

УДК 541.49 : 546.65+577.112.3

Оригинальная статья

СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ СТРОЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ЛАНТАНА (III) И ЦЕРИЯ (III) С АСПАРАГИНОВОЙ КИСЛОТОЙ

В.А. Шкрумеляк, О.А. Голованова

ФГАОУ ВО «Омский государственный университет им. Ф. М. Достоевского»

644077, Россия, г. Омск, проспект Мира, д. 55-А,

shkrumelyak.valeria@mail.ru

DOI: 10.26456/pcascnn/2023.15.1080

Аннотация: Значительная часть современных исследований посвящена синтезу и изучению строения соединений редкоземельных элементов с биополимерами – это те лиганды, которые участвуют в биохимических процессах. Особый интерес для изучения представляют соединения редкоземельных элементов с аминокислотами, так как они являются важнейшими биополимерами, природными наноразмерными молекулами. В ходе работы были синтезированы соединения лантана (III) и церия (III) с аспарагиновой кислотой. Получены белые кристаллические осадки для систем «La-Asp» (1:2) и «Ce-Asp» (1:3). С помощью оптической микроскопии доказано принципиальное отличие кристаллов синтезированных соединений (по форме и размерам) от кристаллов исходных веществ, используемых для синтеза. Результаты ИК-Фурье спектроскопии показали, что ионы металлов взаимодействуют с карбоксильной группой аспарагиновой кислоты. Результаты, полученные при спектрофотометрическом анализе надосадочной жидкости для системы «La-Asp» (1:2), позволили смоделировать пространственную структуру данного соединения с учётом количества аспарагиновой кислоты, связываемой с ионами лантана (III). Синтезированные соединения являются перспективными для дальнейшего их применения в медицине.

Ключевые слова: редкоземельные элементы, комплексные соединения лантана (III) и церия (III), аминокислоты, аспарагиновая кислота, лиганды.

1. Введение

В области нанобиохимии значительная часть исследований посвящена изучению аминокислот – природных наноразмерных молекул, их размеры не превышают 1 нм [1]. Например, аспарагиновую кислоту применяют для разработки полых наносфер с целью улучшения свойств гидрофобных веществ в водных средах. Для того, чтобы сформировать полые наносферы с внутренним диаметром около 17 нм и полостями на поверхности размерами 0,7 нм, применяют α -, β -полиаспарагиновую кислоту, а также β -циклодекстрин. Такие полые наносферы являются потенциально полезными для транспортировки лекарственных препаратов в опухоли [2].

Наночастицы можно использовать не только, как носители лекарственных средств, но и также в качестве диагностических зондов с целью их клинического применения в онкологии.

Образование комплексов лантаноидов с комплексонами и аминокислотами (АК) представляет интерес с позиций бионеорганической химии, так как ионы Ln (III) и их комплексы находят широкое применение

в качестве люминесцентных меток и парамагнитных зондов в медицине при диагностике различных заболеваний. В частности, комплексы гадолиния (III) с полидентатными лигандами (комплексонами) активно используются в качестве контрастных веществ в ЯМР-томографии, что делает актуальным изучение взаимодействия комплексонов лантаноидов с аминокислотами и пептидами [3]. Кроме того, лантаноиды могут оказывать нейропротекторное воздействие за счёт антиоксидантного эффекта и модуляции активности кальциевых каналов, поэтому снижение уровней лантаноидов в ишемических очагах создает негативные условия для выживания нейронов [4].

Известно, что ионы лантана (III) обладают биологической активностью. Некоторые соединения лантана применяются в качестве лекарственных препаратов. Например, предлагается использование карбоната лантана для лечения гиперфосфатемии у больных с хронической патологией почек [5-7]. Соединения лантана (III) с органическими лигандами применяются в медицине, например, они входят в состав кремов для лечения ожогов и инфицированных ран, средств для защиты кожного покрова от бактериальных и грибковых инфекций. Известны также препараты соединений лантана, которые проявляют противоопухолевую активность. По сравнению с аналогами, которые имеют относительно низкий процент торможения роста опухоли и высокую токсичность, соединений лантана являются более эффективными [8].

