

Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского
Биология. Химия. Том 6 (72). 2020. № 2. С. 304–313.

УДК 546.661 + 546.663 + 547-32

СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ГЕТЕРОЛИГАНДНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЕВРОПИЯ(III) И ТЕРБИЯ(III) НА ОСНОВЕ N-ДОДЕЦИЛИМИНОДИУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ХЕЛАТООБРАЗУЮЩИХ ЛИГАНДОВ

Сарнит Е. А.¹, Сайдахмедова Н. Н.¹, Муртазаева Д. Н.¹, Мельникова Е. Д.²

¹Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия

²Медицинская академия им. С. И. Георгиевского (структурное подразделение)

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия

E-mail: easarnit@mail.ru

Получены и исследованы гетеролигандные комплексы европия(III) и тербия(III) на основе N-додецилиминодиуксусной кислоты, 1,10-фенантролина и пентаандиона-2,4, обладающие квантовым выходом люминесценции 9,7 и 20,8 % соответственно. Синтезированные соединения исследованы методами элементного анализа и термогравиметрии; способ координации определен по данным инфракрасной спектроскопии.

Ключевые слова: гетеролигандные комплексы европия(III), гетеролигандные комплексы тербия(III), N-додецилиминодиуксусная кислота, β -дикетон – пентаандион-2,4 (ацетилацетон), 1,10-фенантролин, люминесцентный метод анализа, квантовый выход люминесценции.

ВВЕДЕНИЕ

Координационные соединения лантанидов способны к фото- и электролюминесценции, обусловленной $f-f$ -переходами между электронными уровнями центрального атома [1–3]. Наблюдение люминесценции возможно как в твердых образцах, во взвешях осадков комплексов, так и в водных или в неводных растворах комплексов [4–7]. Согласно классификации катионов редкоземельных элементов по способности к люминесценции, соединения Eu^{3+} и Tb^{3+} проявляют люминесценцию в видимой области спектра [8, 9], на основании чего представлялось интересным изучить люминесцентные свойства гетеролигандных комплексов данных катионов металлов. Для синтеза гетеролигандных комплексов в качестве лигандов использована N-додецилиминодиуксусная кислота, поскольку расположение донорных атомов азота и кислорода в молекуле кислоты

благоприятно для образования устойчивых пятичленных хелатных циклов. В свою очередь, N-додецилиминодиуксусная кислота является перспективным объектом для получения пленок Ленгмюра-Блоджетт, так как молекула кислоты имеет в составе алифатический линейный углеводородный радикал ($-C_{12}H_{25}$): сочетание свойств центрального атома и органического лиганда позволяет придавать подобным плёнкам заданные свойства [10–14]. В качестве дополнительных хелатообразующих лигандов использованы пентандион-2,4 и 1,10-фенантролин, который в составе комплекса выполняет роль своеобразной «фотоантенны» для передачи энергии излучения на орбитали центрального атома.

Данная статья посвящена исследованию и сравнению люминесценции гетеролигандных комплексов тербия(III) и европия(III) с N-додецилиминодиуксусной кислотой и дополнительными хелатообразующими лигандами: ацетилацетоном и 1,10-фенантролином.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использованы следующие реагенты: ацетилацетон (пентандион-2,4; х.ч.), моногидрат 1,10-фенантролина (х.ч.), этиловый спирт (х.ч.),

N-додецилиминодиуксусная кислота (х.ч.), хлороформ (х.ч.), кристаллогидраты следующих солей: $M(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ (х.ч.), $M = Eu, Tb$.

Элементный анализ выполнен на элементном CHN-анализаторе «Euro EA Elemental Analyser» (кафедра общей и физической химии Таврической академии КФУ, г. Симферополь).

Инфракрасные спектры поглощения зарегистрированы на ИК-Фурье спектрометре «ООО Инфраспек» и ИК-Фурье спектрометре «Perkin Elmer» (кафедра общей и физической химии Таврической академии КФУ, г. Симферополь).

Термогравиметрические исследования проведены на Q-дериვაгографе на базе Центра коллективного пользования «Биопозитивное строительство и ресурсосбережение» (Академия строительства и архитектуры КФУ, г. Симферополь).

