоксильную группа характеризует частота колебаний приблизительно  $1761\text{ см}^{-1}$ , амидному фрагменту  $-C=O$  соответствует полоса  $1600\text{ см}^{-1}$ . Полосы  $1545$  и  $1386\text{ см}^{-1}$  соотносятся авторами с различными колебаниями карбоксильной группы. Авторы [18] отмечают, что полосы симметричных валентных колебаний карбоксильной группы  $1545\text{ см}^{-1}$  означает координацию через эту группу.

Полоса  $1490\text{ см}^{-1}$  авторы относят к колебаниям  $C=C$  ароматической структуры. Полосы  $1241$ ,  $1183$ ,  $1100$  и  $1062\text{ см}^{-1}$  представляют собой колебания  $CN$ .

Для нашего металлокомплекса можно отметить сдвиги полосы гидроксильной группы ( $3439\text{ см}^{-1}$ ), сдвиг полосы колебаний амидной  $-C=O$  ( $1681\text{ см}^{-1}$ ), сдвиг полосы симметричных валентных колебаний карбоксильной группы ( $1566\text{ см}^{-1}$ ). Атомы азота не участвуют в координации, так спектр не обнаруживает существенных сдвигов.

По полосе валентных колебаний  $C-S-C$  можно судить об участии атома серы в процессе координации. В натриевой соли цефазолина

$\nu(C-S-C) = 669 \text{ см}^{-1}$ , в нашем металлокомплексе  $\nu(C-S-C) = 670 \text{ см}^{-1}$ , что позволяет исключить атомы серы из рассмотрения [19].

### **3. Заключение**

В последние годы исследователи проявляют интерес к проблеме синтеза и исследования перспективных лекарственных форм на основе различных металлокомплексных соединений. Катионы церия обладают биологической активностью, которая обусловлена их близостью их ионных радиусов к катионам кальция. В последнее время у исследователей возник интерес к наночастицам различных металлокомплексов. Считается, что подобные наночастицы могут стать перспективными лекарственными препаратами, однако в случае металлокомплексов редкоземельных элементов требуются дополнительные исследования, так как они остаются малоизученными типами координационных соединений. В данной работе проведен анализ координационного соединения церия, установлена стехиометрия внутренней сферы, методом синхронного термического анализа установлены термические характеристики, сопоставлены ИК-спектры чистого антибиотика и металлокомплекса. Установлено, что структура антибиотика не претерпевает значительных изменений, цефазолин способен координироваться с катионом церия. При этом координация осуществляется через амидный и карбоксильные атомы кислорода, атомы азота и серы, при этом, не участвуют в координации. Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сказать, что состав внутренней сферы отвечает формуле  $[CeCzI_3(H_2O)_3]$ , цефазолин координируется бидентантно через амидную и карбоксильную функциональные группы.

*Эксперименты выполнены на приборах Тверского регионального межведомственного центра коллективного пользования и лаборатории электронной микроскопии и магнитных материалов Центра коллективного пользования Тверского государственного университета.*

### **Библиографический список:**

1. **Иванов, В.К.** Структурно-чувствительные свойства и биомедицинские применения нанодисперсного диоксида церия / В.К. Иванов, А.Б. Щербаков, А.В. Усатенко // Успехи химии. – 2009. – Т. 78. – Вып. 9. – С. 924-941. DOI: 10.1070/RC2009v078n09ABEH004058.
2. **Назаренко, М.А.** Синтез и физико-химические свойства координационного соединения гадолиния (III) с 2,5-диметоксобензойной кислотой / М.А. Назаренко, С.Н. Иванов, А.И. Офлиди и др. // Журнал физической химии. – 2021. – Т. 95. – № 9. – С. 1433-1440. DOI: 10.31857/S0044453721090181.
3. **Sato, M.R.** Recent advances in nanoparticle carriers for coordination complexes / M.R. Sato, P.B. da Silva, R.A. de Souza, K.C. dos Santos et. al. // Current Topics in Medicinal Chemistry. – 2015. – V. 15. – I. 4. – P. 287-297. DOI: 10.2174/1568026615666150108145614.
4. **Кочергина, Л.А.** Термодинамика образования комплексов иона меди (II) с глицил-глицилом в водных растворах при 298 К по данным калориметрии / Л. А. Кочергина, А.В. Емельянов // Журнал физической