С практической точки зрения огромный интерес представляют и соединения церия. Церий, по сравнению с остальными редкоземельными элементами (РЗЭ), находит наиболее широкое применение в различных областях человеческой деятельности. Известно, что соединения церия проявляют антиоксидантные свойства: наночастицы оксида церия CeO_2 представляют собой перспективный объект для применения в медицине и биохимии [9]. Церий, как и другие лантаноиды, обладает способностью к комплексообразованию. Перспективными соединениями являются комплексные соединения церия с биологически активными лигандами, к числу которых принадлежат α -аминокислоты, оксикислоты и их производные. Они представляют интерес для химии координационных соединений и для медицины, так как могут послужить основой для получения новых лекарственных препаратов. Известные в настоящее время комплексы церия с аминокислотами и другими органическими соединениями (например, с 8-оксихинолином) изучены недостаточно, что позволяет говорить об актуальности исследований в этой области [10].

Аминокислоты (АК) – важные биолиганды, так как они являются компонентами белков и пептидов. Пептиды играют важную,

первостепенную роль во всех жизненных процессах. АК можно рассматривать как модельные лиганды при оценке и прогнозировании металл-белковых взаимодействий.

Именно поэтому разработка методов синтеза новых комплексных соединений аминокислот с металлами, в частности с La^{3+} и Ce^{3+} , и изучение их структуры и свойств в твердом кристаллическом состоянии является важным вкладом в изучение химии комплексных соединений, а также в области науки, которые изучают регулирование биопроцессов с использованием ионов металлов. Новые данные о характерных типах координации аминокислот смогут повысить достоверность прогноза строения соединений, которые являются малоизученными, и предоставить новые возможности для совершенствования методов направленного синтеза комплексов заданной структуры и состава [11].

Таким образом, целью работы является синтез комплексов ионов лантана (III) и церия (III) с аспарагиновой кислотой и установление их строения.

2. Экспериментальная часть

Для синтеза комплексов типа « $Me^{3+} - Asp$ » ($Me = La, Ce$) были использованы соответствующие кристаллогидраты вида $Me(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ и аспарагиновая кислота. Исследуемые растворы были получены путём смешения растворённой в 20 мл дистиллированной воды аспарагиновой кислоты и навесок солей (см. Таблицу 1). Через 2 суток испарения при комнатной температуре ($25^\circ C$), во время которого происходила химическая реакция АК с Me^{3+} и кристаллизация соединений, были получены осадки кристаллической формы. Осадки отфильтровывались и промывались малым количеством воды, просушивались при температуре $50-60^\circ C$ для удаления лишней влаги. Синтез проводился при 2 мольных соотношениях «ион металла – АК»: 1:2 и 1:3 соответственно.

Таблица 1. Данные для синтеза по методике (m – масса, г).

$Me(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$	$m (Asp)$, г	$m (Me(NO_3)_3 \cdot 6H_2O)$, г	m (осадка), г
$n (Asp)$, моль: $n (Me^{3+})$, моль – 0.002:0.001 (2:1)			
$Ce(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$	0,2660	0,4340	–
$La(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$	0,2660	0,4330	0,1696
$n (Asp)$, моль: $n (Me^{3+})$, моль – 0.003:0.001 (3:1)			
$Ce(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$	0,3990	0,4340	0,3015
$La(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$	0,3990	0,4330	–

Оптическая микроскопия. Для получения изображений кристаллитов

полученных соединений использовался микроскоп Микромед МС-2-Zoom 2CR. Измерение средних размеров микрочастиц и их числа проводилось с помощью линейного метода.

ИК-Фурье спектроскопия. ИК-спектры были получены на спектрофотометре ФСМ 2202 (Инфраспек, Россия). В ходе исследования полученный образец в виде порошка смешивался с KBr , наносился на германиевую кювету и прессовался. Спектры регистрировались с разрешающей способностью 1 см^{-1} . Спектры исследуемых образцов регистрировались в диапазоне от 400 до 4000 см^{-1} . Обработка данных и построение спектров осуществлялись с помощью программы OriginPro 2021 (9.8.0). Предел обнаружения составляет 5%.

Спектрофотометрия. Надосадочная жидкость, оставшаяся после отделения осадка, была исследована на спектрофотометре (В-1100, Россия) для определения концентрации аминокислоты. Предварительно была построена градуировочная зависимость по серии растворов с концентрациями (моль/л): 0,002; 0,004; 0,006; 0,008; 0,010; 0,015; 0,020. Для исследования отбирался раствор аминокислоты (5 мл) и медная фосфорнокислая взвесь (5 мл), компоненты встряхивались в течение 20 минут. Затем проводилось фотометрирование растворов против холостого раствора (5 мл дистиллированной воды и 5 мл медной фосфорнокислой взвеси) на спектрофотометре. Определение оптической плотности проводилось на длине волны 670 нм. Для измерений использовались кюветы с толщиной светопоглощающего слоя 10 мм.