Спектры возбуждения и люминесценции зарегистрированы с использованием спектрофлюориметра «Fluoromax-4» (HORIBA Scientific) с Хе-лампой (кафедра общей и физической химии Таврической академии КФУ, г. Симферополь).

1) Методика синтеза гетеролигандных комплексов на основе ацетилацетона и 1,10-фенантролина.

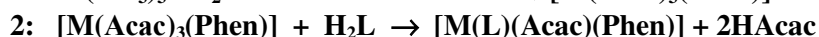
К водному раствору 0,5 ммоль кристаллогидрата нитрата f-элемента в 20 мл воды добавили 1,5 ммоль ацетилацетона и водный раствор 0,5 ммоль моногидрата 1,10-фенантролина. Полученную смесь нагревали при перемешивании на магнитной мешалке до окончательного растворения исходных веществ. После выдерживания исходного раствора в течение одних суток, к нему добавляли по каплям водный раствор аммиака ($\approx 10\%$) до слабощелочной среды. Полученный осадок отфильтровали, промыли водой, водным этанолом и высушили на воздухе при комнатной температуре. Выход комплексов $\sim 60\%$.

2) **Методика синтеза гетеролигандных комплексов на основе N-додецилиминодиуксусной кислоты, ацетилацетона и 1,10-фенантролина.**

Синтез целевого координационного соединения осуществлен по следующей методике: 0,5 ммоль $[M(\text{Acac})_3(\text{Phen})]$ растворили в 20 мл хлороформа, добавили 0,5 ммоль N-додецилиминодиуксусной кислоты; смесь нагревали в колбе с обратным холодильником и перемешивали на магнитной мешалке до полного растворения реагентов; полученный раствор выдержали одни сутки, затем упарили на воздухе и высушили в чашке Петри. Выход комплексов ~ 90 %.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Синтез координационных соединений осуществлен в две стадии: первая стадия (схема 1) – получение гетеролигандных комплексов f-элементов на основе ацетилацетона (HAcac) и 1,10-фенантролина (Phen). Вторая стадия (схема 2) – синтез с использованием соответствующего промежуточного комплекса и N-додецилиминодиуксусной кислоты в хлороформе в соотношении реагентов 1:1.



Полученные координационные соединения европия(III) и тербия(III) представляют собой мелкокристаллические вещества бежевого цвета, нерастворимые в воде и малорастворимые в этаноле и хлороформе, данные элементного анализа итоговых комплексов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Состав и данные элементного анализа комплексов

Соединение (№)	Брутто- формула	Массовая доля, % (найденно / вычислено)		
		C	H	N
$[\text{Eu}(\text{L})(\text{Acac})(\text{Phen})]$ (комплекс 1)	$\text{C}_{33}\text{H}_{44}\text{N}_3\text{EuO}_6$	54,78 / 54,24	6,27 / 6,07	5,86 / 5,75
$[\text{Tb}(\text{L})(\text{Acac})(\text{Phen})]$ (комплекс 2)	$\text{C}_{33}\text{H}_{44}\text{N}_3\text{TbO}_6$	53,62 / 53,73	6,19 / 6,01	5,76 / 5,70

Для определения термической устойчивости синтезированных соединений был выполнен дифференциальный термический и термогравиметрический анализ комплексов, результаты анализа представлены в табл. 2.

Установлено, что комплекс $[\text{Eu}(\text{L})(\text{Acac})(\text{Phen})]$ устойчив до 100 °С, далее начинается потеря массы без видимого эффекта на кривой ДТА. Потеря массы в 6,9 % на кривой ТГА отвечает удалению одного остатка ацетилацетона от двух единиц комплекса: найдено – 6,9 %, вычислено – 6,8 %, процесс заканчивается при 210 °С. Далее в интервале температур от 210 до 240 °С с максимумом слабого экзоэффекта при 229 °С происходит декарбоксилирование двух карбоксилатных групп координированной N-додецилиминодиуксусной кислоты; процент потери

массы составляет 34,3 %, а вычислено – 32,7 %. Далее происходит термоокислительная деструкция и выгорание органического остатка с максимумами при 436 и 471 °С. Окончательная потеря массы наступает при 778 °С, процент потери массы 76,9 %.

