

НОВЫЕ МЕТОКСИЦИННАМАТЫ ЕВРОПИЯ: СИНТЕЗ, ТЕРМИЧЕСКИЕ И ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА

© 2023 г. И. В. Калиновская^{1,*}, А. Н. Задорожная², И. А. Эстрин³

¹ Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук,
пр. 100-летия Владивостока 159, Владивосток, 690022 Россия

² Тихоокеанский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения России,
Владивосток, 690002 Россия

³ Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону, 344038 Россия
*e-mail: kalinovskaya@ich.dvo.ru

Поступило в редакцию 6 июля 2023 г.

После доработки 31 августа 2023 г.

Принято к печати 4 сентября 2023 г.

Предложен метод синтеза соединений Eu(III) с *para*-метоксикоричной кислотой с нейтральными лигандами из натриевой соли *para*-метоксикоричной кислоты. Методами химического элементного, термического анализа и ИК спектроскопии установлен состав комплексов и способ координации карбоксилат-анионов. Установлено, что наибольшей интенсивностью люминесценции обладает метоксициннамат европия(III) с гексаметилфосфотриамидом. Получены полимерные материалы на основе синтезированных метоксициннаматов европия(III).

Ключевые слова: термическая устойчивость, метоксициннаматы Eu(III), *para*-метоксикоричная кислота, люминесценция, полимерные материалы

DOI: 10.31857/S0044460X23100098, **EDN:** PKZULM

Разработка перспективных светотрансформирующих полимерных материалов на основе полиэтилена высокого давления и полиметилметакрилата является весьма актуальной [1–7]. Данные композиционные полимеры успешно используются для сельского хозяйства, они усиливают фотобиологическое преобразование солнечного света, повышают продуктивность растений. Создание материалов, обладающих такими специфическими свойствами, достигается путем целенаправленного выбора компонентов – полимерной основы и модифицирующих добавок на основе комплексных соединений *f*-элементов.

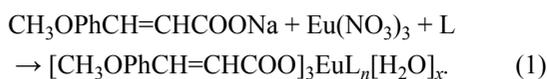
Разнолигандные комплексные соединения лантаноидов с ароматическими кислотами привлекают внимание как перспективные люминофоры [1]. Характерной особенностью такого класса

комплексных соединений редкоземельных элементов является интенсивная люминесценция и высокая фотоустойчивость [2–4]. Ранее были получены и изучены термические [9, 10] и люминесцентные свойства разнолигандных циннаматов лантаноидов островного и полимерного строения [2, 11]. Полученные соединения обладают интенсивной и устойчивой к УФ облучению люминесценцией. Актуален поиск новых люминофоров с производными коричной кислоты, выявление взаимосвязи строения и люминесцентных характеристик и получение на их основе светотрансформирующих полимерных материалов.

В настоящей работе синтезированы новые комплексные соединения европия(III) с *para*-метоксикоричной кислотой состава $[\text{CH}_3\text{OPhCH}=\text{CHCOO}]_3\text{EuL}_n[\text{H}_2\text{O}]_x$, где

$\text{CH}_3\text{OPhCH}=\text{CHCOO}^-$ – анион *para*-метоксикоричной кислоты, L – дифенилгуанидин $[(\text{PhNH})_2\text{C}=\text{NH}]$, трифенилфосфиноксид $(\text{Ph}_3\text{P}=\text{O})$, гексаметилфосфотриамид $\{[(\text{CH}_3)_2\text{N}]_3\text{P}=\text{O}, n = 1, x = 2\}$, диметилформаимид $[(\text{CH}_3)_2\text{NCH}=\text{O}, n = 2, x = 2]$, изучен их состав, способ координации *para*-метоксикоричной кислоты к Eu(III), термические и люминесцентные свойства. На их основе получены новые люминесцирующие полимерные материалы.

Разнолигандные метоксициннаматы европия получены взаимодействием нитрата европия(III) с натриевой солью *para*-метоксикоричной кислоты и нейтральным лигандом по реакции (1).



Полученные разнолигандные комплексные соединения Eu(III) с *para*-метоксикоричной кислотой не разлагаются при длительном хранении. Порошковым дифрактометрическим методом определены кристаллографические параметры полученных комплексных соединений европия(III) с *para*-метоксикоричной кислотой. Фазовый анализ выявил отсутствие линий исходных веществ в рентгенограммах, что свидетельствует о чистоте индивидуальных комплексных соединений (табл. 1). По данным рентгенографического исследования установлено, что *para*-метоксициннамат Eu(III) с дифенилгуанидином и гексаметилфосфотриамидом являются рентгеноаморфными.