3. Результаты и обсуждения

В результате синтеза были получены белые кристаллические осадки для систем « $La-Asp$ » (1:2) и « $Ce-Asp$ » (1:3). Их микроструктуры были изучены по фотографиям, сделанным с помощью микроскопа (см. рис. 1).

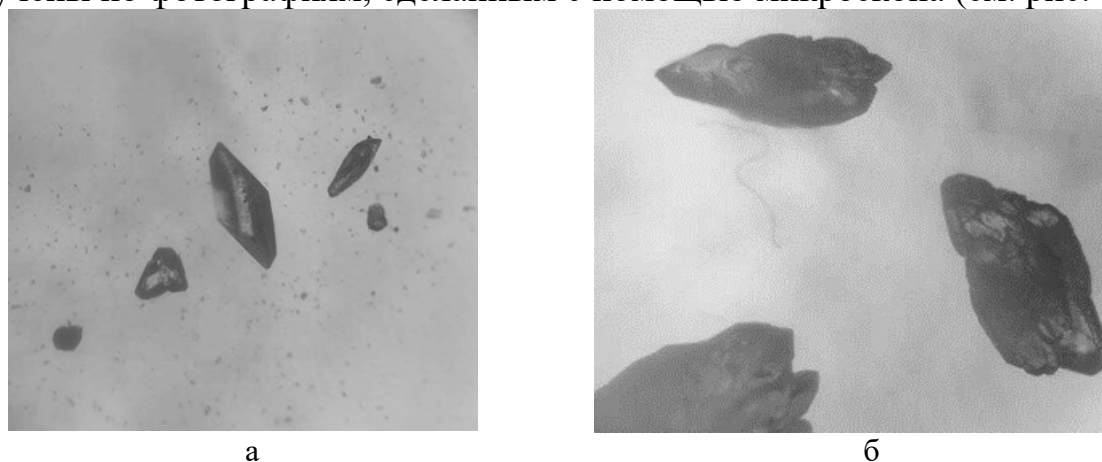


Рис. 1. Микроструктура осадка: а – « $La-Asp$ » (1:2); б – « $Ce-Asp$ » (1:3). Увеличение $\times 150$.

Кристаллы соединения вида «Ce–Asp» (1:3) пластинчатые, представляют собой многогранные образования. Все кристаллы данного соединения сопоставимы по форме и размерам.

Кристаллы соединения вида «La–Asp» (1:2) вытянутые по длине, имеют ромбическую форму. Форма наименьших по размеру осколков близка к сферической.

Кристаллы синтезированных соединений по форме и размерам отличаются от кристаллов исходных веществ (см рис. 2), что свидетельствует о получении новых соединений.

