

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Толстого Валерия Павловича на диссертацию Абделхалим Абделсаттар Осама Елемам на тему «Функционализация графена биологически активными молекулами и лекарственными препаратами для применения в нанобиомедицине», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.15. Химия твердого тела.

Диссертация Абделхалим Абделсаттар Осама Елемам посвящена изучению особенностей получения оксида графена, обогащенного кислородсодержащими функциональными группами, а также его функционализации различными биомолекулами, в том числе серосодержащими аминокислотами и доксорубицином, и изучению его биосовместимости.

Данная тема, несомненно, является **актуальной**, поскольку она лежит в русле современных работ по применению наноразмерных материалов в медицине. При выполнении данной работы соискателем проведен большой объем экспериментов и получено множество экспериментальных данных, часть из которых имеет несомненную **научную новизну**. В частности, обращают на себя внимание разделы работы, посвященные созданию метода ковалентной функционализации оксида графена серосодержащими аминокислотам, а именно, L-метионином и L-цистеином. Впервые была проведена также ковалентная функционализация оксида графена противоопухолевым препаратом «Доксорубин» (DO-DOX) со степенью загрузки 87 %.

**Практическое значение** выполненной работы не вызывает сомнения, поскольку полученные результаты вносят несомненный вклад в развитие как препаративной химии, так и различных аспектов биомедицинской тематики. И в этой связи хотелось бы отметить полученный большой массив данных по изучению биосовместимости новых материалов на основе оксида графена, включающий изучение цито- и генотоксичности, антиоксидантных свойств, спонтанного гемолиза, агрегации тромбоцитов, параметров плазма-коагуляционного гомеостаза и связывания с ДНК и транспортными белками.

Обращает на себя внимание, что результаты данной работы опубликованы в 6 статьях в престижных международных журналах из списка Q1 и согласно базе данных Scopus в настоящее время уже процитированы 30 раз. При оценке уровня научной новизны и практического значения работы хотелось бы обратить внимание на наличие заявки на патент РФ № 2021107973 на тему масштабирования процесса получения оксида графена.

Вместе с тем, при изучении работы возникает несколько следующих замечаний:

1. Как известно, при получении оксида графена по методу Хаммерса существует множество проблем, связанных с большим расходом токсичных реагентов и от этого недостатка свободен хорошо масштабируемый электрохимический метод, особенности применения которого опубликованы, например в [Khaled Parvez, et al., *J. Am. Chem. Soc.* 2014, 136, 16, 6083–6091, <https://doi.org/10.1021/ja5017156>]. Конечно, при электрохимическом получении не удастся достичь высокой концентрации кислородсодержащих групп в нанолитах графена и для повышения концентрации необходимо выполнить дополнительную обработку растворами окислителей, но, тем не менее, суммарный расход реагентов при таком подходе будет, несомненно, ниже.

2. В работе показано, что, с одной стороны, полученный оксид графена является многослойным, а, с другой стороны, содержание кислорода в нем составляет около 85%, причем, видимо, по отношению к количеству атомов углерода. В этой связи, возникает вопрос о возможном расположении этих кислородсодержащих групп – только на поверхности наноллистов или между ними тоже. Однако в тексте работы приведены модели строения таких наноллистов, которые подразумевают только монослойный оксид графена.

3. Текст работы изложен строгим и ясным научным языком, но, тем не менее, следует сделать несколько замечаний и по оформлению работы. Так, в разделе “Оглавление” в названиях параграфов используется большое количество сокращений, которые расшифровываются только в самом тексте и это затрудняет его прочтение. В подписях к рисункам 32с, 51 и 70 указано, что электронные микрофотографии получены в режиме HRTEM, однако, такое утверждение не корректно, так как судя по приведенной шкале масштаба они получены в режиме TEM светлого поля.

Диссертация Абделхалим Абделсаттар Осама Елемам на тему: «Функционализация графена биологически активными молекулами и лекарственными препаратами для применения в нанобиомедицине» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Абделхалим Абделсаттар Осама Елемам заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.15. Химия твердого тела. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета

Д.х.н., старший научный сотрудник,  
Профессор кафедры химии твердого тела,  
Института химии СПбГУ



Толстой В.П.

Дата 25.07.2022