Для создания оптических полимерных материалов, применяемых в медицине, сельском хозяйстве, оптоэлектронике необходимо использовать термоустойчивые комплексные соединения редкоземельных элементов. В связи с этим нами было осуществлено изучение термического разложения полученных *para*-метоксициннаматов европия(III).

Термогравиметрический анализ комплексов европия(III) с *para*-метоксикоричной кислотой был проведен в интервале температур 30–800°C. Термическое разложение исследуемых разнолигандных комплексных соединений европия(III) происходит сложно и сопровождается рядом эндо- и экзотермических эффектов (рис. 1). При термоллизе данных соединений в интервале температур 90–106°C наблюдается потеря молекул воды, уча-

ствующих в комплексообразовании. Процесс дегидратации протекает в одну стадию с эндотермическим эффектом.

При дальнейшем нагревании метоксициннаматов европия(III) на кривой ДТА наблюдаются экзотермические эффекты с максимумами в интервале температур 200–400°C, связанные с потерей нейтральных молекул $\{[(\text{CH}_3)_2\text{NCH}=\text{O}, \text{Ph}_3\text{P}=\text{O}, [(\text{CH}_3)_2\text{N}]_3\text{P}=\text{O}]\}$. При температуре 450–490°C начинается окисление *para*-метоксикоричной кислоты, сопровождающееся выделением тепла.

В случае комплексного соединения $[\text{CH}_3\text{OPhCH}=\text{CHCOO}]_3\text{Eu}[(\text{PhNH})_2\text{C}=\text{NH}][\text{H}_2\text{O}]_2$ на второй стадии термического разложения происходит отщепление одной молекулы метоксикоричной кислоты. Этому процессу на кривой ДТА соответствует экзотермический эффект (230°C). Далее наблюдается отщепление молекул нейтрального лиганда (300°C) и метоксикоричной кислоты (350–420°C).

Конечным продуктом термического разложения является оксид европия(III). По термической устойчивости метоксициннаматы европия(III) сопоставимы с метилбензоатами европия(III) [12]. Полученные термические характеристики свидетельствуют о том, что синтезированные *para*-метоксициннаматы европия(III) можно использовать в качестве добавок для внедрения в полимерные материалы.

Определение координации аниона *para*-метоксикоричной кислоты и нейтральных лигандов к иону Eu(III) осуществлялось методом ИК спектроскопии. На наличие депротонированной карбоксильной группы *para*-метоксикоричной кислоты в разнолигандных комплексных соединениях указывает исчезновение полосы деформационного колебания OH-группы при 1000 cm^{-1} [13]. Интенсивные полосы при 1560–1500, 1430–1380 cm^{-1} относятся к $\nu_{\text{as}}(\text{COO}^-)$, $\nu_{\text{s}}(\text{COO}^-)$ бидентатно связанных карбоксильных групп соответственно. Разность частот $\Delta\nu = \nu_{\text{as}}(\text{COO}^-) - \nu_{\text{s}}(\text{COO}^-)$ составляет 110–130 cm^{-1} , что, согласно данным [14, 15] ($\Delta\nu > 100 \text{ cm}^{-1}$), свидетельствует о бидентатной координации COO^- -группы ионом Eu(III).

Поглощение при 1650–1620 cm^{-1} может быть обусловлено валентными колебаниями связей C=C *para*-метоксикоричной кислоты. На координацию

Таблица 1. Рентгенометрические данные метоксициннаматов европия(III) с нейтральными лигандами

<i>d</i> , Å	<i>I</i> , %	<i>d</i> , Å	<i>I</i> , %
[CH ₃ OPhCH=CHCOO] ₃ Eu[(CH ₃) ₂ NCH=O] ₂ [H ₂ O] ₂		[CH ₃ OPhCH=CHCOO] ₃ Eu[Ph ₃ P=O][H ₂ O] ₂	
16.07	21.7	16.12	90.7
12.64	31.5	12.63	61.9
9.96	100.0	10.00	100
8.13	9.8	8.14	25.8
6.84	31.5	6.87	55.7
6.36	18.5	6.37	21.6
5.93	19.6	5.94	17.5
5.57	5.4	5.45	11.3
5.42	5.4	5.02	28.9
5.01	41.3	4.77	11.3
4.64	8.7	4.61	9.3
4.17	27.2	4.24	24.7
3.65	8.7	4.14	30.9
3.47	10.9	3.90	13.4
3.35	10.9	3.68	15.5
3.19	5.4	3.61	10.3
3.13	10.9	3.50	15.5
3.05	19.6	3.35	13.4
2.92	7.6	3.12	14.4
2.75	11.9	3.04	13.4
2.57	7.6	2.95	8.2
2.44	5.4	2.76	7.2
2.40	6.5	2.52	7.2
2.38	10.9	2.38	9.3
2.22	8.7	2.20	10.3
2.20	11.9	2.13	6.2
2.11	5.4		
1.88	5.4		
1.84	7.6		
1.82	5.4		
1.67	5.4		
1.59	6.5		
1.44	5.4		