По аналогичной схеме происходит разложение при нагревании и комплекса [Tb(L)(Acac)(Phen)]: соединение устойчиво до 110 °С, потеря массы в 7 % на кривой ТГА отвечает удалению одного остатка ацетилацетона от двух единиц комплекса: найдено – 7 %, вычислено – 6,8 %, процесс заканчивается при 220 °С.

Далее в интервале температур от 220 до 260 °С с максимумом слабого экзоэффекта при 230 °С происходит декарбоксилирование двух карбоксилатных групп координированной N-додецилиминодиуксусной кислоты; процент потери массы составляет 36 %, а вычислено – 37,4 %. Далее происходит термоокислительная деструкция и выгорание органического остатка с максимумами при 428 и 475 °С. Окончательная потеря массы наступает при 800 °С, процент потери массы 77 %.

Таблица 2

Данные дифференциального термического и термогравиметрического анализа комплексов европия(III) и тербия(III) на основе N-додецилиминодиуксусной кислоты (H₂L), ацетилацетона (HAcac) и 1,10-фенантролина (Phen)

Соединение (№)	Интервал температур по кривой ДТА, °С	Экстремум по кривой ДТА, °С	Δ m, % найдено/ вычислено	Процесс
[Eu(L)(Acac)(Phen)] (комплекс 1)	100–210	–	6,9 / 6,8	– HAcac
	210–240	229 (+)	34,3 / 32,7	– 2CO ₂
	240–350	–	62,9 / 63,2	– Phen
	350–450	436 (+)	65,9 / –	выгорание органического остатка
	450–490	471 (+)		
	490–778	–	76,9 / –	окончательная потеря массы
[Tb(L)(Acac)(Phen)] (комплекс 2)	110–220	–	7,0 / 6,8	– HAcac
	220–260	230 (+)	36,0 / 37,4	– 2CO ₂
	260–340	–	64,5 / 63,4	– Phen
	340–420	428 (+)	63,8 / –	выгорание органического остатка
	420–490	475 (+)		
	490–800		77,0 / –	окончательная потеря массы

Для получения гетеролигандных комплексов использована N-додецил-минодиуксусная кислота (H₂L), идентифицированная по данным инфракрасной спектроскопии. ИК-спектр поглощения H₂L: ($\bar{\nu}_{\max}$, см⁻¹): 3020 (сл.) $\nu(\text{OH})$; 2992 $\nu_s(\text{CH}_3)$; 2960 $\nu_{\text{as}}(\text{CH}_3)$; 2918 $\nu_{\text{as}}(\text{CH}_2)$; 2851 $\nu_s(\text{CH}_2)$; 1703 $\nu(\text{C}=\text{O})_{(-\text{COOH})}$; 1470 $\delta(\text{CH}_2)$; 1430 $\delta(\text{C}-\text{OH})_{(-\text{COOH})}$; 1386 $\tau(\text{CH}_2)$; 1338 $\nu(\text{C}-\text{N})$; 1293 $\nu(\text{C}-\text{O})_{(-\text{COOH})}$; 1156 $\omega(\text{CH}_2)$; 725 $\rho(\text{CH}_2)$; 606, 560, 490, 423 $\delta(\text{C}-\text{C}-\text{C})$.

Для идентификации гетеролигандных комплексов, синтезированных на основе 1,10-фенантролина, ацетилацетона и N-додецилминодиуксусной кислоты, проведено сравнение положения полос поглощения наиболее характеристичных колебаний свободных и координированных органических лигандов: валентных колебаний связи C–N для 1,10-фенантролина; валентных колебаний связей C–O и C=O для ацетилацетона; валентных асимметричных и симметричных колебаний карбоксилат-аниона для N-додецилминодиуксусной кислоты (табл. 3).