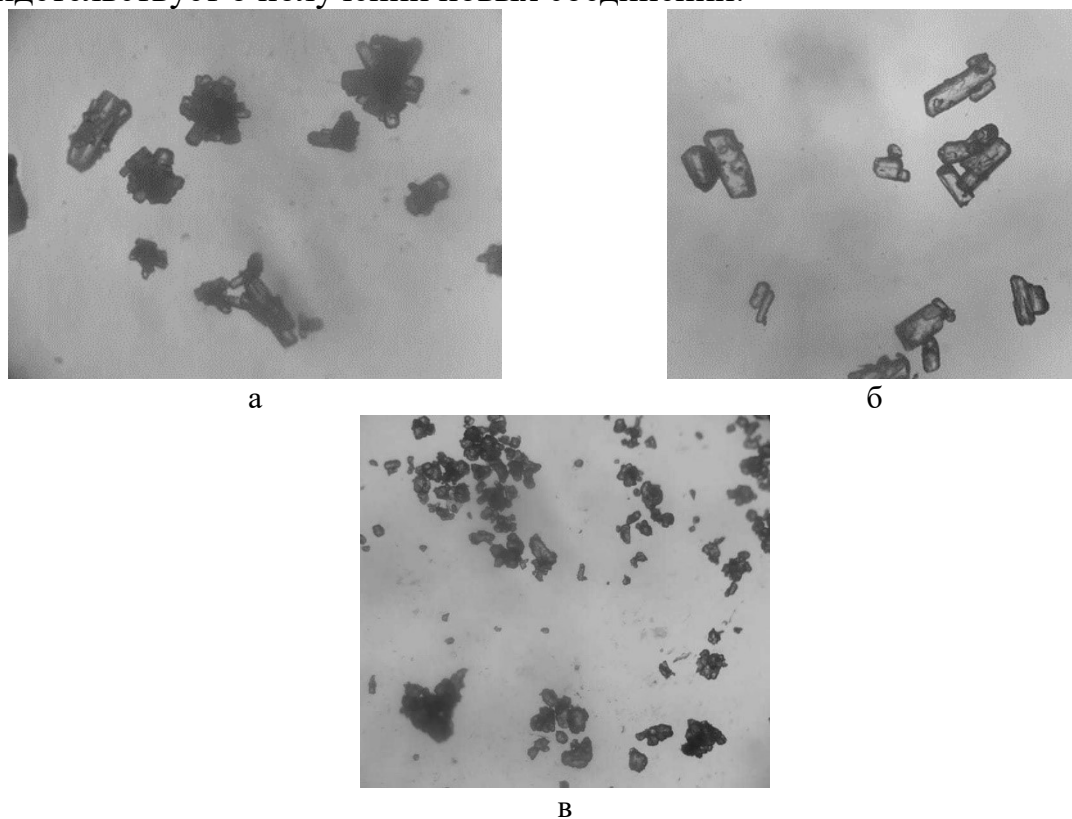


Рис. 2. Микроструктура исходных соединений: а – Asp; б – $La(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$; в – $Ce(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$. Увеличение $\times 150$.

Для уточнения состава образцов было проведено исследование методом ИК-спектроскопии. Интерпретация проводилась путем идентификации ИК-спектров полученных образцов (см. рис. 3, Таблицу 2).

Таблица 2. Характеристики ИК-спектров соединений АК с La^{3+} и Ce^{3+} (cm^{-1}).

Соединение	$\nu_{as}(NH_3^+)$	$\nu_s(NH_3^+)$	$\delta_{as}(NH_3^+)$	$\delta_s(NH_3^+)$	$\nu_{as}(NH_2)$	$\nu_s(NH_2)$	$\nu_{as}(COO^-)$	$\nu_s(COO^-)$
Asp	3422	3140	1618	1506	–	–	1690	1398
La : Asp (1:2)	–	–	–	–	3422	3140	1560	1541
Ce : Asp (1:3)	–	–	–	–	3422	3140	1560	1541

Согласно данным ИК-спектроскопии, все синтезированные

соединения имеют в своем составе группировки, характерные для солей аминокислот. Так, на ИК-спектрах осадков «*La-Asp*» (1:2) и «*Ce-Asp*» (1:3) обнаруживаются полосы депротонированной карбоксильной группы и валентные колебания связи *N-H* в аминогруппе.

На рис. 3 приведены ИК спектры АК (*Asp*) и полученных осадков: *Asp:La*³⁺ в соотношении 2:1 и *Asp:Ce*³⁺ в соотношении 3:1.