фосфорсодержащего лиганда к *para*-метоксициннамату европия указывает появление характеристической полосы поглощения $\nu(\text{P}=\text{O})$ в области 1180 см^{-1} . Причем полоса поглощения $\nu(\text{P}=\text{O})$ в ИК спектре полученных соединений смещена в сторону низких частот по сравнению с ее положением в спектрах свободных фосфорсодержащих лигандов [$\nu(\text{P}=\text{O}) \sim 1210\text{--}1195 \text{ см}^{-1}$] на $15\text{--}30 \text{ см}^{-1}$, что свидетельствует о координации последних через фосфорильный кислород [16].

В ИК спектре $[\text{CH}_3\text{OPhCH}=\text{CHCOO}]_3\text{Eu}[(\text{PhNH})_2\text{C}=\text{NH}][\text{H}_2\text{O}]_2$ наблюдается полоса поглощения в области 3400 см^{-1} , которая может быть отнесена к валентным колебаниям NH-группы. Присоединение $(\text{PhNH})_2\text{C}=\text{NH}$ вызвало расщепление полос в области $760\text{--}690 \text{ см}^{-1}$, относящихся к внеплоскостным колебаниям атомов водорода. В области $3620\text{--}3600 \text{ см}^{-1}$ регистрируется размытая полоса, обусловленная валентными колебаниями молекул воды [13].

