

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **Богданова Виктора Павловича** «Анионы перфторалкилфуллеренов: путь к новым соединениям с настраиваемыми оптоэлектронными свойствами», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4 – физическая химия

Диссертационная работа Богданова Виктора Павловича посвящена разработке новых подходов к направленной функционализации перфторалкилфуллеренов (ПФАФ) за счет проведения реакций электрофильного присоединения к соответствующим анионам ПФАФ и исследованию кинетических закономерностей этих реакций. Перфторалкилфуллерены проявляют ценные функциональные свойства, включая фотоэлектронные, что делает их весьма перспективными для различных применений. Однако, практическому использованию материалов на основе перфторалкилфуллеренов препятствует сложность направленного синтеза изомеров, имеющих определенное строение. Действительно, известные методы синтеза перфторалкилфуллеренов обычно приводят к получению ограниченного набора изомеров, которые, как правило, необходимо разделять. Поэтому, задача разработки региоселективных синтетических подходов, позволяющих получать новые производные ПФАФ, а также выяснение кинетических закономерностей протекающих при этом процессов весьма актуальны и имеют большую научную и практическую значимость.

В соответствии с поставленными задачами в обзоре литературы автор работы описывает основные методы получения трифторметильных и дифторметиленовых производных фуллеренов, приводит сведения о наиболее устойчивых изомерах, рассматривает отличия свойств фуллеренов с открытыми и закрытыми CF_2 мостиками. Определенное место в обзоре литературы автор уделит описанию люминесцентных свойств фуллеренов. При выборе возможных подходов к направленной функционализации автор обращает внимание на перспективность получения анионов и дианионов фуллеренов с последующим присоединением к таким анионам электрофильных частиц, так как такие реакции отличаются региоселективностью. В связи с этим, автор рассматривает способы получения анионов фуллеренов, а также приводит сведения о проведении реакций электрофильного присоединения. В последней части обзора литературы приводится информация о кинетических закономерностях протекания реакций электрофильного присоединения к ди- и моноанионам фуллеренов. Таким образом, обзор литературы полностью соответствует целям и задачам, поставленным в работе.

В экспериментальной части автор приводит синтетические методики, дает информацию об используемых методах физико-химического анализа. Для идентификации полученных соединений, разделения смесей продуктов, определения их количественного состава и строения автор использует совокупность следующих методов: высокоэффективную жидкостную хроматографию, масс-спектрометрию и жидкостную

хроматографию, масс-спектрометрию, спектрофотометрию в видимом и ближнем-ИК диапазонах, спектроскопию ядерного магнитного резонанса и рентгеноструктурный анализ. Кроме того, автор проводит квантово-химические расчеты в приближении метода функционала плотности для определения энтальпий образования продуктов реакций, расчетов внутренних координат реакции и оптимизации переходных состояний.

Также были проведены электрохимические исследования в специально сконструированной электрохимической ячейке и выполнены кинетические эксперименты по алкилированию $C_{60}(CF_2)H_2$ и $C_{60}(CF_2)(Allyl)H$, которые проводились в сухом перчаточном боксе.

Можно констатировать, что автором была выполнена большая экспериментальная работа, включающая синтез, разделение и идентификацию ряда соединений, проведение электрохимических измерений и кинетического эксперимента в сочетании с квантово-химическими расчетами. Такой комплексный подход, подкрепленный взаимодополняющими методами разделения и идентификации полученных соединений, позволил автору решить поставленные задачи: определить закономерности и механизмы реакций протонирования и электрофильного алкилирования анионов дифторметиленовых и трифторметильных производных фуллеренов для разработки физико-химических основ направленного синтеза алкилированных фторсодержащих производных фуллеренов.

Вместе с тем по работе можно сделать ряд замечаний.

1. В работе встречается «необычное» употребление ряда терминов. Так, во «Введении» автор использует выражение «...накоплен корпус информации», «свойства, релевантные для практического использования».

2. Название раздела 1.2. «Особенности электронного строения дифторметиленфуллеренов» не соответствует содержанию, так как в этом разделе речь идет о влиянии дифторметиленового заместителя в закрытой и открытой конфигурации на электродный потенциал фуллерена.

3. В работе были проведены рентгеноструктурные исследования $1,7-C_{60}(CF_3)Me$ и $1,7-C_{60}(CF_2)(CF_3)Me$, однако автор практически никак не обсуждает полученные результаты, в частности, длины связей и валентные углы.

4. Учитывая, что диссертация называется «Анионы перфторалкилфуллеренов: путь к новым соединениям с настраиваемыми оптоэлектронными свойствами» хотелось бы увидеть в работе соответствующий раздел в обзоре литературы, в котором бы было обосновано, какие перспективные оптоэлектронные свойства можно ожидать от перфторалкилфуллеренов.

Указанные замечания ни в коей мере не влияют на высокий уровень диссертационной работы Богданова Виктора Павловича. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М. В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.4.4 – «физическая химия», а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о

присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, и по оформлению диссертация и автореферат соответствуют приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Богданов Виктор Павлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4 – «физическая химия».

Официальный оппонент:

доктор химических наук,

доцент, профессор кафедры неорганической химии, Химического факультета

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова»

Морозов Игорь Викторович



«9» ноября 2022 г.

Контактные данные:

тел.: 7(495)939-2870, e-mail: morozov@inorg.chem.msu.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:

02.00.01 – неорганическая химия

Адрес места работы:

119991, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 3, ГСП-1, МГУ, химический факультет.

тел.: 7(495)939-2870, e-mail: morozov@inorg.chem.msu.ru