- химии. – 2015. – Т. 89. – № 4. – С. 592-598. DOI: 10.7868/S0044453715040147
5. **Anacona, J.R.** Tetradentate hydrazone metal complexes derived from cefazolin and 2,6-diacetylpyridine hydrazide: synthesis, characterization, and antibacterial activity / J.R. Anacona, G. Calvo, J. Camus // *Monatshefte für Chemie - Chemical Monthly*. – 2016. – V. 147. – I. 4. – P. 725-733. DOI: 10.1007/s00706-015-1585-6.
6. **Sekhon, B.S.** Metalloantibiotics and antibiotic mimics - an overview / B.S. Sekhon // *Journal of Pharmaceutical Education and Research*. – 2010. – V. 1. – № 1. – P. 1-20.
7. **Anacona, J.R.** Synthesis and antibacterial activity of metal complexes of cefazolin / J.R. Anacona, P. Alvarez // *Transition Metal Chemistry*. – 2002. – V. 27. – I. 8. – P. 856-860. DOI: 10.1023/A:1021376519769.
8. **Alekseev, V.G.** Metal complexes of penicillins and cephalosporins (review) / V.G. Alekseev // *Pharmaceutical Chemistry Journal*. – 2012. – V. 45. – I. 11. – P. 679-697. DOI: 10.1007/s11094-012-0703-6.
9. **Алексеев, В.Г.** Экспериментальное исследование и компьютерное моделирование комплексообразования Ni (II) и Cu (II) с цефтазидимом / В.Г. Алексеев, Е.М. Соколова // *Журнал неорганической химии*. – 2016. – Т. 61. – № 4. – С. 555-558. DOI: 10.7868/S0044457X16040024.
10. **Anacona, J.R.** Synthesis and antibacterial activity of cephalixin metal complexes / J.R. Anacona, I. Rodriguez // *Journal of Coordination Chemistry*. – 2004. – V. 57. – I. 15. – P. 1263-1269. DOI: 10.1080/00958970410001721411.
11. **Coskun, E.** Electrochemical, spectroscopic and computational studies on complexation of oxacillin with Cu (II) and Co (II) ions. synthesis and ligand hydrolysis / E. Coskun // *International Journal of Electrochemical Science*. – 2017. – V. 12. – I. 1. – P. 9364-9377. DOI: 10.20964/2017.10.43.
12. **Bebawy, L.** Fluorimetric determination of some antibiotics in raw material and dosage forms through ternary complex formation with terbium ( $Tb^{3+}$ ) / L. Bebawy, K. Kelani, L.A. Fattah // *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. – 2003. – V. 32. – I. 6. – P. 1219-1226. DOI 10.1016/s0731-7085(03)00161-4.
13. **Pourret, O.** Rare earth elements complexation with humic acid / O. Pourret, M. Davranche, G. Gruau, A. Dia // *Chemical Geology*. – 2007. – V. 243. – I. 1-2. – P. 128-141. DOI: 10.1016/j.chemgeo.2007.05.018.
14. **Кулапина, Е.Г.** Потенциометрические сенсоры на основе органических ионообменников тетраалкиламмония и комплексов серебра(I) с ампициллином, оксациллином, цефазолином / Е.Г. Кулапина, С.В. Снесарев // *Журнал аналитической химии*. – 2012. – Т. 67. – № 2. – С. 198-202.
15. **Přibil, R.** Analytical applications of EDTA acid and related compounds / R. Přibil // In: *International Series of Monographs on Analytical Chemistry*. – V. 52. – Oxford, New York, Toronto, Sydney, Braunschweig: Pergamon Press Ltd., 1972. – 368 p. DOI: 10.1016/C2013-0-02416-4.
16. **Сахарова, Ю.Г.** Термическая устойчивость тиокарбамидных соединений неодима, самария, европия и гадолиния / Ю.Г. Сахарова, Г.М. Борисова // *Журнал неорганической химии*. – 1976. – Т. 21. – № 1. – С. 76-83.
17. **Pedroso, T.M.** Methods for qualitative analysis of cefazolin sodium raw material and pharmaceutical product / T.M. Pedroso, H.R.N. Salgado // *Physical Chemistry*. – 2013. – V. 3. – I. 2. – P. 29-38. DOI: 10.5923/j.pc.20130302.01.
18. **Masoud, M.S.** Physicochemical studies of some biologically active metal complexes of cefazolin antibiotics / M.S. Masoud, A.E. Ali, R.Y. Sharaf // *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. – 2020. – V. 12. – I. 9. – P. 42-52.
19. **Nakamoto, K.** Infrared and Raman spectra of inorganic and coordination compounds, Part B: applications in coordination, organometallic, and bioinorganic chemistry / K. Nakamoto. – 6<sup>th</sup> ed. – Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2009. – 424 p. DOI: 10.1002/9780470405888.