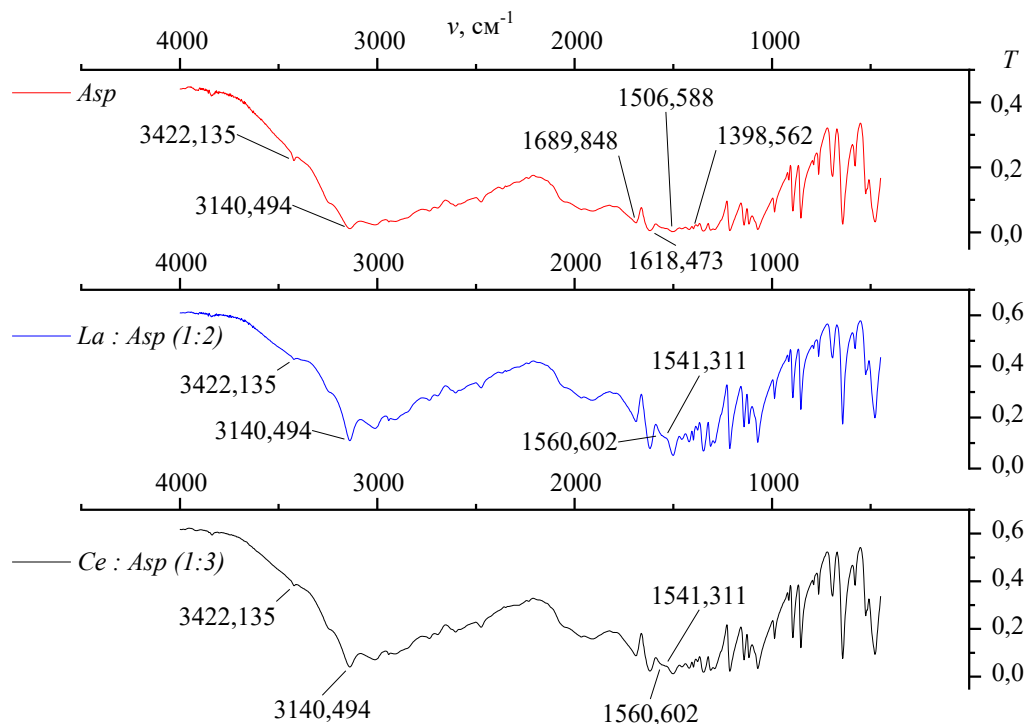


Рис. 3. ИК-спектры аспарагиновой кислоты (*Asp*) и полученных осадков.

Анализ полученных спектров демонстрирует: сильные полосы $\nu_{as}(COO^-) = 1690 \text{ см}^{-1}$ для спектра аминокислоты *Asp* и $\nu_{as}(COO^-) = 1560 \text{ см}^{-1}$ для синтезированных соединений *Asp:La*³⁺ в соотношении 2:1 и *Asp:Ce*³⁺ в соотношении 3:1 относятся к протонированной *COOH* и непротонированной *COO*⁻ группе. Смещение свидетельствует о возможном взаимодействии данной группы с *La*³⁺ и *Ce*³⁺.

В спектрах полученных соединений присутствуют полосы: $\nu_{as}(NH_2) = 3422 \text{ см}^{-1}$ и $\nu_s(NH_2) = 3140 \text{ см}^{-1}$ для *Asp:La*³⁺ в соотношении 2:1 и для *Asp:Ce*³⁺ в соотношении 3:1. Они практически не смещены относительно аналогичных полос в спектре *Asp*, что опровергает предположение о донорно-акцепторном механизме образования ковалентной связи *La*³⁺ и *Ce*³⁺ с *Asp* с участием неподелённой электронной пары атома азота.

По полученным данным спектрофотометрии была построена градуировочная зависимость для серии растворов аспарагиновой кислоты разной концентрации. Параметры для построения графика представлены в

Таблице 3.

Таблица 3. Значения для построения градуировочной зависимости оптической плотности от концентрации растворов аспарагиновой кислоты.

Концентрация раствора <i>Asp</i> , моль/л	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,015	0,020	Концентрация <i>Asp</i> над осадком вида « <i>La – Asp</i> » (1:2), моль/л
Оптическая плотность	0,013	0,035	0,056	0,123	0,211	0,224	0,354	0,166

По построенному градуировочному графику (см. рис. 4) была найдена концентрация *Asp* в жидкости над осадком вида «*La – Asp*» (1:2). В случае осадка «*Ce – Asp*» (1:3) данное исследование провести не удалось, так как объёма надосадочной жидкости было недостаточно для проведения анализа.

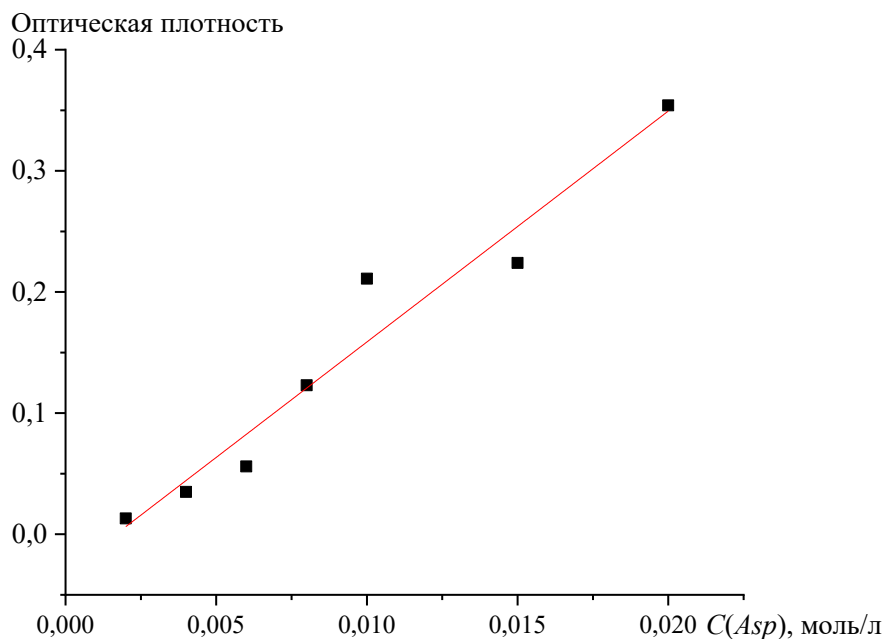


Рис. 4. Градуировочная зависимость оптической плотности от концентрации аспарагиновой кислоты в надосадочной жидкости.

