

## Фотоэлектрохимические исследования $H^*$ -агрегатов индотрикарбоцианинового красителя

Н.В. Белько<sup>1</sup>, М.П. Самцов<sup>1</sup>, А.М. Мальтанова<sup>2</sup>, С.К. Позняк<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко  
Белорусского государственного университета, Минск

<sup>2</sup> Научно-исследовательский институт физико-химических проблем  
Белорусского государственного университета, Минск

E-mail: nikita.belko@gmail.com

Цианиновые красители играют важную роль в науке и технике благодаря своим оптическим и электрохимическим свойствам [1, 2]. Одной из ключевых особенностей соединений данного класса является их способность к агрегации в водной среде [3]. Молекулярные агрегаты цианиновых красителей часто имеют нанометровые масштабы и могут быть использованы в качестве элементов молекулярной электроники, солнечных элементов, фото- и светодиодов [4, 5].

В данной работе исследуются спектральные свойства индотрикарбоцианинового красителя в водном растворе и на подложке, а также его фотоэлектрохимическая активность.

Исследуемое соединение представляет собой симметричный катионный индотрикарбоцианиновый краситель (Рис. 1), синтезированный в НИИПФП им. А.Н. Севченко БГУ.

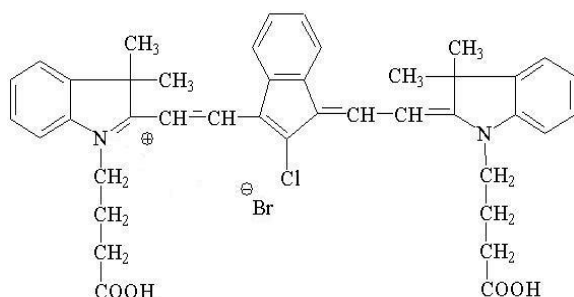


Рис. 1. Структурная формула исследуемого красителя

Поскольку исследуемый краситель является гидрофобным, ранее его водные растворы получали путем введения исходного этанольного раствора в водную среду [6]. Однако такой метод вносил ограничения по концентрации красителя. В связи с этим разработан метод, не требующий применения органических растворителей. Данный метод включает длительную обработку (~100 мин) водной суспензии частиц красителя ультразвуком. При этом часть молекул красителя переходит в растворенное состояние, что подтверждается наличием в спектре поглощения полос красителя. После завершения ультразвуковой обработки наблюдается седиментация нерастворенных частиц красителя. Через ~10 суток

после приготовления супернатант отделяют от осадка и используют в экспериментах.

Фотоэлектрохимические измерения производились для красителя, нанесенного из водного раствора на стеклянную подложку с проводящим слоем  $\text{SnO}_2:\text{F}$ . Высушенный на воздухе электрод погружали в раствор, содержащий 0,25 М  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и 2 мМ гидрохинона. Спектр фотодействия регистрировали при потенциале 0,25 В относительно стандартного каломельного электрода.

В спектре поглощения водного раствора красителя (Рис. 2, кривая 1) проявляется узкая полоса поглощения с максимумом на 514 нм, которая соответствует  $\text{H}^*$ -агрегатам [6]. Форма длинноволновой полосы с максимумом при 680 нм определяется суперпозицией поглощения мономеров и димеров, максимумы поглощения которых в водном растворе приходятся на 706 и 658 нм соответственно [6]. Таким образом, в исследуемых растворах присутствуют мономеры, димеры и  $\text{H}^*$ -агрегаты красителя. Спектр поглощения красителя, нанесенного на подложку из водного раствора, характеризуется таким же набором полос поглощения, что и в исходном растворе (Рис. 2, кривая 2). Все максимумы поглощения красителя на подложке смещены батохромно относительно соответствующих максимумов в растворе и имеют иные относительные интенсивности вследствие взаимодействия с подложкой.