Таблица 3

Данные ИК спектроскопии ($\bar{\nu}_{\max}$, см⁻¹) комплексов европия(III) и тербия(III) с N-додецилминодиуксусной кислотой (H₂L) ацетилацетоном (HAcac-H) и 1,10-фенантролином (Phen)

Тип колебания	H ₂ L	[Eu(L)(Acac)(Phen)] (комплекс 1)	[Tb(L)(Acac)(Phen)] (комплекс 2)
$\nu(\text{OH})$	3020 (сл.)	–	–
$\nu(\text{C}=\text{O})_{(-\text{COOH})}$	1703 (с.)	–	–
$\delta(\text{COH})_{(-\text{COOH})}$	1430	–	–
$\nu(\text{C}-\text{N})$	1338	1330	1325
$\nu(\text{C}-\text{O})_{(-\text{COOH})}$	1293	–	–
$\nu_{\text{as}}(\text{COO}^-)$	–	1587	1604
$\nu_s(\text{COO}^-)$	–	1346	1352
$\Delta\nu$	–	241	252
Полосы поглощения дополнительных хелатообразующих лигандов			
$\nu(\text{C}=\text{O})$	Acac ⁻	1630	1650
$\nu(\text{C}-\text{O})$		1135 (сл.)	1124 (сл.)
$\nu(\text{C}_{\text{ар}}-\text{N})$	Phen	1427 (ш.)	1420 (ш.)

На основании полученных данных синтезированному комплексу **1** можно приписать следующее строение: 1,10-фенантролин координирован катионом

металла через атомы азота с образованием хелатного пятичленного цикла; ацетилацетон координирован в однократно депротонированной енольной форме через два атома кислорода с образованием шестичленного хелатного цикла; N-додецилиминодиуксусная кислота координирована через атомы кислорода однократно депротонированных карбоксильных групп, о чем свидетельствует значение разности асимметричных и симметричных валентных колебаний ($\Delta\nu = 241 \text{ см}^{-1}$) [10]; в координации участвует также атом азота с образованием двух пятичленных хелатных циклов, о чем свидетельствует низкочастотное смещение полосы валентных колебаний связи C–N (от 1338 до 1330 см^{-1}) (рис. 1-б).

Аналогичное строение имеет комплекс **2**: 1,10-фенантролин координирован катионом металла через атомы азота с образованием хелатного пятичленного цикла; ацетилацетон координирован в однократно депротонированной енольной форме через два атома кислорода с образованием шестичленного хелатного цикла; N-додецилиминодиуксусная кислота координирована через атомы кислорода однократно депротонированных карбоксильных групп, о чем свидетельствует значение разности асимметричных и симметричных валентных колебаний ($\Delta\nu = 252 \text{ см}^{-1}$); в координации участвует также атом азота с образованием двух пятичленных хелатных циклов, о чем свидетельствует низкочастотное смещение полосы валентных колебаний связи C–N (от 1338 до 1325 см^{-1}) (рис. 1-б).