Полученная градуировочная зависимость близка к линейной, коэффициент корреляции составляет 0,9415. Содержание аспарагиновой кислоты в жидкости над осадком составляет 14,99% от количества, взятого для проведения синтеза.

Совокупность экспериментальных результатов позволяет предположить, что полученные соединения лантана (III) и церия (III) с аспарагиновой кислотой являются комплексными.

Исходя из данных спектрофотометрического анализа, можно

предположить, что соотношение «ион металла – аминокислота» в синтезированном комплексе с ионом лантана составляет 1:2. Такое координационное число лантана (III) согласуется с результатами, которые были ранее получены в исследованиях [3, 11]. Предполагаемая структура комплекса «La–Asp» представлена на рис. 5.

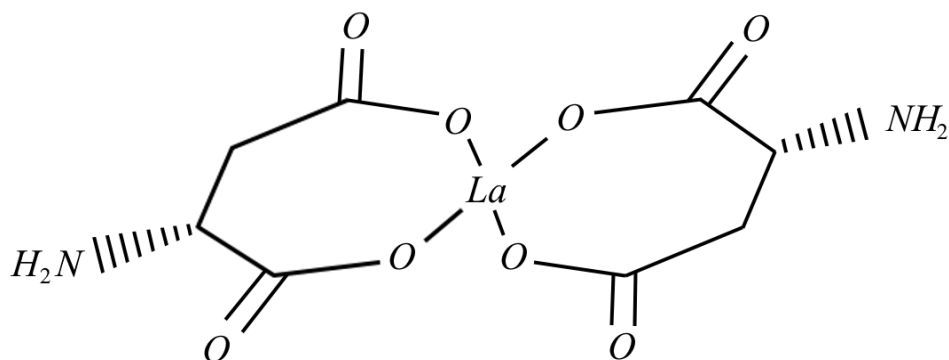


Рис. 5. Предполагаемая пространственная структура комплекса вида «La–Asp» (1:2).

4. Заключение

Синтезированы соединения лантана (III) и церия (III) с аспарагиновой кислотой, белые кристаллические осадки получены для систем «La–Asp» (1:2) и «Ce–Asp» (1:3). С помощью оптической микроскопии установлено принципиальное отличие кристаллов синтезированных соединений (по форме и размерам) от кристаллов исходных веществ, используемых для синтеза. По данным ИК-Фурье спектроскопии определено, что ионы металлов в составе комплекса взаимодействуют с карбоксильной группой Asp. Результаты, полученные при спектрофотометрическом анализе надосадочной жидкости для системы «La–Asp» (1:2), позволили смоделировать пространственную структуру данного соединения с учётом количества аспарагиновой кислоты, связываемой с ионами лантана (III).

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № 075-03-2023).

Библиографический список:

1. **Чекман, И.С.** Аминокислоты – наноразмерные молекулы: клинико-лабораторные исследования / И.С. Чекман, А.О. Сырвая, И.В. Новикова и др. – Киев, Харьков: Изд-во ООО «Щедрая усадьба плюс», 2014. – 154 с.
2. **Zeng, J.** Hollow nanosphere fabricated from β -cyclodextrin-grafted α,β -poly(aspartic acid) as the carrier of camptothecin / J. Zeng, H. Huang, S. Liu et al. // *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. – 2013. – V. 105. – P. 120-127. DOI: 10.1016/j.colsurfb.2012.12.024.
3. **Кривоногих, Т.С.** Термодинамика реакций смешаннолигандного комплексобразования этилендиаминтетраацетатов лантаноидов с аминокарбоксилатными лигандами в водном растворе: дисс. ... канд. хим. наук: 02.00.04 / Кривоногих Татьяна Сергеевна. – Иваново: Ивановский государственный университет, 2013. – 105 с.

