

То есть, первыми клиническими признаками USS являются острая микроангиопатия, характеризующаяся микроангиопатической гемолитической анемией, тяжелой тромбоцитопенией и сосудистыми микротромбами. В результате возникающие ишемические поражения могут поражать любой орган, включая плаценту. Во время беременности изменения в системе гемостаза предрасполагают пациентку к гиперкоагуляции, которая постепенно возвращается к норме примерно через шесть недель после родов [4].

Большинство больниц технологически не оснащены для постановки полного диагноза, и в настоящее время терапевтическое решение может быть отложено из-за легкости допущения ошибок в определении патологии ADAMTS13, что приводит к задержкам с серьезными последствиями для беременной. Лечение должно быть скорректировано в соответствии с акушерской оценкой, что потребует интеграции телемедицины [5].

**Заключение.** Акушеры-гинекологи должны быть осведомлены о редком и смертельном заболевании – тромботической тромбоцитопенической пурпуре при синдроме Апшоу-Шульмана. Настоятельно рекомендуются междисциплинарные подходы для снижения риска ошибочного диагноза. Мониторинг уровня ADAMTS13 в сыворотке крови проводится при планировании последующей беременности.

Следует учитывать долгосрочные осложнения ТТР: ишемические инсульты, вторичные гипертонии, ишемическую болезнь сердца, когнитивные отклонения и снижение качества жизни.

Беременность с синдромом Апшоу-Шульмана станет одной из основных областей акушерских разработок в ближайшие годы, необходимы дальнейшие высококачественные исследования для формирования лучших терапевтических инноваций и возможностей в будущем.

### Список литературы

1. An open conformation of ADAMTS-13 is a hallmark of acute acquired thrombotic thrombocytopenic purpura / E. Roose, A.S. Schelpe, B.S. Joly [et al.] // Journal of Thrombosis and Haemostasis. – 2018. – Vol. 16, № 2. – P. 378-388.
2. Thrombotic microangiopathies of pregnancy: Differential diagnosis / M. Gupta, B.B. Feinberg, R.M. Burwick // Hypertension in Pregnancy. – 2018. - P. 29-34.
3. A successfully treated case of an acute presentation of congenital thrombotic thrombocytopenic purpura (Upshaw-Schulman syndrome) with decreased ADAMTS13 during late stage of pregnancy / T. Nonaka, M. Yamaguchi, K. Nishijima [et al.] // Journal of Obstetrics and Gynaecology Research. – 2021. – Vol. 47, № 5. – P. 1892-1897.
4. Hereditary Thrombotic Thrombocytopenic Purpura / J.A. Kremer Hovinga, J.N. George // The New England Journal of Medicine. – 2019. – Vol. 381, № 17. – P. 1653-1662.
5. ADAMTS-13 and von Willebrand factor: a dynamic duo / K. South, D.A. Lane // Journal of Thrombosis and Haemostasis. – 2018. - Vol. 16, № 1. – P. 6-18.

## ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНТИСТОКСОВЫХ ЛЮМИНОФОРОВ В СТОМАТОЛОГИИ

Казумова А. Б.

Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова

*В современном мире фотолюминесцентные материалы или люминофоры активно используются в науке, технике и медицине. Цель исследования: ингибирование градиентной полимеризации композитов с помощью антистоксовых люминофоров. Материалы и методы. Проведен синтез и анализ веществ состава  $NaYxF_4$  с добавками иттербия, эрбия, тулия и гадолия. Результаты. Благодаря включению антистоксовых люминофоров в композитные смолы инфракрасное излучение может активировать внутреннее излучение синего цвета этих материалов и реакцию их полимеризации, увеличивая микротвердость пломбировочного материала. Заключение. Антистоксовые люминофоры являются перспективным методом повышения степени конверсии композитов.*

*Ключевые слова: антистоксовые люминофоры; фотополимеризация; стоматологические композиты*

**Введение.** Люминесценция – нетепловое свечение вещества, происходящее после поглощения им энергии возбуждения [1, 2]. Одним из основных законов люминесценции является правило Стокса, которое гласит что длина волны люминесценции больше или равна длине волны возбуждения [3]. Из правила Стокса есть исключения. Если длина волны

люминисценции меньше или равна длине волны возбуждения, то такая люминисценция называется антистоксовой [4].