#### References:

1. Ivanov V.K., Scherbakov A.B, Usatenko A.V. Structure-sensitive properties and biomedical applications of nanodispersed cerium dioxide, *Russian Chemical Reviews*, 2009, vol. 78, issue 9, pp. 855-871. DOI: 10.1070/RC2009v078n09ABEH004058.
2. Nazarenko M.A., Ivanin S.N., Oflidi A.I. et al. Synthesis and physicochemical properties of the coordination compound of gadolinium (III) with 2,5-dimethoxybenzoic acid, *Russian Journal of Physical Chemistry A*, 2021, vol. 95, issue 9, pp. 1948–1954. DOI: 10.1134/S0036024421090181.
3. Sato M.R., da Silva P.B., de Souza R.A., dos Santos K.C. et. al. Recent advances in nanoparticle carriers for coordination complexes, *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 2015, vol. 15, issue. 4, pp. 287-297. DOI: 10.2174/1568026615666150108145614.
4. Kochergina L.A., Emel'yanov A.V. Thermodynamics of the formation of complexes of copper (II) ions and glycylglycine in aqueous solutions at 298 K according to calorimetry data, *Russian Journal of Physical*

- Chemistry A*, 2015, vol. 89, issue 4, pp. 580-585. DOI: 10.1134/S0036024415040135.
5. Anacona J.R., Calvo G., Camus J. Tetradentate hydrazone metal complexes derived from cefazolin and 2,6-diacetylpyridine hydrazide: synthesis, characterization, and antibacterial activity, *Monatshefte für Chemie - Chemical Monthly*, 2016, vol. 147, issue 4, pp. 725-733. DOI: 10.1007/s00706-015-1585-6.
6. Sekhon B.S. Metalloantibiotics and antibiotic mimics - an overview, *Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 2010, vol. 1, no. 1, pp. 1-20.
7. Anacona J.R., Alvarez P. Synthesis and antibacterial activity of metal complexes of cefazolin, *Transition Metal Chemistry*, 2002, vol. 27, issue 8, pp. 856-860. DOI: 10.1023/A:1021376519769.
8. Alekseev V.G. Metal complexes of penicillins and cephalosporins (review), *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 2012, vol. 45, issue 11, pp. 679-697. DOI: 10.1007/s11094-012-0703-6.
9. Alekseev V.G., Sokolova E.M. Experimental study and computer modeling of complexation of Ni (II) and Cu (II) with ceftazidime, *Russian Journal of Inorganic Chemistry*, 2016, vol. 61, issue 4, pp. 531-534. DOI: 10.1134/S0036023616040021.
10. Anacona, J.R., Rodriguez I. Synthesis and antibacterial activity of cephalixin metal complexes, *Journal of Coordination Chemistry*, 2004, vol. 57, issue. 15, pp. 1263-1269. DOI: 10.1080/00958970410001721411.
11. Coskun E. Electrochemical, spectroscopic and computational studies on complexation of oxacillin with Cu (II) and Co (II) ions. Synthesis and ligand hydrolysis, *International Journal of Electrochemical Science*, 2017, vol. 12, issue 1, pp. 9364-9377. DOI: 10.20964/2017.10.43.
12. Bebawy L., Kelani K., Fattah L.A. Fluorimetric determination of some antibiotics in raw material and dosage forms through ternary complex formation with terbium ( $Tb^{3+}$ ), *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 2003, vol. 32, issue. 6, pp. 1219-1226. DOI: 10.1016/s0731-7085(03)00161-4.
13. Pourret O, Davranche M., Gruau G., Dia A. Rare earth elements complexation with humic acid, *Chemical Geology*, 2007, vol. 243, issue 1-2, pp. 128-141. DOI: 10.1016/j.chemgeo.2007.05.018.
14. Kulapina E.G., Snesarev S.V. Potentiometric sensors based on organic ion exchangers of tetraalkylammonium and silver (I) complexes with ampicillin, oxacillin, cefazolin, *Journal of Analytical Chemistry*, 2012, vol. 67, issue 2, pp. 163-167. DOI: 10.1134/S1061934811120069.
15. Přibil R. Analytical applications of EDTA acid and related compounds, *International Series of Monographs on Analytical Chemistry*, vol. 52. Oxford, New York, Toronto, Sydney, Braunschweig, Pergamon Press Ltd., 1972, 368 p. DOI: 10.1016/C2013-0-02416-4.
16. Sakharova Yu.G., Borisova G.M. Termicheskaya ustojchivost' tiokarbamidnykh soedinenij neodima, samariya, evropiya i gadolinija [Thermal stability of thiocarbamide compounds of neodymium, samarium, europium and gadolinium], *Zhurnal neorganicheskoi khimii [Russian Journal of Inorganic Chemistry]*, 1976, vol. 21, issue 1, pp. 76-83. (In Russian).
17. Pedroso T.M., Salgado H.R.N. Methods for qualitative analysis of cefazolin sodium raw material and pharmaceutical product, *Physical Chemistry*, 2013, vol. 3, issue. 2, pp. 29-38. DOI: 10.5923/j.pc.20130302.01
18. Masoud M.S., Ali A.E., Sharaf R.Y. Physicochemical studies of some biologically active metal complexes of cefazolin antibiotics, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 2020, vol. 12, issue 9, pp. 42-52.
19. Nakamoto K. *Infrared and Raman spectra of inorganic and coordination compounds, Part B: applications in coordination, organometallic, and bioinorganic chemistry*, 6<sup>th</sup> ed. Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2009, 424 p. DOI: 10.1002/9780470405888.