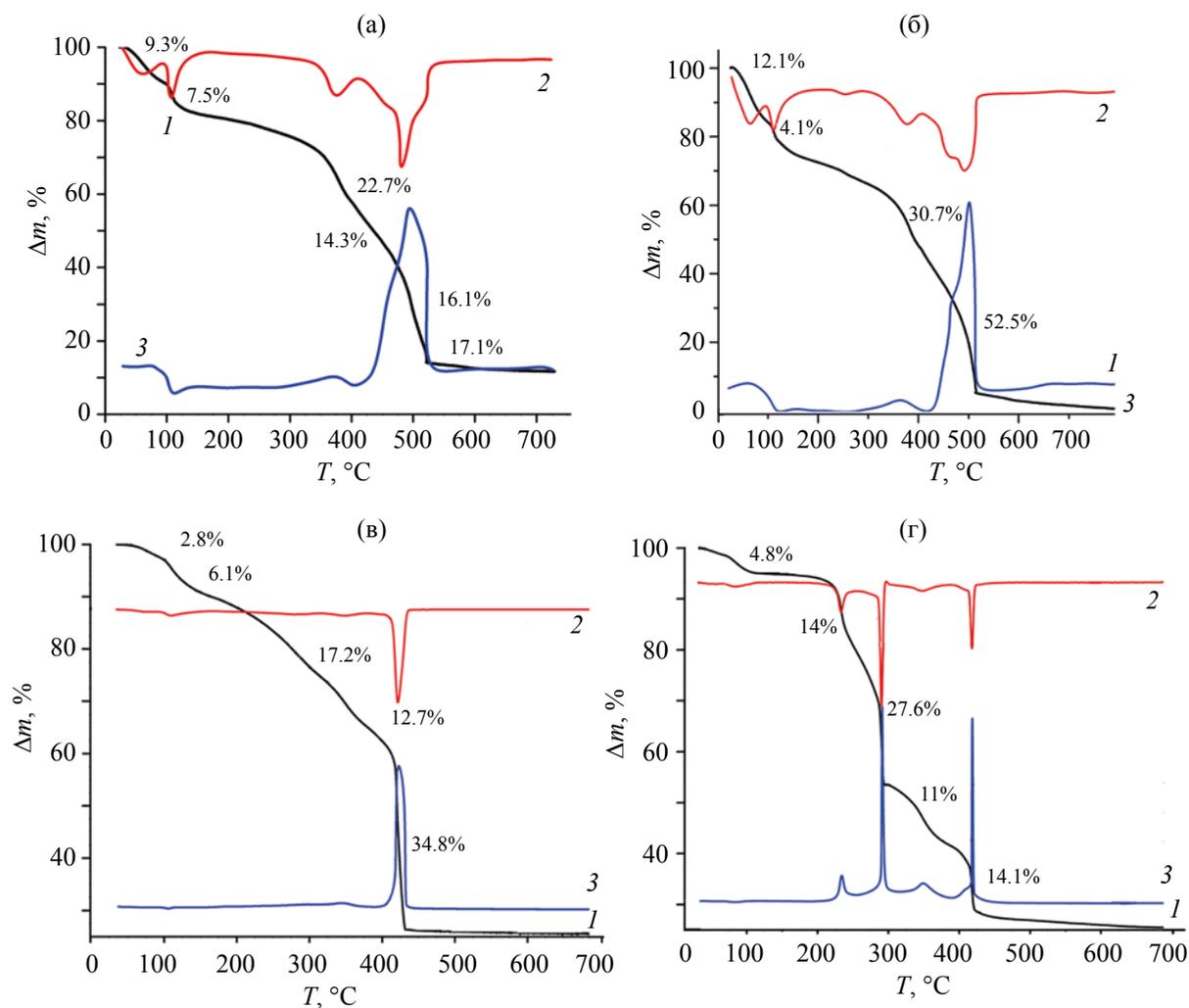


Рис. 1. Термограммы *para*-метоксициннаатов европия(III): $[\text{CH}_3\text{OPhCH}=\text{CHCOO}]_3\text{Eu}[(\text{CH}_3)_2\text{NCH}=\text{O}]_2[\text{H}_2\text{O}]_2$ (а), $[\text{CH}_3\text{OPhCH}=\text{CHCOO}]_3\text{Eu}[(\text{CH}_3)_2\text{N}]_3\text{P}=\text{O}[\text{H}_2\text{O}]_2$ (б), $[\text{CH}_3\text{OPhCH}=\text{CHCOO}]_3\text{Eu}[\text{Ph}_3\text{P}=\text{O}][\text{H}_2\text{O}]_2$ (в), $[\text{CH}_3\text{OPhCH}=\text{CHCOO}]_3\text{Eu}[(\text{PhNH})_2\text{C}=\text{NH}][\text{H}_2\text{O}]_2$ (г). 1 – ТГ, 2 – ДТГ, 3 – ДСК.

Полученные разнолигандные *para*-метоксициннааты европия(III) люминесцируют как при комнатной температуре, так и при 77 К (рис. 2). Общий характер спектров люминесценции по ряду полученных *para*-метоксициннаатов европия(III) с азот- и фосфорсодержащими нейтральными лигандами сохраняется. В спектрах люминесценции комплексных соединений наиболее интенсивные полосы относятся к электродипольному переходу $^5\text{D}_0\text{--}^7\text{F}_2$. Данный переход является наиболее чувствительным к замене нейтрального лиганда в разнолигандных комплексах: наблюда-

ется перераспределение интенсивностей отдельных линий и изменения в структуре расщепления штарковских компонент $^7\text{F}_2$ -уровня. В спектрах люминесценции комплексных соединений в области электродипольного перехода $^5\text{D}_0\text{--}^7\text{F}_2$ наблюдается до 4 компонент. Интенсивность полос магнитодипольного перехода $^5\text{D}_0\text{--}^7\text{F}_1$ на порядок ниже интенсивности полос электродипольного перехода $^5\text{D}_0\text{--}^7\text{F}_2$. Расщепление полос магнитодипольного перехода $^5\text{D}_0\text{--}^7\text{F}_1$ существенно меняется при замене нейтрального лиганда, что указывает на вхождение его в координационную

