

6. При реализации биогазового комплекса большой мощности не предусматривается его поэтапное строительство и ввод в эксплуатацию.

7. Отсутствует необходимое приборное оборудование для технологического контроля исходного сырья и сбраживаемого субстрата.

8. Не выполняются в срок регламентные работы по техническому обслуживанию и ремонту оборудования.

В заключении хотелось бы отметить, что для повышения эффективности биогазовых комплексов необходимо учитывать:

- все указанные современные проблемы биогазовых комплексов (необходимость их устранения в процессе проектирования, строительства и эксплуатации новых комплексов очевидна);

- электрическую эффективность когенерационной установки (высокая загрузка когенерационной установки возможна только при условии быстрого проведения работ по техобслуживанию биогазовой установки; чем старше установка, тем важнее этот аспект);

- затраты и количество технических осмотров и обслуживания;

- применение тепловой энергии, вырабатываемой когенерационной установкой, (собственное потребление теплоты составляет только около 30 %);

- количество входящих субстратов (регулярное измерение вязкости и пригодности к перемешиванию позволяет своевременно обнаружить нарушения в концентрации субстратов, при этом эксплуатирующее предприятие может заранее реагировать на изменения загружаемого сырья) и затраты на них (одной из основных составляющих являются затраты на сырье, составляющие около 50% от общей суммы затрат на эксплуатацию установки);

- затраты на логистику (очень важный вопрос, так как, например, на биогазовом комплексе СПК «Рассвет» им. Орловского при работе установки 8400 ч в год требуется перевести 34 тыс. т кукурузного силоса и 112 тыс. т навоза крупного рогатого скота);

- затраты на обслуживающий и работающий персонал [4].

Список использованной литературы

1. Биоэнергетика: пособие/ Коротинский В.А., Гаркуша К.Э. – Минск: БГАТУ, 2011 – 148 с.
2. Закон Республики Беларусь «О возобновляемых источниках энергии» от 27 декабря 2010 г. №204-З.
3. Биогаз: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Биогаз>.
4. Постановление № 29 Министерства экономики РБ от 8.04.2014 «О внесении изменений в Постановление Министерства экономики Республики Беларусь от 30 июня 2011 г. №100».

УДК 535.37

Арабей С.М., доктор физико-математических наук, доцент,
Станишевский И.В., кандидат физико-математических наук, доцент
Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск
Павич Т.А., кандидат химических наук
Институт физики им. Б.И.Степанова НАН Беларуси, г. Минск

ФОТО- И ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТЬ КОМПЛЕКСОВ ЕВРОПИЯ С ОРГАНИЧЕСКИМИ МОЛЕКУЛАМИ

Исследования специфики образования комплексов редкоземельных ионов (РЗИ) с органическими молекулами (лигандами) и динамики обменных процессов в координационной сфере являются актуальными в современной молекулярной спектроскопии [1], биофизике и

ряде смежных прикладных наук. Благодаря своим уникальным оптическим свойствам, комплексные соединения РЗИ видятся перспективными в биологических и медицинских разработках [2], при изучении биологических процессов *in vitro* и *in vivo* [3]. Они успешно используются в качестве люминесцентных зондов для диагностики злокачественных новообразований [4] и иммунологических обследований [5], применяются в магнитно-резонансной томографии как контрастные агенты. Более глубокое понимание закономерностей и механизмов их биологического действия требует, в первую очередь, научного обоснования влияния количественного и качественного состава лигандного окружения РЗИ на фото- и термостабильность комплексов, как примесных центров, образуемых с их участием, в различных по природе матричных системах, включая биомолекулярные. В работе представлены результаты исследований фото- и термостабильности европиевых комплексов в твердотельных силикатных материалах.

В качестве объектов исследования выбраны европиевые комплексы: европий(III)-трис[(бромбензоил)трифторацетон]трифенилфосфиноксид ($\text{Eu}[(\text{Br-B})\text{TFA}]_3 \cdot \text{TFFO}$) и европий(III)-трис[ди(бромбензоил)метан]фенантролин ($\text{Eu}[\text{D}(\text{Br-B})\text{M}]_3 \cdot \text{Фен}$), внедренные в силикатные гель-матрицы. Исследуемые европиевые комплексы внедрялись в два типа силикатных матриц: двухкомпонентную ФТМОС/МТМОС (ФТМОС – фенилтриметоксисилан, МТМОС – метилтриметоксисилан) и трехкомпонентную ФТМОС/МТМОС/ГПТМОС (ГПТМОС – глицидоксипропилтриметоксисилан).