*Original paper*

## SYNTHESIS AND PHYSICOCHEMICAL STUDY OF THE CERIUM AND CEFAZOLIN METAL COMPLEX

T.V. Kryukov, M.A. Feofanova, M.I. Skobin, A.I. Ivanova  
*Tver State University, Tver, Russia*

DOI: 10.26456/pcascnn/2021.13.881

**Abstract:** In this work, a team of authors obtained and isolated in solid form a metal complex compound by the interaction of aqueous solutions of trivalent cerium chloride and sodium salt of cefazolin. Its elemental composition was determined using the X-ray spectral electron probe analysis. The thermal characteristics of this compound, the temperature of its decomposition, the composition and the method of coordination of the inner sphere of this metal complex were clarified by the methods of thermogravimetry, differential scanning calorimetry and IR spectroscopy. Based on the data obtained, the inner sphere of the metal complex contains three molecules of cefazolin and three molecules of inner-sphere water. The composition of the inner sphere corresponds to the formula

[ $CeZl_3(H_2O)_3$ ]. Taking into account IR spectroscopy data, the authors concluded that the most likely way of coordination of cefazolin to the central ion is through the amide and carboxyl groups.

*Keywords: coordination compounds of rare earth elements, cefazolin, cefazolin complexes, cephalosporins.*

*Крюков Тимофей Владимирович – ведущий инженер кафедры неорганической и аналитической химии ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»*

*Феофанова Мариана Александровна - к.х.н. доцент, заведующая кафедрой неорганической и аналитической химии, декан химико-технологического факультета ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»*

*Скобин Михаил Игоревич – ведущий инженер кафедры неорганической и аналитической химии ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»*

*Иванова Александра Ивановна – к.ф.-м.н., доцент кафедры прикладной физики ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»*

*Timofey V. Kryukov – Leading Engineer, Department of Inorganic and Analytical Chemistry, Tver State University*

*Mariana A. Feofanova – Ph. D., Docent, Head of the Department of Inorganic and Analytical Chemistry, Dean of the Chemical and Technology Department, Tver State University*

*Mikhail I. Skobin – Leading Engineer, Department of Inorganic and Analytical Chemistry, Tver State University*

*Alexandra I. Ivanova – Ph. D, Docent, Department of Applied Physics, Tver State University*

Поступила в редакцию/received: 15.08.2021; после рецензирования/reviced: 14.09.2021; принята/accepted 19.09.2021.