

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора биологических наук, профессора Ефременко Елены Николаевны на диссертационную работу Отрохова Григория Владимировича «Лакказа-медиаторный синтез электропроводящих полимеров и композитных материалов на их основе», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 03.01.04 – «Биохимия»

Диссертационная работа Отрохова Григория Владимировича направлена на разработку нового биокаталитического метода синтеза электропроводящих полимеров (полианилина, поли(3,4-этилендиокситиофена), полипиррола) на основе лакказа-медиаторного способа и на создание нанокompозитных материалов, использующих синтезированный полианилин и многостенные углеродные нанотрубки, которые могут успешно использоваться в качестве электроактивных материалов для электродов гибкого тонкого суперконденсатора.

Анализируя структуру диссертационной работы Отрохова Г.В., можно отметить, что она написана по традиционному плану и состоит из введения, обзора литературы, описания использованных в работе материалов и методов, результатов собственных исследований и обсуждения этих результатов, выводов, а также списка цитируемой литературы, включающего 383 литературных источника из которых 256 – опубликованы за последние 10 лет (67% от общего числа) и 71 (почти 20% от общего числа ссылок) – в 2014-2015 гг.. Последние цифры свидетельствуют о том, что автор диссертации, действительно, хорошо осведомлен не только о современном, но и о текущем состоянии научных достижений в исследуемых им областях. Материалы диссертации изложены на 165 страницах и иллюстрированы 65 рисунками и 1 таблицей.

Сведения, представленные в Обзоре литературы, грамотно изложены и критически осмыслены автором, что позволяет сделать заключение о том, что диссертант хорошо осведомлен о биохимических и каталитических свойствах грибных лакказ, методах получения электропроводящих полимеров и о роли редокс-медиаторов в ферментативной окислительной полимеризации, о характеристиках композитных материалов, получаемых сегодня различными исследователями на основе электропроводящих полимеров и углеродных нанотрубок, а также о принципах, лежащих в основе функционирования суперконденсаторов и возможностях их практического применения. Не остается сомнений в обоснованности и **актуальности** выбранной автором темы исследования при анализе научно-практических вопросов, которые хорошо освещены в литобзоре, но и сама основа исследования – ферментативный катализ, являющийся экологичным решением многих вопросов, встающих при химическом синтезе современных материалов.

В главе «Материалы и методы» довольно подробно описаны разнообразные примененные автором методы исследований, обеспечивающие возможность их использования для воспроизведения результатов, полученных и описанных в данной диссертации. Очевидно, что для достижения основной цели автором диссертационной работы были сформулированы адекватные задачи, которые

удалось ему полностью решить с использованием широкого набора современных и классических биохимических, биокаталитических, биофизических и аналитических методов исследования, хорошо представленных в этом разделе.

В главе «Результаты и обсуждение» автор подробно и убедительно раскрывает содержание выполненных исследований. Из наиболее значимых результатов, полученных автором в диссертационной работе, можно выделить следующие:

- исследована кинетика и продемонстрированы существенные различия в протекании лакказа-катализируемой и химической полимеризацией анилина, при этом установлено, что образование димера анилина является лимитирующей стадией лакказа-катализируемой полимеризацией анилина;

- подобраны условия и успешно проведён лакказа-медиаторный синтез нескольких электропроводящих полимеров и таких композитов, как «полианилин/многостенные углеродные нанотрубки»;

- автором предложен новый способ изготовления гибкого тонкого суперконденсатора на основе композита «полианилин/многостенные углеродные нанотрубки», полученного лакказа-медиаторным способом, исследованы его характеристики и показано, что он имеет реальные перспективы использования в качестве источника электропитания, поскольку обладает достаточно высокими значениями удельной ёмкости, плотности мощности и плотности энергии.

Все результаты, полученные и представленные автором в диссертации, являются оригинальными. **Научная новизна** полученных автором результатов подтверждается Патентом РФ на изобретение способа получения композитного материала для электрода суперконденсатора и четырьмя публикациями в рецензируемых журналах с «немалым» импакт-фактором (от 1,3 до 4,58).

Научно-практическая значимость работы не вызывает сомнений, поскольку представленные в диссертации данные важны для дальнейшего развития биокаталитического получения электропроводящих полимеров и новых композитных материалов на их основе, которые могут быть использованы в различных электронных устройствах и для решения ряда связанных с этим прикладных задач.