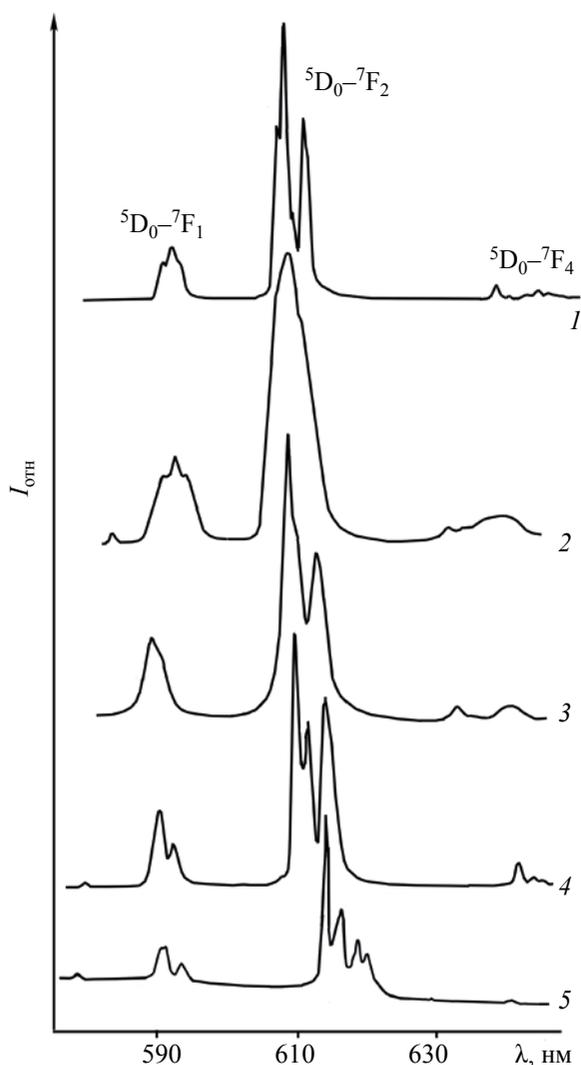
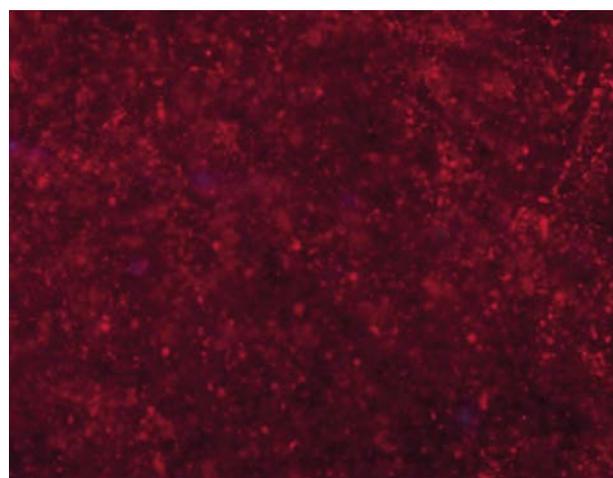


Рис. 2. Спектры люминесценции соединений Eu(III) при 293 К: 1 – $[\text{CH}_3\text{OPhCH}=\text{CHCOO}]_3\cdot\text{Eu}[(\text{CH}_3)_2\text{N})_3\text{P}=\text{O}][\text{H}_2\text{O}]_2$, 2 – $[\text{CH}_3\text{OPhCH}=\text{CHCOO}]_3\cdot\text{Eu}[(\text{PhNH})_2\text{C}=\text{NH}][\text{H}_2\text{O}]_2$, 3 – $[\text{CH}_3\text{OPhCH}=\text{CHCOO}]_3\cdot\text{Eu}[(\text{CH}_3)_2\text{NCH}=\text{O}]_2[\text{H}_2\text{O}]_2$, 4 – $[\text{CH}_3\text{OPhCH}=\text{CHCOO}]_3\cdot\text{Eu}[\text{Ph}_3\text{P}=\text{O}][\text{H}_2\text{O}]_2$, 5 – $[\text{CH}_3\text{OPhCH}=\text{CHCOO}]_3\text{Eu}[\text{H}_2\text{O}]$.

сферу иона европия(III). Наибольшей интенсивностью люминесценции среди полученных комплексных соединений обладает метоксициннамат европия(III) с гексаметилфосфотриамидом (табл. 2). Полученные комплексные соединения обладают интенсивной люминесценцией, флуоресценция метоксициннаматов европия составляет 75–80% от люминесценции известных теноилтрифторацетонатов европия(III).



166 мкм

Рис. 3. Люминесцирующая полиэтиленовая пленка с $[\text{CH}_3\text{OPhCH}=\text{CHCOO}]_3\text{Eu}[(\text{CH}_3)_2\text{N})_3\text{P}=\text{O}][\text{H}_2\text{O}]_2$.

Синтезированные соединения европия(III) были внедрены в полиэтилен высокого давления. Полученные полимерные материалы прозрачны и люминесцируют красным цветом при облучении ультрафиолетовым светом. Спектры люминесценции данных материалов идентичны спектрам индивидуальных комплексных соединений, что свидетельствует о сохранении структуры диспергированных в полимерной матрице люминесцирующих частиц соединений. Методом флуоресцентной микроскопии проведен анализ дисперсности и распределения частиц люминесцирующих соединений в полиэтилене высокого давления. Наблюдается неравномерное распределение частиц в полимерной матрице (рис. 3). В люминесцирующих полимерных материалах присутствуют как мелкие частицы округлой формы размером 6–10 мкм, так и размытые агрегаты мелкодисперсных частиц размером 17–30 мкм.