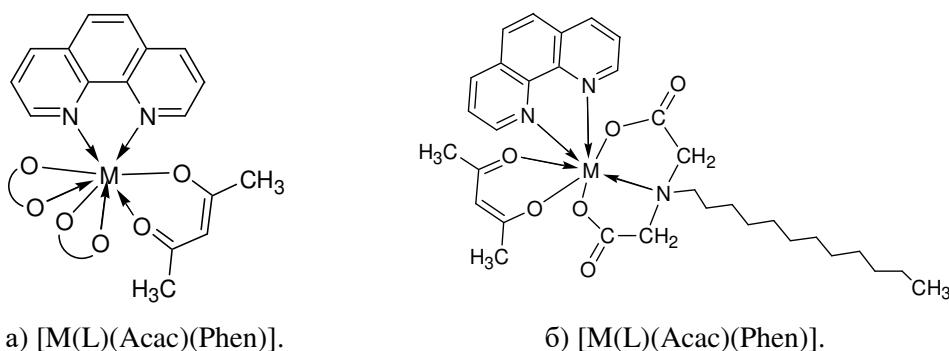
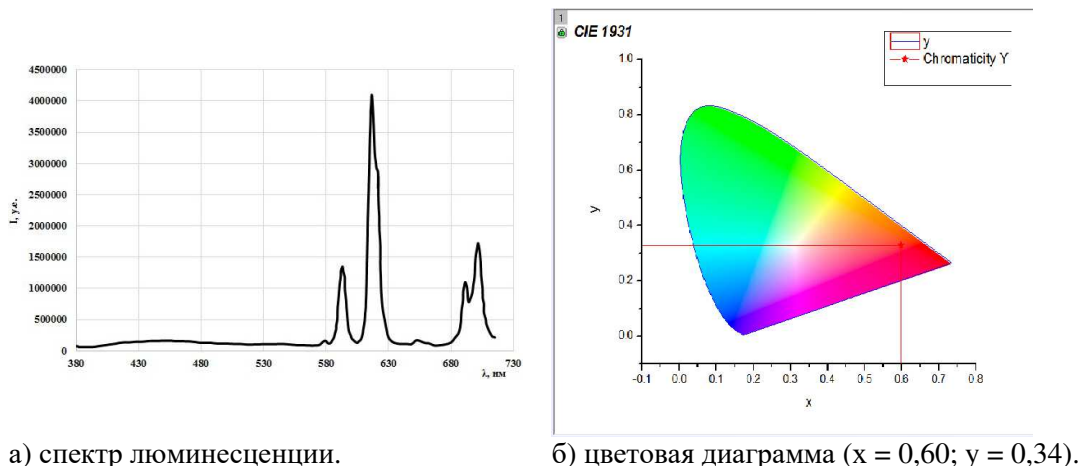


Рис. 1. Строение гетеролигандных комплексов (M = Eu, Tb).

На рис. 2-а приведен спектр люминесценции твёрдого образца комплекса [Eu(L)(Acac)(Phen)] (1), наиболее интенсивные полосы наблюдаются при 590, 612, 688 и 700 нм, что отвечает переходам с низшего уровня $J = 0$ первого возбужденного терма 5D_0 на J -уровни основного терма 7F_J ($J = 1; 2; 3; 4$) иона $\text{Eu}^{3+}(4f^6)$ (табл. 4). На рис. 2-б приведена цветовая диаграмма, отражающая положение максимума люминесценции твёрдого образца данного комплекса, точка максимума на диаграмме отвечает следующим координатам цветности: $x = 0,60$; $y = 0,34$, что соответствует красно-оранжевой области спектра; квантовый выход люминесценции Q_y составляет 9,7 %.

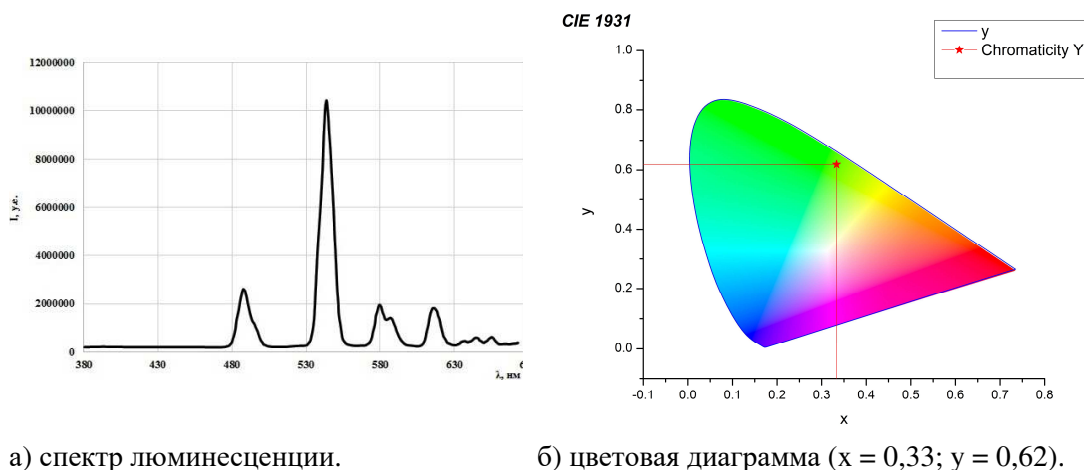


а) спектр люминесценции.