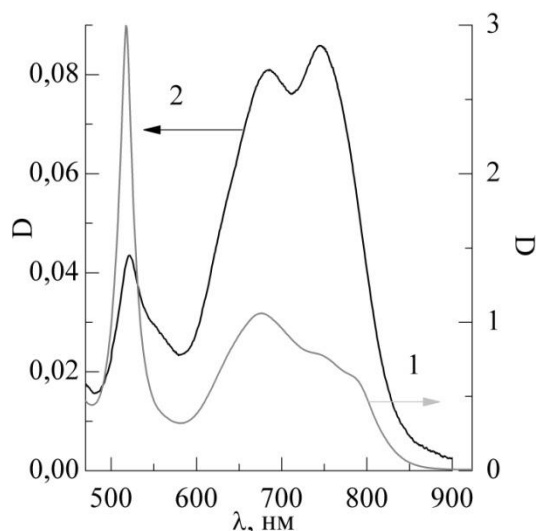


Рис. 2. Спектр поглощения водного раствора красителя (кривая 1); спектр поглощения красителя, нанесенного на подложку из водного раствора (кривая 2)

Спектр фотодействия красителя содержит полосы (мономеров, димеров и  $\text{H}^*$ -агрегатов), аналогичные таковым в спектре поглощения (Рис. 3, кривая 1). Следовательно, все формы красителя способны генерировать фототок под действием внешнего излучения. Максимумы полос в спектре фотодействия смещены на ~10 нм в коротковолновую область

относительно максимумов поглощения, что, по всей видимости, является результатом взаимодействия красителя с электролитом.

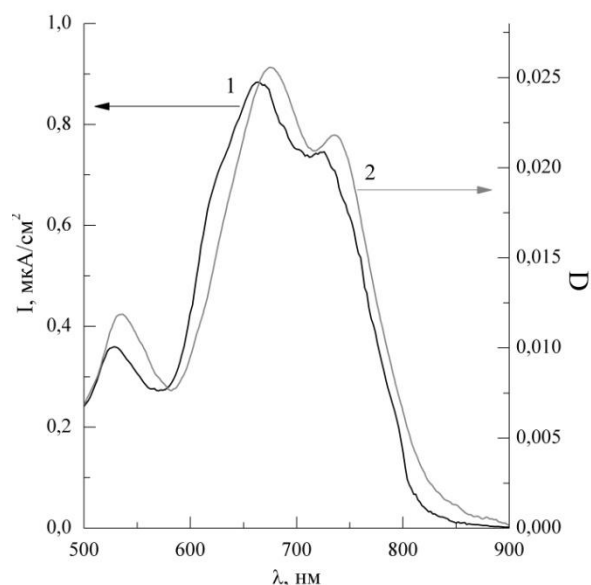


Рис. 3. Спектр фотодействия индотрикарбацианинового красителя на  $\text{SnO}_2:\text{F}$ -подложке в контакте с раствором электролита (кривая 1); соответствующий спектр поглощения красителя на той же подложке без контакта с раствором (кривая 2)

Ранее показано, что  $\text{H}^*$ -агрегаты индотрикарбацианинового красителя являются наноструктурированными объектами [6]. Данное обстоятельство, в сочетании с их фотоэлектрохимической активностью, делает их перспективным материалом для создания наноразмерных органических фотодиодов.

Таким образом, наноструктурированные  $\text{H}^*$ -агрегаты индотрикарбацианинового красителя способны генерировать фототок под действием внешнего излучения. Присутствие на подложке нескольких форм красителя (мономеров, димеров и  $\text{H}^*$ -агрегатов) обеспечивает фотоэлектрохимическую активность красителя в широком спектральном диапазоне 500–900 нм.

Работа частично выполнена при поддержке БРФФИ, проект Ф19М-074.

1. *Kirstein S., Daehne S.* // *Int. J. Photoenergy* 2006. V. 2006, No. 20363. P. 1–21.
2. *Parton R.L., Lenhard J.R.* // *J. Org. Chem.* 1990. V. 55, No. 1. P. 49–57.
3. *Ishchenko A.A.* // *Russ. Chem. Rev.* 1991. V. 60, No. 80. P. 865–884.
4. *Würthner F., Kaiser T.E., Saha-Möller C.R.* // *Angew. Chem. Int. Ed.* 2011. V. 50, No. 15. P. 3376–3410.
5. *Zhao Y. S., Fu H., Peng A. et al.* // *Adv. Mater.* 2008. V. 20, No. 15. P. 2859–2876.
6. *Belko N.V., Samtsov M.P., Gusakov G.A. et al.* // *J. Appl. Spectr.* 2019. V. 85, No. 6. P. 997–1005.