Таким образом, нами синтезированы новые термоустойчивые соединения европия(III) с *para*-метоксикоричной кислотой, азот- и фосфорсодержащими нейтральными лигандами. Изучены термические свойства полученных комплексных разнолигандных соединений европия(III). Показано, что при термолитическом разложении комплексных соединений отрыв молекулы нейтрального лиганда происхо-

Таблица 2. Относительные интегральные интенсивности полос перехода $^5D_0-^7F_2$ соединений европия(III) с *para*-метоксикоричной кислотой

Соединение	$I_{\text{отн}}, \%$
$[\text{CH}_3\text{OPhCH}=\text{CHCOO}]_3\text{Eu}[(\text{CH}_3)_2\text{N})_3\text{P}=\text{O}][\text{H}_2\text{O}]_2$	100
$[\text{CH}_3\text{OPhCH}=\text{CHCOO}]_3\text{Eu}[(\text{CH}_3)_2\text{NCH}=\text{O}]_2[\text{H}_2\text{O}]_2$	35
$[\text{CH}_3\text{OPhCH}=\text{CHCOO}]_3\text{Eu}[\text{Ph}_3\text{P}=\text{O}][\text{H}_2\text{O}]_2$	23
$[\text{CH}_3\text{OPhCH}=\text{CHCOO}]_3\text{Eu}[(\text{PhNH})_2\text{C}=\text{NH}][\text{H}_2\text{O}]_2$	16

дит в одну стадию с экзотермическим эффектом, комплексные соединения устойчивы до 230°C. Методом ИК спектроскопии показано, что в комплексных разнолигандных *para*-метоксикоричных комплексах европия(III) реализуется бидентатная координация аниона *para*-метоксикоричной кислоты. Получены новые люминесцирующие полимерные материалы на основе высокого давления.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для синтеза соединений использовали $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Ч, АО «Вектон»), *para*-метоксикоричную кислоту (Ч, АО «Вектон»), дифенилгуанидин (97%, АО «Вектон»), трифенилфосфиноксид (99%, Acros organics), диметилформамид (ХЧ, АО «Вектон»), гексаметилфосфотриамид (97%, Sigma-Aldrich), NaOH (ХЧ, АО «Вектон»), 25%-ный водный раствор аммиака (ЧДА, ООО «Сигма Тек»), этиловый спирт (95%, ООО «Гиппократ»). Для термогравиметрии применяли Al_2O_3 (Ч, АО «Вектон»), который прокаливали при 800°C в течение 1 ч. Для получения полимерных материалов использовали полиэтилен высокого давления (размер частиц 500 мкм, Sigma-Aldrich, № 42804-3).

Элементный анализ комплексных соединений выполняли на анализаторе Euro EA 3000 (Eurovector Instruments). Содержание воды определяли титрованием по Фишеру. Содержание европия устанавливали весовым методом, прокаливая навеску вещества до постоянной массы Eu_2O_3 . Рентгенографическое исследование проводили порошковым методом. Порошкограммы образцов снимали на дифрактометре ДРОН-2.0 (НПП «Буревестник») при CuK_α -излучении. Термогравиметрическое исследование проводили с использованием дериватографа Q-1000 (Paulik–Paulik) в открытом платиновом тигле на воздухе. Вещество

сравнения – прокаленный Al_2O_3 (Ч, АО «Вектон»), скорость нагревания – 5 град/мин. ИК спектры регистрировали на приборе Tensor-27 Bruker (4000–350 cm^{-1} , с ошибкой регистрации частот не более 1 cm^{-1}). Исследуемые образцы комплексных соединений $\text{Eu}(\text{III})$ перетирали в агатовой ступке до мелкодисперсного состояния и запрессовывали в таблетки с KBr. Для изучения люминесцентных свойств соединений использовали спектрофлуориметр Shimadzu RF-5000 (293 K).

Полиэтиленовые пленки, с добавками люминесцирующих комплексных соединений $\text{Eu}(\text{III})$, получали методом прессования. Для этого полученные *para*-метоксикоричные комплексы $\text{Eu}(\text{III})$ и порошок полиэтилена высокого давления тщательно перемешивали в ступке и прессовали на гидравлическом прессе при 140°C. Общее содержание люминофора в пленках составляло 0.3–0.5 мас%, толщина пленки – 100 мкм. Для определения распределения и дисперсности полученных соединений европия в полиэтилене высокого давления использовали флуоресцентный микроскоп марки Zeiss Axio Observer (Carl Zeiss, Germany). Один пиксель равен 1.66 мкм.