Механизмом антистоксовой люминисценции для редкоземельных элементов является кооперативная сенсбилизация [5]. Ионы  $\text{Yb}^{3+}$  поглощают инфракрасный фотон и передают энергию возбуждению одному иону  $\text{Tm}^{3+}$  или одному иону  $\text{Er}^{3+}$ , переводя их в высокие возбужденные электронные состояния, которые затем испускают фотон высокой энергии.

**Целью работы** явились синтез и анализ веществ на основе редкоземельных металлов, проявляющие антистоксовую люминесценцию, оценка их роли в полимеризации композитов.

Для выполнения данной цели были поставлены следующие задачи: оптимизация условий синтеза соединений состава  $\text{NaY}_x\text{Gd}_y\text{Yb}_z\text{Er}_m\text{F}_4$  и  $\text{NaY}_x\text{Gd}_y\text{Yb}_z\text{Tm}_m\text{F}_4$ , исследование морфологии и строения полученных соединений, исследование люминесцентных свойств, разработка методики полимеризации стоматологических композитов.

**Материалы и методы исследования.** Объектами исследования являются вещества состава  $\text{NaY}_x\text{F}_4$  с добавками иттербия, эрбия, тулия и гадолия.

Методика синтеза включает следующие этапы:

- 1) Растворение хлоридов редкоземельных элементов в воде (0,75 ммоль  $\text{ReeCl}_3$  ( $\text{Ree} = \text{Y}, \text{Yb}^{3+}, \text{Tm}^{3+}, \text{Er}^{3+}, \text{Gd}^{3+}$ ) до 5 мл) с получением  $\text{YCl}_3 + \text{YbCl}_3 + \text{TmCl}_3 / \text{ErCl}_3$
- 2) Добавление 3 мМ  $\text{H}_3\text{Cit}$  на 15 минут
- 3) Добавление 9 мМ  $\text{NaOH}$  на 30 минут
- 4) Добавление предварительно смешиваемых в течение 30 минут 11 ммоль  $\text{NaOH}$  в 5 мл воды и 11 ммоль  $\text{NH}_4\text{F}$  в 5 мл воды. Полученный коллоидный раствор содержит исследуемые наночастицы
- 5) Помещение смеси в автоклав на 24-96 часов при  $180^\circ\text{C}$
- 6) Выделение и очистка центрифугированием
- 7) Сушка образцов при  $60^\circ\text{C}$  24 часа

**Результаты исследования.** Для исследования морфологии и свойств синтезированных соединений использованы современные физико-химические методы. Данные оптической показали, что кристаллы имеют размер около 1 мкм, однако разрешающей способности оптического микроскопа недостаточно, чтобы определить их форму.

SEM (сканирующая электронная микроскопия) показала, что частицы имеют форму гексагональной призмы диаметром и длиной около 1 мкм, при этом длина грани составляет 0,6 мкм.

Данные атомно-силовой микроскопии показали, что увеличение времени синтеза ведет к росту кристаллов в длину.

С помощью рентгенофазового анализа показано, что образцы состоят из одной гексагональной фазы  $\beta\text{-NaYF}_4$ .

EDX (энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия) подтвердила качественный состав синтезированных образцов.

Спектр комбинационного рассеяния (Raman) содержит широкую полосу на  $3500\text{ см}^{-1}$ , которая была отнесена к валентным колебаниям гидроксильных групп, вероятно покрывающим поверхность частиц. Таким образом доказано, что поверхность частиц гидрофилизирована  $\text{OH}^-$  группами, что объясняет легкое образование коллоидного раствора в воде и агрегацию в неполярных растворителях, таких как дихлорметан.

С помощью инфракрасного лазера визуально оценили люминесцентные свойства образцов. Образцы, содержащие в своём составе  $\text{Yb}^{3+}\text{-Er}^{3+}$  пару излучают зелёный свет, а  $\text{Yb}^{3+}\text{-Tm}^{3+}$  пару – синий.

Для количественного анализа люминесценции использован фотолюминесцентной спектроскопии. Образцы, содержащие  $\text{Yb}^{3+}\text{-Er}^{3+}$  пару, имеют два максимума на спектрах люминесценции на длинах волн 541 и 656 нм, что соответствует зелёной и красной областям видимого спектра. Также существует зависимость интенсивности люминесценции от концентрации  $\text{Er}^{3+}$  в образце. При увеличении количества  $\text{Er}^{3+}$  от нуля интенсивность сначала

возрастает, после чего начинает падать. Введение 5%  $Gd^{3+}$  в образец позволило увеличить интенсивность люминесценции в 1,5 раза без изменения формы спектра.

