

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Броцман Виктора Андреевича  
«Фторсодержащие и двусферные производные фуллеренов:  
синтез, строение, физико-химические свойства и  
фотовольтаические приложения».

представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук  
по специальности 02.00.04 – физическая химия

Диссертационная работа Броцман Виктора Андреевича посвящена разработке методов синтеза и исследованию двусферных и фторсодержащих производных фуллеренов  $C_{60}$  и  $C_{70}$ . Исследование, безусловно является актуальным, так как целевые гидриды фторсодержащих фуллеренов, а также алкилпроизводные фторсодержащих фуллеренов обладают улучшенными физико-химическими и электронными свойствами и востребованы для практического использования, в частности в фотовольтаике.

При проведении диссертационных исследований Броцману В.А. удалось впервые синтезировать, спектрально и структурно охарактеризовать семь новых гидридов дифторметано- и трифторметилфуллеренов:  $C_{60}(CF_2)H_2$ ,  $C_{70}(CF_2)H_2$  (2 изомера),  $C_{70}(CF_3)_8H_2$ ,  $C_{70}(CF_3)_{10}H_2$  (2 изомера) и  $C_{70}(CF_3)_{10}H_4$ , а также разработать региоселективный метод алкилирования дифторметанофуллеренов по реакции дианиона  $C_{60}(CF_2)^{2-}$  с активными алкилгалогенидами и синтезировать, спектрально и структурно охарактеризовать 10 новых моно- и диалкилпроизводных  $C_{60}(CF_2)$ . Также в качестве достоинства работы следует отметить, что впервые были синтезированы, спектрально и структурно охарактеризованы 13 новых двусферных производных фуллеренов  $C_{60}$  и  $C_{70}$ .

Автором диссертации было установлено существенное влияние второй фуллереновой сферы и эфирного заместителя на морфологию и степень кристалличности объемного гетероперехода, а также на фотовольтаические характеристики устройств. Показано, что электронная подвижность в пленках двусферных производных фуллеренов достигает величин, сравнимых с лучшими фуллереновыми акцепторами.

Также выявлено влияние углеродного каркаса и алкильных заместителей на их растворимость и электрохимические свойства. Было показано, что алкилирование  $C_{60}(CF_2)$  приводит к увеличению растворимости, а также смещению первых потенциалов восстановления в отрицательную область на величину до 0.25 В. Предложенные методы функционализации делают доступными новые акцепторные производные фуллеренов и позволяют настраивать электроноакцепторные и физико-химические свойства этих соединений, что важно для оптимизации морфологии и транспортных характеристик объемного гетероперехода на их основе.

Весьма большой массив полученных Броцманом В.А. экспериментальных данных грамотно интерпретирован, а работа нацелена на практическое применение. В частности, был разработан оптимальный протокол конструирования фотовольтаических устройств на основе *n*-алкиловых эфиров двусферных производных фуллеренов и РЗНТ. Также полученные экспериментальные данные для

представительного ряда фотовольтаических устройств позволили сделать выводы о влиянии строения исследуемых соединений на морфологию объемного гетероперехода и характеристики устройств, что важно для дизайна новых акцепторных материалов и создания эффективных СФЭ.

Степень достоверности полученных результатов не вызывает сомнения, так как обеспечивалась применением современного оборудования, использованием современных пакетов квантово-химического моделирования, согласием экспериментальных и теоретических результатов, полученных различными методами.

В целом, судя по автореферату, диссертационная работа Броцмана Виктора Андреевича является законченным исследованием, выполненным на высоком теоретическом и экспериментальном уровне. Основные результаты диссертации изложены в 5-ти статьях в рецензируемых журналах и представлены в виде 7-ми сообщений на международных и всероссийских конференциях.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа удовлетворяет критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным в пункте 2 «Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова», а ее автор – Броцман Виктор Андреевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 - физическая химия.

Гусейнов Аскер Бейюк-ага оглы,

кандидат химических наук,

Зав. отделом нанохимии и наносорбентов

Центра высоких технологий

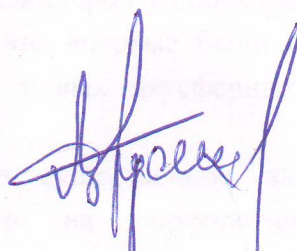
(Министерство связи и высоких технологий

Азербайджанской Республики)

Адрес: AZ 1073, AP, г.Баку, пр. строителей

Тел. (+994 12)5393510/11

Факс (+994 12)5393544

  
06.11.2018.

Подпись Гусейнова Аскера Бейюк-ага оглы

ЗАВЕРЯЮ

Зам. директора Центра высоких технологий

(Мин. связи и высоких технологий AP)



Э.Б. Велиев