Синтез $\text{CH}_3\text{OPhCH}=\text{CHCOONa}$. Смесь 0.06 г NaOH, растворенного в 10 мл дистиллированной воды, и 0.27 г *para*-метоксикоричной кислоты, растворенной в 30 мл 95%-ного этилового спирта, перемешивали в течение 20 мин при 30°C. Полученный раствор соли использовали далее без дополнительной очистки.

Общая методика синтеза разнолигандных соединений $\text{Eu}(\text{III})$. К полученному раствору натриевой соли *para*-метоксикоричной кислоты добавляли нейтральный лиганд (0.27 г дифенилгуанидина или 0.28 г трифенилфосфиноксида или 0.2 мл диметилформамида или 0.2 мл гексаметил-

фосфотриамида), растворенный в 10 мл 95%-ного этилового спирта, и 0.22 г $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, растворенного в 5 мл дистиллированной воды. pH реакционной смеси довели до 6–7 10%-ным раствором аммиака. Реакционную смесь интенсивно перемешивали при 50°C в течение 1 ч. Образовавшийся осадок отфильтровывали, промывали дистиллированной водой и сушили на воздухе. Полученные комплексные соединения представляют собой мелкокристаллические порошки белого цвета. Данные соединения мало растворимы в полярных и неполярных растворителях, устойчивы на воздухе.

$[\text{CH}_3\text{OPhCH}=\text{CHCOO}]_3\text{Eu}[(\text{PhNH})_2\text{C}=\text{NH}] \cdot [\text{H}_2\text{O}]_2$. Выход 87%. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3605 (H_2O), 3400 (NH), 2960 (CH), 1650 (C=C), 1600 и 1590 ($\text{C}=\text{C}$)_{Ph}, 1500, 1430 и 1390 (COO^-). Найдено, %: C 55.67; H 4.95; N 4.92; Eu 16.52. $\text{C}_{43}\text{H}_{44}\text{N}_3\text{O}_{11}\text{Eu}$. Вычислено, %: C 55.48; H 4.73; N 4.52; Eu 16.34.

$[\text{CH}_3\text{OPhCH}=\text{CHCOO}]_3\text{Eu}[\text{Ph}_3\text{P}=\text{O}][\text{H}_2\text{O}]_2$. Выход 78%. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3600 (H_2O), 3400 (NH), 2960 (CH), 1640 (C=C), 1600 ($\text{C}=\text{C}$)_{Ph}, 1510, 1440 и 1390 (COO^-), 1180 (PO). Найдено, %: C 57.98; H 4.85; Eu 15.62. $\text{C}_{48}\text{H}_{46}\text{O}_{12}\text{PEu}$. Вычислено, %: C 57.77; H 4.61; Eu 15.25.

$[\text{CH}_3\text{OPhCH}=\text{CHCOO}]_3\text{Eu}[(\text{CH}_3)_2\text{N}]_3\text{P}=\text{O} \cdot [2\text{H}_2\text{O}]_2$. Выход 81%. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3300 (H_2O), 3400 (NH), 2920 (CH), 1620 (C=C), 1590 ($\text{C}=\text{C}$)_{Ph}, 1550, 1510 и 1380 (COO^-), 1180 (PO). Найдено, %: C 48.63; H 5.84; N 4.75; Eu 17.12. $\text{C}_{36}\text{H}_{49}\text{N}_3\text{O}_{12}\text{PEu}$. Вычислено, %: C 48.11; H 5.46; N 4.68; Eu 16.93.

$[\text{CH}_3\text{OPhCH}=\text{CHCOO}]_3\text{Eu}[(\text{CH}_3)_2\text{NCH}=\text{O}]_2 \cdot [2\text{H}_2\text{O}]_2$. Выход 75%. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3300 (NH), 2920 (CH), 1620 (C=C), 1590 ($\text{C}=\text{C}$)_{Ph}, 1550, 1510 и 1380 (COO^-), 1180 (PO). Найдено, %: C 50.21; H 5.62; N 3.68; Eu 17.84. $\text{C}_{36}\text{H}_{45}\text{N}_2\text{O}_{13}\text{Eu}$. Вычислено, %: C 49.94; H 5.20; N 3.24; Eu 17.57.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Задорожная Анна Николаевна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1494-3769>

Калиновская Ирина Васильевна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6858-6595>

ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки (номер темы государственного задания 0265-2014-0001).