б) цветовая диаграмма ($x = 0,60$; $y = 0,34$).

Рис. 2. Спектр люминесценции и цветовая диаграмма люминесценции твёрдого образца комплекса [Eu(L)(Acac)(Phen)] (1).

На рис. 3-а приведен спектр люминесценции твёрдого образца комплекса [Tb(L)(Acac)(Phen)] (2), наиболее интенсивные полосы наблюдаются при 448, 545, 583 и 620 нм, что отвечает переходам с низшего уровня $J = 4$ первого возбужденного термина 5D_4 на J -уровни основного термина 7F_J ($J = 6; 5; 4; 3$) иона $Tb^{3+}(4f^8)$ (табл. 4). На рис. 3-б приведена цветовая диаграмма, отражающая положение максимума люминесценции твёрдого образца данного комплекса, точка максимума на диаграмме отвечает следующим координатам цветности: $x = 0,33$; $y = 0,62$, что соответствует зеленой области спектра; квантовый выход люминесценции Q_y составляет 20,8 %.



а) спектр люминесценции.

б) цветовая диаграмма ($x = 0,33$; $y = 0,62$).

Рис. 3. Спектр люминесценции и цветовая диаграмма люминесценции твёрдого образца комплекса [Tb(L)(Acac)(Phen)] (2).

В табл. 4 приведены значения положения максимумов, интенсивность полос и отвечающие им электронные переходы в спектрах в люминесценции твердых образцов комплексов европия(III) и тербия(III).

Таблица 4
Параметры спектров люминесценции твёрдых образцов комплексов [Eu(L)(Acac)(Phen)] и [Tb(L)(Acac)(Phen)]

Соединение (№)	$\lambda_{\text{люм}}$, нм	$I_{\text{люм}} \times 10^{-5}$	Электронный переход
[Eu(L)(Acac)(Phen)] (комплекс 1)	590	14	${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_1$
	612	43	${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$
	688	12	${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_3$
	700	18	${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_4$
[Tb(L)(Acac)(Phen)] (комплекс 2)	448	24	${}^5D_4 \rightarrow {}^7F_6$
	545	108	${}^5D_4 \rightarrow {}^7F_5$
	583	18	${}^5D_4 \rightarrow {}^7F_4$
	620	16	${}^5D_4 \rightarrow {}^7F_3$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате работы получены и исследованы гетеролигандные комплексы европия(III) и тербия(III) с N-додецилиминодиуксусной кислотой, ацетилацетоном и 1,10-фенантролином.
2. По данным инфракрасной спектроскопии определён способ координации N-додецилиминодиуксусной кислоты, выполняющей роль тридентатного лиганда: координация осуществляется через монодентатно координированные карбоксилат-анионы и атом азота с образованием двух пятичленных хелатных циклов.
3. Для синтезированных гетеролигандных комплексов европия(III) и тербия(III) изучены спектры возбуждения и люминесценции твёрдых образцов, определен квантовый выход люминесценции, составляющий 9,7 и 20,8 % соответственно.

Список литературы

1. Ермолаев Л. В. Безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения / Л. В. Ермолаев, Е. Н. Бодунов, Е. Б. Свешникова [и др.]. – Л.: Наука, 1977. – 616 с.
2. Latva M. Correlation between the lowest triplet state energy level of the ligand and lanthanide(III) luminescence quantum yield / M. Latva, H. Takalo, V.-M. Mukkala [et al.] // J. Luminesc. – 1997. – Vol. 75, № 2. – P. 149–169.
3. Каткова М. А. Координационные соединения редкоземельных металлов с органическими лигандами для электролюминесцентных диодов / М. А. Каткова, А. Г. Витухновский, М. Н. Бочкарёв // Успехи химии. – 2005. – Т. 74, № 12. – С. 1193–1215.
4. Алакаева Л. А. Люминесцентные методы исследования комплексных соединений / Л. А. Алакаева, Р. Д. Ульбашева. – Нальчик: Изд-во Каб-Балк. ун-та, 2003. – 58 с.
5. Головина А. П. Собственная люминесценция неорганических ионов и её аналитическое использование. Определение малых концентраций элементов / А. П. Головина, В. К. Рунов, С. К. Савдокасова [и др.]. – М.: Наука, 1986. – С. 205–225.