Как показали эксперименты, комплекс $\text{Eu}[(\text{Br-B})\text{TFA}]_3 \cdot \text{TFFO}$ оказался фотостабильным не только при комнатной температуре, но и при температурах вплоть до 120 °С в двух типах силикатных матриц. Наоборот, комплекс $\text{Eu}[\text{D}(\text{Br-B})\text{M}]_3 \cdot \text{Фен}$ в силикатной ФТМОС/МТМОС матрице проявляет фотонестабильность уже при комнатной температуре. На рисунке 1 показано изменение интенсивности его люминесценции от времени при воздействии импульсов светодиодного лазера ($\tau_{\text{имп}} \approx 140$ мс, $P_{\text{имп}} \approx 2$ мВт, $\lambda_{\text{возб}} = 405$ нм). С увеличением светового воздействия (частоты следования импульсов) увеличивается абсолютное уменьшение интенсивности люминесценции $\text{Eu}[\text{D}(\text{Br-B})\text{M}]_3 \cdot \text{Фен}$: при частоте 0,03 Гц интенсивность за 5 минут лазерного воздействия уменьшилась на ~24 %, при 0,1 Гц – на ~45 % и при 0,33 Гц – на ~55%. При этом кинетические кривые падения интенсивности люминесценции моноэкспоненциальны с характерными временами 8,0; 4,3 и 2,7 мин, соответственно. Важно отметить, что во время темновой паузы между сериями лазерных импульсов, наблюдается незначительный процесс восстановления интенсивности люминесценции – после 5-ти минутной паузы интенсивность свечения возрастает на ~5 %.

В трехкомпонентной ФТМОС/МТМОС/ГПТМОС силикатной гель-матрице комплекс $\text{Eu}[\text{D}(\text{Br-B})\text{M}]_3 \cdot \text{Фен}$ более фотостабилен – под действием 100 лазерных импульсов интенсивность люминесценции уменьшается только на ~8 %. При повышении температуры до 120 °С данный образец не проявляет изменения интенсивности во время лазерного возбуждения, т.е. практически становится фотостабильным.

Для объяснения полученных экспериментальных данных можно выдвинуть две гипотезы. В основе первой лежат фотохимические и/или фотофизические структурные изменения комплекса под действием лазерного возбуждения (изменение лигандного состава, локального матричного окружения и др.), в результате чего эффективность излучательных и безызлучательных внутрикомплексных процессов смещается в пользу последних. Вторая гипотеза основана на возможном локальном разогреве возбуждаемого объема допированной силикатной матрицы, который по-разному влияет на отдельные комплексы.

Для проверки первой гипотезы исследовано изменение спектров люминесценции от времени фотовозбуждения $\text{Eu}[\text{D}(\text{Br-B})\text{M}]_3 \cdot \text{Фен}$ в силикатной ФТМОС/МТМОС матрице при комнатной температуре. На вставке рисунка 2а указаны длительности лазерного возбуждения образца, после чего были зарегистрированы изображенные спектры люминесценции. Видно, что с увеличением длительности лазерного воздействия общая интенсивность люминесцен-

ции существенно падает. При этом имеет место незначительное уширение коротковолновой компоненты (полосы с максимумом при 612,0 нм) сверхчувствительного к локальному окружению $^5D_0 \rightarrow ^7F_2$ -перехода. Спектральная кривая разности спектров 1 и 5, нормированных в максимуме 612 нм (рисунок 2б), показывает, что на коротковолновом склоне этой полосы наблюдается увеличение относительной интенсивности люминесценции, и ее ослабление в области 612-625 нм. Эти экспериментальные данные подтверждают гипотезу о незначительном структурном изменении примесного центра «европиевый комплекс – матричное окружение» под действием лазерного возбуждения, что и проявляется при временной эволюции его спектра люминесценции (рис. 2).