Анализируя работу в целом, необходимо отметить, что она написана четко, ясно, хорошим научным языком, хорошо оформлена и практически не содержит опечаток. Представленные в работе иллюстративный материал наглядно отражает полученные автором результаты. Каждый раздел завершается кратким резюме, содержащим основной вывод по полученным научным результатам, что удобно для понимания содержания этой ёмкой работы.

Автореферат диссертации полностью отражает содержание текста диссертационной работы. Что касается содержания самой диссертации, то в качестве замечаний можно отметить следующее:

- в разделе «Обзор литературы» отдельная информация, представленная в тексте сопровождается чрезмерно избыточным числом ссылок, приведенных автором (от 6 до 10), например, на стр. 29-30, но при этом явно не хватает систематизации представленных данных в табличном варианте. Например, можно

было бы представить в таблице использование различных ферментов для получения электропроводящих полимеров, преимущества и недостатки этого применения, или, например, свести в таблицу характеристики (удельная ёмкость и плотность энергии) различных суперконденсаторов, разработанных на основе разных композитных материалов. Кстати, критического взгляда автора на уже известные образцы суперконденсаторов в литобзоре тоже явно не хватает, так как из текста получается, что уже разработано много разнообразных вариантов с превосходными характеристиками, в том числе с высокой циклической стабильностью, и не очевидно, что нужно разрабатывать новый. В конце литобзора хотелось бы увидеть краткое обобщение представленной информации, позволяющее логически перейти к обсуждению полученных результатов;

- в представлении полученных экспериментальных данных явно не хватает результатов их статистической обработки, чтобы понять, насколько легко воспроизводимы те характеристики исследуемых объектов, которые устанавливаются и изучаются в диссертационной работе. В разделе «Материалы и методы» и других разделах диссертации о проведении статистической обработки данных и числе проведённых повторов экспериментов, к сожалению, ничего не сказано, а в тексте встречается информация (на стр.105, 106 и 111), согласно которой удельная ёмкость одного и того же композита может варьировать от 431 Ф/г до 470 Ф/г, то есть в пределах 10%;

- в тексте явно не хватает характеристик гидрогеля композита «полианилин/многостенные углеродные нанотрубки», сформированного при использовании высоких концентраций анилина, фитиновой кислоты и высокой удельной активности лакказы, который может, согласно данным автора, использоваться для нанесения на различные подложки методом трафаретной печати;

- в автореферате на стр.22 ошибочно дана ссылка на рис.21, а должна быть на рис.21, в диссертации на стр.113 ошибочно дана ссылка на рис.18, а должна быть на рис.59.

Указанные недочеты не умаляют значимости работы, тем более что основные ее результаты имеют большую практическую и фундаментальную значимость.


Результаты диссертации неоднократно были представлены научной общественности на международных и российских конференциях и конгрессах. Основные положения диссертационной работы полноценно изложены в автореферате и отражены в 8 публикациях, в том числе 4 статьях в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикации результатов диссертационных исследований.

Резюмируя изложенное, следует заключить, что диссертационная работа Отрохова Г.В., несомненно, является оригинальным экспериментальным исследованием, выполненным на высоком методическом уровне, и представляет собой цельный законченный научный труд, который вносит существенный вклад в

развитие знаний о механизме и процессах биокаталитического получения электропроводящих полимеров и нанокompозитных материалов на их основе, которые, в свою очередь, могут использоваться при разработке новых эффективных источников электропитания.

В целом, по объему выполненных исследований, научному и методическому уровню, новизне и практической значимости полученных результатов диссертационная работа соответствует специальности 03.01.04 – «Биохимия», удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор – Отрохов Григорий Владимирович – заслуживает присуждения ему искомой ученой степени кандидата химических наук по специальности 03.01.04 – «Биохимия».

Заведующая лабораторией эковиокатализа
Химического факультета ФГБОУ ВО
«Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова», доктор биологических
наук, профессор


Ефременко
Елена Николаевна

Декан Химического факультета МГУ имени М.В.
Ломоносова, академик РАН, профессор




Лунин
Валерий Васильевич

E-mail: elena_efremenko@list.ru
119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1
строение 3, тел. +7-495-939-31-70
г. Москва, «30» ноября 2015 г.