4. Пономарев, А.П. Шунгитовые породы как источник редкоземельных ультрамикроэлементов – лантаноидов / А.П. Пономарев // Микроэлементы в медицине. – 2019. – Т. 20. № 2. – С. 55-65. DOI: 10.19112/2413-6174-2019-20-2-55-65.
5. Hutchison, A.J. Reducing high phosphate levels in patients with chronic renal failure undergoing dialysis: a 4-week, dose-finding, open-label study with lanthanum carbonate / A.J. Hutchison, M. Speake, F. Al-Baaj // *Nephrology Dialysis Transplantation*. – 2004. – V. 19. – I. 7. – P. 1902-1906. DOI: 10.1093/ndt/gfh282.
6. Shigematsu, T. Three-year extension study of lanthanum carbonate therapy in Japanese hemodialysis patients / T. Shigematsu // *Clinical and Experimental Nephrology*. – 2010. – V. 14. – I. 6. – P. 589-597. DOI: 10.1007/s10157-010-0339-3.
7. Noto, L. Lanthanum carbonate provides control of phosphorus levels in patients new to phosphate binder therapy and patients changed from other phosphate binders / L. Noto // *Journal of Renal Nutrition*. – 2011. – V. 21. – I. 3. – P. 277-282. DOI: 10.1053/j.jrn.2010.04.007.
8. Пат. 20994 Республика Казахстан KZ A4 20994 C07F 5/00, C07D 211/10, C07D 211/34, A61K 33/24, A61K 31/16, A61P 35/00. Комплексное соединение лантана (III), проявляющее противоопухолевую активность / Бишимбаев В.К., Назарбекова С.П., Сарыпбекова Н.К. и др.; заявитель и патентообладатель Республиканское государственное казенное предприятие «Южно-Казахстанский Государственный университет им. М. Ауезова». – № 2007/0756.1. – Заявл. 05.06.2007 – Оpubл. 16.03.2009. – Бюл. № 3. – 3 с.
9. Маслова, С.А. Физико-химические свойства и антиоксидантная активность наночастиц оксида церия, стабилизированных мальтодекстрином / С.А. Маслова, И.Н. Бажукова, А.В. Мышкина и др. // *Физика твердого тела*. – 2021. – Т. 63. – Вып. 12. – С. 2020-2027. DOI: 10.21883/ФТТ.2021.12.51660.20s.
10. Кулиев, А.Д. Разнолигандные внутрикомплексные соединения церия (III) с глицином и 8-оксихинолином / А.Д. Кулиев, М.Р. Багиева // *Интернаука: электронный научный журнал*. – 2022. – № 27 (250). – Режим доступа: <https://internauka.org/journal/science/internauka/250>. – 01.05.2023. DOI: 10.32743/26870142.2022.27.250.344038.
11. Новикова, Г.В. Синтез и физико-химические характеристики комплексов $6s^2$ - и nd^m - ионов металлов с аминокислотами: дис. канд. хим. наук: 02.00.01 / Новикова Галина Владимировна – Красноярск: Красноярский государственный университет, 2006. – 133 с.

References:

1. Chekman I.S., Syrovaya A.O., Novikova I.V. et al. *Aminokisloty – nanorazmernye molekuly: kliniko-laboratornye issledovaniya* [Amino acids are nanosized molecules: clinical and laboratory studies], Kiev, Kharkov, Shchedra Usadba Publ., 2014, 154 p. (In Russian).
2. Zeng J., Huang H., Liu S. et al. Hollow nanosphere fabricated from β -cyclodextrin-grafted α, β -poly(aspartic acid) as the carrier of camptothecin, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 2013, vol. 105, pp. 120-127. DOI: 10.1016/j.colsurfb.2012.12.024.
3. Krivonogikh T.S. *Termodinamika reaktsij smeshannoligandnogo kompleksoobrazovaniya etilendiamintetraacetatov lantanoidov s aminokarboksilatnymi ligandami v vodnom rastvore* [Thermodynamics of mixed-ligand complexation reactions of lanthanide ethylenediaminetetraacetates with aminocarboxylate ligands in aqueous solution], Cand. chem. sci. diss.: 02.00.04, Ivanovo, ISU Publ., 2013, 105 p. (In Russian).
4. Ponomarev A.P. Shungitovye porody kak istochnik redkozemel'nykh ul'tramikroelementov – lantanoidov [Shungite rocks as a source of rare-earth ultramicroelements – lantoids], *Mikroehlementy v meditsine [Trace Elements in Medicine]*, 2019, vol. 20, no. 2, pp. 55-65. DOI: 10.19112/2413-6174-2019-20-2-55-65. (In Russian).
5. Hutchison A.J., Speake M., Al-Baaj F. Reducing high phosphate levels in patients with chronic renal failure undergoing dialysis: a 4-week, dose-finding, open-label study with lanthanum carbonate, *Nephrology Dialysis Transplantation*, 2004, vol. 19, issue 7, pp. 1902-1906. DOI: 10.1093/ndt/gfh282.
6. Shigematsu T. Three-year extension study of lanthanum carbonate therapy in Japanese hemodialysis patients, *Clinical and Experimental Nephrology*, 2010, vol. 14, issue 6, pp. 589-597. DOI: 10.1007/s10157-010-0339-3.
7. Noto L. Lanthanum carbonate provides control of phosphorus levels in patients new to phosphate binder therapy and patients changed from other phosphate binders, *Journal of Renal Nutrition*, 2011, vol. 21, issue 3, pp. 277-282. DOI: 10.1053/j.jrn.2010.04.007.