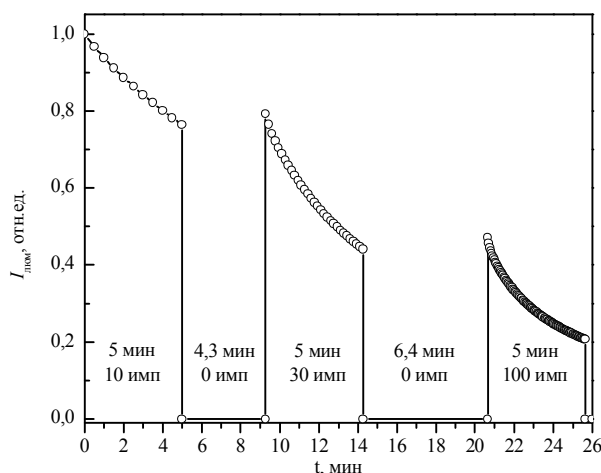


Рисунок 1. Изменение интенсивности люминесценции $\text{Eu}[\text{Д(Вг-Б)М}]_3 \cdot \text{Фен}$ в силикатной ФТМОС/МТМОС матрице при 20°C от длительности фотовозбуждения и частоты лазерных импульсов ($\lambda_{\text{возб}} = 405$ нм, $\lambda_{\text{рег}} = 612$ нм)

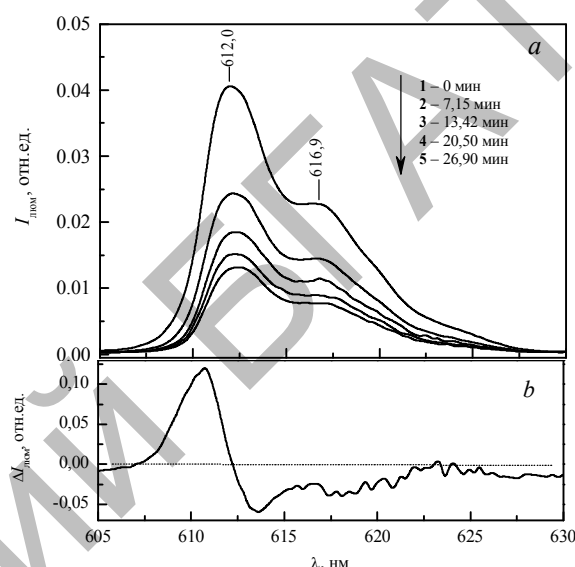


Рисунок 2. а) Эволюция спектров люминесценции $\text{Eu}[\text{Д(Вг-Б)М}]_3 \cdot \text{Фен}$ в силикатной ФТМОС/МТМОС матрице при 20°C и $\lambda_{\text{возб}} = 405$ нм (время начала регистрации каждого спектра отмечено на вставке). б) Кривая разности спектров 1 и 5, нормированных в максимуме 612 нм

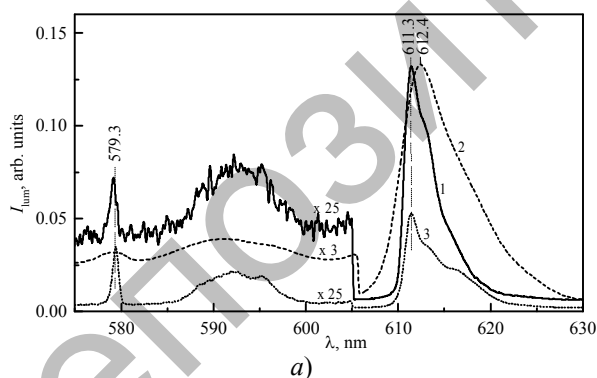


Рисунок 3. Спектры люминесценции $\text{Eu}[(\text{Вг-Б})\text{ТФА}]_3 \cdot \text{ТФФО}$ (а) и $\text{Eu}[\text{Д(Вг-Б)М}]_3 \cdot \text{Фен}$ (б) в силикатных ФТМОС+МТМОС/ГПТМОС матрицах при 20°C (1,3) и 120°C (2). Спектр (1) до и (3) после нагревания. $\lambda_{\text{возб}} = 405$ нм