6. Спицын В. И. Координационная химия редкоземельных элементов / В. И. Спицын, Л. И. Мартыненко. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. – 253 с.
7. Ермолаев В. Л. Изучение комплексобразования между органическими молекулами и ионами редкоземельных элементов в растворах методом переноса электронной энергии / В. Л. Ермолаев, Е. Б. Свешникова, Т. А. Шахвердов // *Успехи химии*. – 1976. – Т. 45, № 10. – С. 1753–1781.
8. Гайдук М. И. Спектры люминесценции европия / М. И. Гайдук, В. Ф. Золин, Л. С. Гайгерова – М.: Наука, 1974. – 195 с.
9. Казгикин О. Н. Неорганические люминофоры / О. Н. Казгикин, Л. Я. Марковский, И. А. Миронов – Л.: Химия, 1975. – 192 с.
10. Тодуа П. А. Применение сверхтонких слоев органических материалов в перспективных устройствах твердотельной электроники / П. А. Тодуа, В. Н. Шестакова – С-Пб.: Сер. Образцовые и высокоточные измерения, 1989. – С. 14–18.
11. Блинов Л. М. Физические свойства и применение лангмюровских моно- и мультимолекулярных структур / Л. М. Блинов // *Успехи химии*. – 1983. – Т. 52, № 8. – С. 1263–1300.
12. Блинов Л. М. Лангмюровские пленки / Л. М. Блинов // *Успехи физических наук*. – 1988. – Т. 155, № 3. – С. 433–480.
13. Чечель О. В. Использование пленок Ленгмюра-Блоджетт в качестве регистрирующих слоев оптических носителей информации / О. В. Чечель, В. Н. Николаев // *Успехи химии*. – 1990. – Т. 59, № 11. – С. 1888–1903.
14. Ковальчук М. В. Молекулярный конструктор Ленгмюра-Блоджетт / М. В. Ковальчук, В. В. Ключковская, Л. А. Фейгин // *Природа*. – № 11. – 2003. – С. 11–19.

**SYNTHESIS, STRUCTURE AND LUMINESCENCE OF EUROPIUM(III),
TERBIUM(III) HETEROLIGAND COMPLEX BASED ON
N-DODECYLIMINODIACETIC ACID AND ADDITIONAL CHELATING
LIGANDS**

Sarnit E. A., Saidahmetova N. N., Murtazaeva D. N., Melnikova E. D.

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation
E-mail: easarnit@mail.ru*

The coordination compounds of lanthanides are able to photo- and electroluminescence due to $f-f$ transitions between the electronic levels of the central atom. Luminescence observation is possible both in solid samples, in suspensions of complexes, and in aqueous or non-aqueous solutions of complexes. According to the classification of cations of rare-earth elements by their luminescence ability, Eu^{3+} and Tb^{3+} cations emit luminescence in the visible spectral region. On the basis of which it was interesting to study the luminescent properties of the heteroligand complexes of these metal cations. For the synthesis of heteroligand complexes, N-dodecyliminodiacetic acid was used as ligands, since the arrangement of donor nitrogen and oxygen atoms in the acid molecule is favorable for the formation of stable five-membered chelate rings. In turn, N-dodecyliminodiacetic acid is a promising object for the production of Langmuir-Blodgett films, since the acid molecule contains an aliphatic linear hydrocarbon radical ($-\text{C}_{12}\text{H}_{25}$): the combination of the properties of the central atom and the organic ligand makes it possible to impart specified properties to such films. Pentandion-2,4 and 1,10-phenanthroline are used as additional chelating ligands, which as part of the complex acts as a kind of «photoantenna» for transferring radiant energy to the orbitals of the central atom.