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bunzli J.-C.G., Eliseeva S.V. // Chem. Sci. 2013. Vol. 4. N 5. P. 1939. doi 10.1039/C3SC22126A
2. Deacon G.B., Forsyth C.M., Junk P.C., Leary S.G. // Z. anorg. allg. Chem. 2008. Vol. 634. N 1. P. 91. doi 10.1002/zaac.200700359
3. Николаев А.А., Кулясов А.Н., Панюшкин В.Т. // ЖОХ. 2021. Т. 91. № 1. С. 131. doi 10.31857/S0044460X21010145; Nikolaev A.A., Kulyasov A.N., Panyushkin V.T. // Russ. J. Gen. Chem. 2020. Vol. 90. P. 2498. doi 10.1134/S1070363220120439
4. Шевченко О. В., Плеханова Н.Г., Медков М.А., Паричук К.А., Апанасевич В.И., Тананаев И.Г., Юдаков А.А., Лукьянов П.А. // ЖНХ. 2022. Т. 67. № 9. С. 1225. Shevchenko O.V., Plekhova N.G., Medkov M.A., Parichuk K.A., Apanasevich V.I., Tananaev I.G., Yudaakov A.A., Lukyanov P.A. // Russ. J. Inorg. Chem. 2022. Vol. 67. N 9. P. 1361. doi 10.1134/S003602362209011X
5. Kalinovskaya I.V., Zadorozhnaya A.N. // Mol. Struct. 2017. Vol. 1157. P. 14. doi 10.1016/j.molstruc.2017.11.035
6. Kalinovskaya I.V. // Mol. Struct. 2018. Vol. 1173. P. P. 328. doi 10.1016/j.molstruc.2018.06.118
7. Kataoka H., Kitano T., Takizawa T., Hirai Y., Nakanishi T., Hasegawa Y. // J. Alloys Compd. 2014. Vol. 601. P. 293. doi 10.1016/j.jallcom.2014.01.165
8. Hasegawa Y., Nakanishi T. // RSC. Adv. 2015. Vol. 5. P. 338. doi 10.1039/C4RA09255D
9. Carvalho Filho M.A.S., Ionashiro M. // Eclat. Quim. 1998. Vol. 23. P. 9.
10. Carvalho Filho M.A.S., Fernandes N.S., Leles M.I.G., Mendes R., Ionashiro M. // J. Therm. Anal. Calorim. 2000. Vol. 59. P. 669. doi 10.1023/A:1010181032172
11. Emelina T., Zadorozhnaya A., Kalinovskaya I., Mirochnik A. // Spectrochim. Acta (A). 2020. Vol. 225. ID 117481. doi 10.1016/j.saa.2019.117481
12. Калиновская И.В., Задорожная А.Н., Привар Ю.О. // ЖОХ. 2021. Т. 91. № 2. С. 238. doi 10.31857/S0044460X21020074; Kalinovskaya I.V., Zadorozh-

- naya A.N., Privar Yu.O.* // Russ. J. Gen. Chem. 2021. Vol. 91. N 2. P. 196. doi 10.1134/S1070363221020079
13. *Накамото К.* Инфракрасные спектры неорганических и координационных соединений. М.: Мир, 1991. 536 с.
14. *Misra S.N., Singh M.* // J. Ind. Chem. Soc. 1983. Vol. 60. N 2. P. 115.
15. *Pimentel P.M., Oliveira V.S., Silva Z.R., Melo D.M.A., Zinner L.B., Vicentini G., Bombieri G.* // Polyhedron. 2000. Vol. 19. P. 2651. doi 10.1016/S0277-5387(01)00868-3
16. *Беллами Л.* Инфракрасные спектры сложных молекул. М.: ИЛ, 1963. 590 с.; *Bellamy L.J.* The infra-red spectra of complex molecules. London: Methuen & Co. Ltd, 1963.

New Europium(III) Methoxycinnamates Complex: Synthesis, Thermal and Luminescence Properties

I. V. Kalinovskaya^{a,*}, A. N. Zadorozhnaya^b, and I. A. Estrin^c

^a Institute of Chemistry, Far-Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, 690022 Russia

^b Pacific State University of Medicine, Vladivostok, 690002 Russia

^c Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, 344038 Russia

*e-mail: kalinovskaya@ich.dvo.ru

Received July 6, 2023; revised August 31, 2023; accepted September 4, 2023

A method was proposed for the preparative synthesis of mixed-ligand Eu(III) compounds with *para*-methoxycinnamic acid, ligands from the sodium salt of *para*-methoxycinnamic acid. It was found that europium(III) methoxycinnamate with hexamethylphosphotriamide has the highest luminescence intensity. Luminescent polymer materials with synthesized europium(III) methoxycinnamates were obtained.

Keywords: thermal stability, Eu(III) methoxycinnamates, *para*-methoxycinnamic acid, luminescence, polymer materials