8. Bishimbaev V.K., Nazarbekova S.P., Sarypbekova N.K. et al. *Kompleksnoe soedinenie lantana (III), proyavlyayushchee protivopukholevuyu aktivnost* [A complex compound of lanthanum (III), showing antitumor activity]. Patent Kazakhstan, no 20994, 2009. (In Russian).
9. Maslova S.A., Bazhukova I.N., Myshkina A.V. et al. Physicochemical properties and antioxidant activity of maltodextrin-coated cerium oxide nanoparticles, *Physics of the Solid State*, 2022, vol. 64, issue 14, pp. 2253-2260. DOI: 10.21883/PSS.2022.14.54325.20s.
10. Kuliev A.D., Bagieva M.R. Raznoligandnye vnutrikompleksnye soedineniya ceriya (III) s glicinom i 8-oksiholinom [Different ligand intracomplex compounds of cerium (III) with glycine and 8-oxyquinoline], *Internauka: elektronnyj nauchnyj zhurnal* [Internauka: electronic scientific journal], 2022, no. 27 (250). Available at: <https://internauka.org/journal/science/internauka/250> (accessed 01.05.2023). DOI: 10.32743/26870142.2022.27.250.344038. (In Russian).
11. Novikova G.V. *Sintez i fiziko-khimicheskie kharakteristiki kompleksov $6s^2$ - i nd^m - ionov metallov s aminokislotami* [Synthesis and physico-chemical characteristics of complexes of $6s^2$ - and nd^m - metal ions with amino acids], Cand. chem. sci. diss.: 02.00.01, Krasnoyarsk, KSU Publ., 2006, 133 p. (In Russian).

Original paper

SYNTHESIS AND STUDY OF THE STRUCTURE OF LANTHANUM (III) COMPOUNDS AND CERIUM (III) WITH ASPARTIC ACID

V.A. Shkrumeliak, O.G. Golovanova

Omsk State University F. M. Dostoevsky, Omsk, Russia

DOI: 10.26456/pcascnn/2023.15.1080

Abstract: A significant part of modern research is devoted to synthesis and study of the structure of compounds of rare earth elements with bioligands – these are those ligands that participate in biochemical processes. Compounds of rare earth elements with amino acids are of particular interest to study, since they are the most important bioligands, natural nanoscale molecules. In the course of the work, compounds of lanthanum (III) and cerium (III) with aspartic acid were synthesized. White crystalline precipitates were obtained for the «La-Asp» (1:2) and «Ce-Asp» (1:3) systems. With the help of optical microscopy, the fundamental difference between the crystals of synthesized compounds (in shape and size) from the crystals of the starting substances used for synthesis is proved. The results of IR-Fourier spectroscopy showed that metal ions interact with the carboxyl group of aspartic acid. The results obtained during the spectrophotometric analysis of the filler fluid for the «La-Asp» system (1:2) made it possible to simulate the spatial structure of this compound taking into account the amount of aspartic acid bound to lanthanum (III) ions. The synthesized compounds are promising for their further use in medicine.

Keywords: rare earth elements, complex compounds of lanthanum (III) and cerium (III), amino acids, aspartic acid, ligands.

Шкрумеляк Валерия Александровна – студентка 3 курса кафедры неорганической химии химического факультета, ФГАОУ ВО «Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского»

Голованова Ольга Александровна – д.г.-м.н., профессор, заведующая кафедрой неорганической химии ФГАОУ ВО «Омский государственный университет имени Ф.М. Достоевского»

*Valeriia A. Shkrumeliak – 3rd year student, Inorganic Chemistry Department, Dostoevsky Omsk State University
Olga A. Golovanova – Dr. Sc., Professor, Head of the Department of Inorganic Chemistry, Dostoevsky Omsk State University*

Поступила в редакцию/received: 04.09.2023; после рецензирования/revisted: 30.09.2023; принята/accepted: 05.10.2023.