Для проверки второй гипотезы выполнены эксперименты по исследованию влияния температуры на спектры люминесценции двух европиевых комплексов в силикатных ФТМОС/МТМОС/ГПТМОС гель-матрицах. Эксперимент показал, что при увеличении температуры наблюдается падение интенсивности люминесценции комплекса $\text{Eu}[(\text{Вг-Б})\text{ТФА}]_3 \cdot \text{ТФФО}$ в силикатной матрице. При этом, как видно из рисунка 3а, при температуре силикатной матрицы 120 °C спектр люминесценции комплекса заметно уширяется (кривая 2) с незначительным

смещением максимумов полос по сравнению с положением полос при 20 °С (кривая 1). Охлаждение образца до исходной температуры (20 °С) практически восстанавливает спектр люминесценции (кривая 3), за исключением изменения соотношения пиковых интенсивностей полос (сравни кривые 1 и 3).

Температурное поведение спектров люминесценции $\text{Eu}[\text{D}(\text{Br-B})\text{M}]_3 \cdot \text{Фен}$ в ФТМОС+МТМОС/ГПТМОС матрице демонстрирует рисунок 3б. В принципе, поведение аналогичное предыдущему комплексу – при 120 °С спектр уширяется со смещением полос. Отличие в том, что до и после нагревания спектры люминесценции практически идентичны (сравни кривые 1 и 3 на рисунке 3б).

Полученные экспериментальные температурные данные демонстрируют реальные возможности тушащего действия молекул воды, указывают на эффективные внутри- и внекомплексные способы ее вытеснения из ближайшего к иону Eu^{3+} окружения.

Результаты, полученные в настоящей работе позволяют приблизиться к пониманию механизмов динамики обменных процессов в координационной сфере европиевых комплексов на молекулярном уровне, понять особенности их фото- и термопревращений и стимулировать дальнейшие исследования в этой области.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект №Ф17-005).

Список использованной литературы

1. Станишевский И.В., Павич Т.А., Арабей С.М. // Оптика и спектроскопия, 2019, т. 126, №2. – С. 133–139.
2. Eliseeva S.V., Bünzli J.-C.G. // Chem. Soc. Rev., 2010, V. 39, № 18, P. 189.
3. Жердева В.В., Савицкий А.П. // Успехи биол. химии., 2012, Т. 52, С. 315.
4. Павич Т.А., Воробей А.В., Арабей С.М., Соловьев К.Н. // Журнал прикладной спектроскопии, 2012, Т. 79, № 4, С. 664–668.
5. Lovgren T., Pettersson K., in: K. Van Dyke, R. Van Dyke (Eds.), Luminescence Immunoassay and Molecular Application, CRC Press, Florida, 1990, 233 p.

УДК 636.085.6

Антонишин Ю.Т., кандидат технических наук, доцент, Турцевич Е.Ф.
Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

КОМПОЗИЦИОННЫЙ ПЛАСТИК ИЗ ПЕРЬЕВ КУР

Пластмассы – это материалы, полученные на основе синтетических или естественных полимеров (смола). Синтезируются полимеры путем полимеризации или поликонденсации мономеров в присутствии катализаторов при строго определенных температурных режимах и давлениях.

В полимер с различной целью могут вводиться наполнители, стабилизаторы, пигменты, могут составляться композиции с добавкой органических и неорганических волокон, сеток и тканей.

Таким образом, пластмассы в большинстве случаев являются многокомпонентными смесями и композиционными материалами, у которых технологические свойства в основном определяются свойствами полимера.

Почти все известные виды полимерных соединений и пластмасс производятся из каменного угля, природного газа и нефти. Если быть точнее, процентное соотношение достигает отметки в 99 %. Следовательно, окружающие нас привычные вещи, такие как упаковочные и строительные материалы, элементы автомобилей, некоторые виды текстиля, детали электронных устройств изготавливаются из невозобновляемых ресурсов. Однако еще во второй половине XX века были придуманы технологии по получению полимеров из сырья растительного происхождения: кукуруза; пшеница и другие зерновые культуры; картофельный крахмал;