

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Горбатова Сергея Александровича «Дизайн и синтез новых двумодальных флуоресцентных хемосенсоров на основе борфторидных комплексов дипирролилметенов для детектирования катионов тяжелых металлов и (био)аналитов», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.03 – органическая химия

Как известно, борфторидные комплексы дипирролилметенов (BODIPY) обладают полезными оптическими и электрохимическими свойствами, при этом их структура легко позволяет проводить функционализацию, получая полисопряженные молекулы, характеризующиеся высоким квантовым выходом. При этом введение неперделных заместителей в *мезо*-положение или пиррольное кольцо BODIPY вызывает значительное изменение их фотофизических свойств, что используется для тонкой настройки молекулярной структуры. Подобные производные находят применение в органических светодиодах (OLED), нелинейной оптике (NLO), а также в хемосенсорах - средствах селективного распознавания молекул. Диссертация Горбатова С. А. посвящена разработке методов синтеза колориметрических и флуоресцентных BODIPY-хемосенсоров с высокой селективностью и чувствительностью к ионам меди, цинка и алюминия. Такие производные позволяют быстро обнаруживать ионы тяжелых металлов по увеличению флуоресценции, что определяет актуальность работы.

К наиболее значимым результатам, обеспечивающим практическую и научную ценность диссертационной работы, относятся следующие.

1. Разработан эффективный метод синтеза новых борных комплексов дипирролилметенов, содержащих в себе «псевдо-краун» эфирные остатки. Показано, что синтезированные красители могут рассматриваться как флуоресцентный сенсор чувствительный к катионам  $Al^{3+}$  и  $Cu^{2+}$ . Также показано, что BODIPY, замещенное дипиколиламиновым остатком по *мезо*-положению, может быть использовано в качестве детектора катионов  $Zn^{2+}$  в водных средах и в тканях растений.

2. Особое место в исследовании занимает новый подход к синтезу сенсоров на основе полифенол-замещенного BODIPY для селективного совместного обнаружения биоаналитов.

Автором была изучена селективная активность синтезированных сенсоров по отношению к S-нуклеофилам, активным формам кислорода,  $Hg^{2+}$ , и к раковым клеткам, чувствительным к гипоксии. На соединении **S16** было показано, что функционализация с помощью эфира 4-нитрофенилуксусной кислоты позволяет визуализировать гипоксический статус в клетках карциномы легких.

Основные результаты работы опубликованы в ведущих международных журналах и прошли апробацию на всероссийских и международных конференциях.

Судя по автореферату, диссертация написана на высоком научном уровне, при этом, после ознакомления с её содержанием, возникло несколько замечаний.

1. На схеме 1 для соединения **2a** в качестве **R** указана гидроксильная группа. Не удачно выбрана нумерация ряда соединений, например, **5** и **6**.

2. На схеме 2 не указано, как было получено соединение **7**.

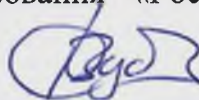
3. В разделе 1.2 автореферата говорится об исследовании фотофизических свойств продуктов **S1**, **S3**, **S5**, **S6**, **S7**. Однако в дальнейшем обсуждении фигурирует весь ряд соединений **S1-S7**. Почему Автор не исследовал фотофизические свойства производных **S2** и **S4**?

4. В таблицах 1 и 2 допущена ошибка в размерности коэффициента экстинкции ( $[M^{-1}cm^{-1}]$  вместо  $[M^{-1}cm^{-1}]$ ).

5. На стр.10 автореферата соединение **9** названо неверно.

Несмотря на огрехи, судя по содержанию автореферата, диссертация Горбатова С.А. является законченным квалификационным исследованием, которое по актуальности, новизне, практической значимости и достоверности полученных результатов соответствует специальности 02.00.03 – Органическая химия, а также всем необходимым требованиям п. 9 Положения о присуждении учёных степеней в УрФУ. Таким образом, соискатель Горбатов Сергей Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.03 – «Органическая химия».

Отзыв подготовили кандидат химических наук по специальности 02.00.03 – органическая химия, доцент кафедры органической химии факультета физико-математических и естественных наук Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов».



Зубков Фёдор Иванович

Лаборант-исследователь ОИХИ

Надилова Марьяна Альбертовна

26 ноября 2020 года

Контактные данные:

Тел: +7 916 142 0386, e-mail: [fzubkov@sci.pfu.edu.ru](mailto:fzubkov@sci.pfu.edu.ru)

Адрес места работы:

117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6.

Полное название учреждения: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов» (ФГАОУВО «РУДН»)

Тел: +7 499 936 87 87; e-mail: [information@rudn.ru](mailto:information@rudn.ru)

Подпись Зубкова Ф.И. удостоверяю  
Д.ф.-м.н., ученый секретарь ученого совета  
Российского университета дружбы народов



Савчин В. М.