Образцы, содержащие  $Yb^{3+}-Tm^{3+}$  пару, имеют на спектрах люминесценции два максимума на длинах волн 476 и 657 нм, что соответствует синей и красной областям видимого спектра. Также существует зависимость интенсивности люминесценции от концентрации Tm в образце. При увеличении количества Tm от нуля интенсивность сначала возрастает, после чего начинает падать. Введение 5%  $Gd^{3+}$  в образец позволило увеличить интенсивность люминесценции в 2,5 раза без изменения формы спектра.

Заключительным этапом работы стала разработка методики полимеризации композита. Комбинированное 20-секундное ультрафиолетовое и 20-120-секундное инфракрасное облучение значительно (на 60,7%) увеличили микротвердость (оценена по Кнупу) поверхности и внутренних структур по сравнению с соответствующими уровнями только ультрафиолетового облучения. Комбинированное отверждение может быть эффективным подходом к полимеризации стоматологических композитов, в то время как интенсивность люминесценции зависит от конкретного размера и содержания частиц антистоксовых люминофоров. Включение 5-10% данных частиц облегчает полимеризацию стоматологических композитов в ближней инфракрасной области спектра. Предполагается, что антистоксовые люминофоры могут использоваться в качестве вспомогательных наполнителей, а не как составные части стоматологического композита.

**Выводы.** Разработана методика гидротермального синтеза соединений состава  $NaY_xGd_yYb_zEr_mF_4$  и  $NaY_xGd_yYb_zTm_mF_4$ . Синтезированные образцы состоят из частиц в форме гексагональной призмы размером около 1 мкм. Образцы состоят из гексагональной  $\beta$ - $NaYF_4$  кристаллической фазы. Образцы, содержащие  $Er^{3+}$  и  $Yb^{3+}$  проявляют желто-зеленую антистоксовую люминесценцию на 541 и 656 нм, содержащие  $Tm^{3+}$  и  $Yb^{3+}$  – синюю антистоксовую люминесценцию на 476 и 657 нм при инфракрасной накачке на 980 нм. Образцы, состава  $NaY_{0,75}Gd_{0,05}Yb_{0,05}Er_{0,01}F_4$  и  $NaY_{0,75}Gd_{0,05}Yb_{0,05}Tm_{0,01}F_4$  обладают наиболее интенсивной антистоксовой люминесценцией. Разработана методика полимеризации стоматологического композита, комбинированного с частицами антистоксовых люминофоров.

Необходима дальнейшая оценка для определения промышленной и биологической целесообразности включения антистоксовых люминофоров в реставрационные материалы на основе смол.

### Список литературы

1. Chuang SF, Liao CC, Lin JC, Chou YC, Lee TL, Lai TW. Novel Polymerization of Dental Composites Using Near-Infrared-Induced Internal Upconversion Blue Luminescence. *Polymers (Basel)*. 2021 Dec 9;13(24):4304. doi: 10.3390/polym13244304. PMID: 34960853; PMCID: PMC8704827.
2. Jan Valenta Absolute up- and down-conversion luminescence efficiency in hexagonal  $Na(Lu/Y/Gd)F_4$ : Yb, Er/Tm/Ho with optimized chemical composition / Jan Valenta, Anton Repko, Michael Greben, Daniel Nizňansk // *AIP Advances*. -2018. - 8. - P. 075226.
3. Tao Jiang Hydrothermal Synthesis and Aspect Ratio Dependent Upconversion Luminescence of  $NaYF_4:Yb^{3+}/Er^{3+}$  Microcrystals / Tao Jiang, Weiping Qin, Jun Zhou // *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*. - 2016. - 16. - P.3806-3810.
4. LI Song OH<sup>-</sup> ions-controlled synthesis and upconversion luminescence properties of  $NaYF_4:Yb^{3+}$ ,  $Er^{3+}$  nanocrystals via oleic acid-assisted hydrothermal process / LI Song, YE Song, CHEN Xiao, LIU Tianhua, GUO Zhuang, WANG Deping // *JOURNAL OF RARE EARTHS*. - 2017. - 35(8). -P.753.
5. Olivija Plohl Influence of the Synthesis Parameters on the Properties of  $NaYF_4:Yb^{3+},Tm^{3+}$  Nanoparticles / Olivija Plohl, Boris Majaron, Maja Ponikvar-Svet, Darko Makovec and Darja Lisjak // *Acta Chim. Slov.* - 2015. - 62. - P. 789-795.