As a result of the work, heteroligand complexes of europium(III) and terbium(III) with N-dodecyliminodiacetic acid and additional chelating ligands were obtained. The composition of the complexes was determined on the base of the data of elemental analysis: the ratio of metal to N-dodecyliminodiacetic acid is 1:1. The method of coordination of N-dodecyliminodiacetic acid and additional chelating ligands was determined by infrared spectroscopy: N-dodecyliminodiacetic acid was coordinated through oxygen atoms and a nitrogen atom to form two five-membered chelate cycles.

The maxima positions of the luminescence bands of the solid sample of the europium(III) complex are: 590; 612; 688 and 700 nm, respectively. According to the chromaticity coordinates, the resulting europium(III) complex gives a characteristic red glow; the quantum yield of luminescence is 9.7 %.

The maxima positions of the luminescence bands of the solid sample of the terbium(III) complex are: 448; 545; 583 and 620 nm, respectively. According to the chromaticity coordinates, the resulting terbium(III) complex gives a characteristic green glow; the quantum yield of luminescence is 20.8 %.

Keywords: heteroligand complexes of europium(III), heteroligand complexes of terbium (III), N-dodecyliminodiacetic acid, β -diketone – pentanedione-2,4 (acetylaceton), 1,10-phenanthroline, luminescence, quantum yield of luminescence.

References

1. Ermolaev L. V., Bodunov E. N., Sveshnikov E. B., *Nonradiative energy transfer of electronic excitation*, 616 p. (Leningrad, Science, 1977). (in Russ.).
2. Latva M., Takalo H., Mikkala V.-M., Correlation between the lowest triplet state energy level of the ligand and lanthanide(III) quantum yield of luminescence, *J. Luminesc.*, **75** (2), 149 (1997).
3. Katkova M. A., Vitukhnovsky A. G., Bochkarev M. N., Coordination compounds of rare-earth metals with organic ligands for electroluminescent diodes, *Advances in Chemistry*, **74** (12), 1194 (2005). (in Russ.).
4. Alakaeva L. A., Ulbasheva R. D., *Luminescent methods of complex compounds research*, 58 p. (Nalchik, Publishing House Kab-Balk. Univ., 2003). (in Russ.).
5. Golovina A. P., Runov V. K., Savdokasova S. K., *Own luminescence of inorganic ions and its analytical use. Determination of low concentrations of elements*, P. 205–225. (Moscow, Science, 1986). (in Russ.).
6. Spitsyn V. I., Martynenko L. I., *Coordination chemistry of rare earth elements*, 253 p. (Moscow: Publishing House Moskow Univ., 1979). (in Russ.).
7. Ermolaev V. L., Sveshnikova E. B., Shakhverdov T. A., The study of complexation between organic molecules and rare earth ions in solutions by electron energy transfer, *Advances in Chemistry*, **45** (10), 1753 (1976). (in Russ.).
8. Gaiduk M. I., Zolin V. F., Geigerova L. S., *Europium Luminescence Spectra*, 195 p. (Moscow: Science, 1974). (in Russ.).
9. Kazgikin O. N., Markovsky L. Ya., Mironov I. A., *Inorganic luminophores*, 192 p. (Leningrad, Chemistry, 1975). (in Russ.).
10. Todua P. A., Shestakova V. N., *Application of ultrathin layers of organic materials in promising solid state electronics devices*, P. 14–18. (St. Petersburg: Ser. Model and high-precision measurements, 1989). (in Russ.).
11. Blinov L. M., Physical properties and application of Langmuir mono- and multimolecular structures, *Advances in Chemistry*, **52** (8), 1263 (1983). (in Russ.).
12. Blinov L. M., Langmuir films, *Advances in Physical Sciences*, **155** (3), 433 (1988). (in Russ.).
13. Chechel O. V., Nikolaev V. N., The use of Langmuir-Blodgett films as recording layers of optical information carriers, *Advances in Chemistry*, **59** (11), 1888 (1990). (in Russ.).
14. Kovalchuk M. V., Klechkovskaya V. V., Feigin L. A., Molecular Designer Langmuir-Blodgett, *Nature*, **11**, 11 (2003). (in Russ.).