

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Зена Еддина Мохамеда  
«Синтез стиролов, модифицированных ароматическими флуорофорами, и  
полимеров на их основе», представленной на соискание ученой степени  
кандидата химических наук  
по специальности 1.4.3 – Органическая химия

Потребности в разработке эффективных хемосенсоров для обнаружения нитроароматических соединений (в том числе высокоэнергетических) особенно актуальны в настоящее время, что стимулирует поисковые исследования по синтезу новых эффективных представителей соединений данного класса. Несомненный интерес представляют стиролы, модифицированные ароматическими флуорофорами, выступающие в качестве мономеров для создания на их основе полимеров, проявляющих сенсорные свойства.

Задачи, поставленные в диссертационном исследовании, выполнены автором в полном объеме. Синтезирован широкий ряд 4-арил- и 4-N-ариламинозамещенных стиролов, в состав которых входят арильные остатки с различным числом конденсированных бензольных колец. Для синтеза последних использовались реакции кросс-сочетания в условиях микроволновой активации. Автором проведен большой объем экспериментальных исследований, где на модельных соединениях выполнена оптимизация условий исследуемой реакции, которые затем были использованы при конструировании множества других арилстиролов.

В соответствии с поставленными задачами, в условиях радикальной сополимеризации, на базе полученных арилстиролов осуществлен синтез статических сополимеров стирола с 4-арил- и 4-N-ариламиностиролами. Автором изучены закономерности реакции в зависимости от количества инициатора, типа растворителя, температуры и времени реакции, использования микроволнового облучения. В результате удалось найти оптимальные условия синтеза, обеспечивающие наилучший выход и наименьшую полидисперсность сополимеров на основе арилстиролов.

В диссертационной работе детально изучены фотофизические свойства полученных арилстиролов и сополимеров на их основе. Достоинством синтезированных сополимеров оказалось проявление интенсивной флуоресценции в диапазоне волн 340-520 нм с высокими квантовыми выходами и выраженные сенсорные свойства по отношению к нитроароматическим соединениям с пределом обнаружения, достигающим  $10^{-7}$  моль/л в растворах.



Значимым практическим результатом диссертационной работы является создание на основе синтезированных полимеров сенсорных материалов. Полученные сенсоры исследованы совместно с коллегами из Физико-технического института УрФУ с помощью оригинального самодельного портативного детектора-обнаружителя нитросодержащих взрывчатых веществ, в результате получены пределы обнаружения паров модельных нитроароматических соединений NB, DNT и TNT. Наилучшие результаты были достигнуты при обнаружении паров NB, что позволяет рассматривать полученные флуоресцентные материалы как сенсоры нитробензола в газовой фазе.

Завершающим этапом исследования является всестороннее изучение известного флуорофора – 1,3,6,8-тетракис[(триметилсилил)этинил]пирена, продемонстрировавшего высокую эффективность в качестве флуоресцентного сенсора на нитроароматические соединения в растворе. Показаны возможности его применение как допирующей добавки к полистиролу, в качестве флуоресцентного сенсора для обнаружения нитроаренов в газовой фазе.

Все вышеизложенное свидетельствует о том, что автором была проделана большая научная работа, представляющая весомое достижение в области органической химии.

Тем не менее при прочтении автореферата возникает следующий вопрос: несмотря на универсальность и высокоселективность реакций кросс-сочетаний Сузуки-Мияуры и Бухвальда-Хартвига, насколько доступной является металло-каталитическая система, используемая в данном процессе?

Достоверность и надежность результатов исследования не вызывает сомнения, поскольку обеспечена использованием современных методов синтеза, идентификации и анализа синтезированных соединений методами спектроскопии ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$ , ИК-спектроскопии, рентгеноструктурного анализа, масс-спектроскопии, гель-проникающей хроматографии, термогравиметрического анализа, электронной и флуоресцентной спектроскопии.

Приведенный в автореферате список публикаций Зена Е. М. свидетельствует о предельно широкой апробации материалов кандидатской диссертации как в России, так и за рубежом. Исследования хорошо апробированы на конференциях различного уровня.

Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, сделанные в работе выводы основаны на обширном и достоверном



экспериментальном и теоретическом материале, хорошо аргументированы и широко опубликованы.

Диссертационная работа «Синтез стиролов, модифицированных ароматическими флуорофорами, и полимеров на их основе» является законченной научно-квалификационной работой, которая по своей актуальности и новизне, уровню решения поставленных задач, достоверности, теоретической и практической значимости полученных результатов полностью соответствует требованиям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Зен Еддин Мохамад – заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальностям 1.4.3 – Органическая химия.

Директор ИПХЭТ СО РАН,  
доктор химических наук  
(05.17.07 - Химическая технология топлива и  
высокоэнергетических веществ),  
член-корреспондент РАН



Сергей Викторович Сысолятин

**Контактные данные:**

Сысолятин Сергей Викторович  
659322, г. Бийск, Алтайский край,  
ул. Социалистическая, 1  
тел. +7(905)9836502,  
e-mail: [cherry@yourline.ru](mailto:cherry@yourline.ru)

Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Институт проблем  
химико-энергетических технологий  
Сибирского отделения Российской академии  
наук (ИПХЭТ СО РАН)

e-mail: [ipcet@mail.ru](mailto:ipcet@mail.ru)

18.11.2024 г.

Подпись заверяю.

Учёный секретарь ИПХЭТ СО РАН,  
кандидат химических наук  
(05.17.07 - Химическая технология топлива и  
высокоэнергетических веществ)

Анна Геннадьевна Суханова